

**AREA de FISICA**

**PEDECIBA**

**Informe de Actividades**

**2004 y 2005**

## INDICE

Introducción.....	3
1.- ESTRUCTURA DEL AREA DE FISICA (Integración del CCA)	4
2.- INVESTIGADORES.....	5
2.1.-INVESTIGADORES HONORARIOS.....	5
2.2.- INVESTIGADORES ASOCIADOS.....	6
3.- COMISIONES.....	6
4.- APOYO ADMINISTRATIVO y TÉCNICO.....	7
5.- POSTGRADOS.....	7
5.1.-CURSOS HOMOLOGADOS.....	7
5.2.- ESTUDIANTES.....	7
5.3. BECAS.....	8
6.- EVENTOS CIENTIFICOS APOYADOS POR EL AREA. ....	9
7.- GRUPOS DE INVESTIGACIÓN.....	9
8.- PRODUCCIÓN CIENTÍFICA.....	10
<b>ANEXO</b>	
Actividades detalladas por grupo de investigación.....	11
A.I ACÚSTICA ULTRASONORA.....	12
A.II ASTRONOMÍA.....	17
A.III ESPECTROSCOPIA LASER.....	22
A.IV FÍSICA DEL ESTADO SÓLIDO.....	26
A.V FÍSICA NUCLEAR.....	31
A.VI FÍSICA DE PARTÍCULAS.....	34
A.VII FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS.....	38
A.VIII MECÁNICA ESTADÍSTICA.....	40
A.IX ÓPTICA APLICADA.....	46
A.X TEORÍA DE CAMPOS.....	49

## Introducción.

El presente informe contiene datos relativos al funcionamiento del Área en 2004 y 2005. La información presentada proviene de los registros de la Secretaría y de informaciones aportadas por los grupos de investigación. Confiamos en que la información recopilada esté bastante completa en relación al año 2005. Dado el tiempo transcurrido puede existir alguna omisión en la reconstrucción de la situación del año 2004.

El cuerpo del informe contiene el conjunto de los datos presentados en forma sucinta. En el anexo se aportan detalles separados por grupos de investigación.

Este es el primer informe elaborado por el área después de la crisis del 2002 y de la importante reducción presupuestal consiguiente. El informe refleja las consecuencias de esta crisis, fundamentalmente en la economía drástica realizada en materia de apoyo administrativo y técnico. En este período se eliminó el apoyo de bibliotecología, se concentraron las actividades de secretaría, seguimiento contable y atención de postgrados en una única funcionaria y se eliminaron cuatro becarios técnicos de apoyo a los grupos de investigación. La economía realizada permitió mantener el ritmo de concesión de becas de postgrado y preservar un apoyo económico básico para las actividades de los grupos.

En este período el Área ha mantenido a buen ritmo su producción científica. Todos los grupos presentan una producción significativa en publicaciones arbitradas de circulación mundial. Merece destacarse, en ambos años, la publicación de más de un trabajo en *Physical Review Letters*, la revista de física de mayor impacto a nivel mundial, de reconocido nivel de exigencia.

Las actividades de investigación del área presentan en este período novedosos desarrollos. A modo de ejemplo citemos el importante impulso que ha tomado el tema de la Computación Cuántica y el surgimiento de una línea de trabajo experimental en el área de Caos y Física no lineal.

Para finalizar, merece destaque el apoyo a la enseñanza de la ciencia desarrollado en este período, particularmente a través de la organización de las Olimpiadas nacionales e Iberoamericanas de Física.

## 1.- ESTRUCTURA DEL AREA DE FISICA (Integración del CCA)

### CONSEJO CIENTÍFICO

#### INVESTIGADORES:

##### Titulares:

*Dr. Arturo Lezama*  
*Dr. Alejandro Romanelli*  
*Dr. Ariel Moreno*  
*Dr. Michael Reisenberger*  
*Dr. Enrique Dalchiele*

##### Suplentes:

*Dr. Nicolás Wschebor*  
*Lic. Julio Fernández*  
*Dr. Carlos Negreira*  
*Dr. Ramón Méndez*  
*Dr. Pablo Mora*  
*Lic. Daniel Marta*

#### ESTUDIANTES:

##### Titular:

*Lic. Marcelo Ponce*

##### Suplentes:

*MSc Adriana Auyanet.*

##### Coordinador:

*Dr. Arturo Lezama (Sabático en 2005)*

##### Coordinadores Suplentes:

*Dr. Alejandro Romanelli (Coord. 2005)*  
*Dr. Ariel Moreno Gobbi*

## 2.- INVESTIGADORES

### 2.1.- INVESTIGADORES HONORARIOS

#### INVESTIGADORES PRIMER NIVEL

##### GRADO 5:

*Fernández, Julio*  
*Ferrari, José*  
*Fort, Hugo*  
*Gambini, Rodolfo*  
*Lezama, Arturo*  
*Méndez Galain, Ramón*

##### GRADO 4:

*Göbel, Carla*  
*González, Gabriel*  
*Griego, Jorge*  
*Masoller, Cristina*  
*Montagne, Raúl*  
*Moreno, Ariel*  
*Negreira, Carlos*  
*Romanelli, Alejandro*  
*Sosa, Ramón*  
*Tancredi, Gonzalo*

#### INVESTIGADORES SEGUNDO NIVEL

##### GRADO 3:

*Abal, Gonzalo*  
*Blanco, Ernesto*  
*Bove, Italo*  
*Cabeza, Cecilia*  
*Dalchiele, Enrique*  
*Failache, Horacio*  
*Frins, Erna*  
*Gallardo, Tabaré*  
*Garat, Alcides*  
*Marotti, Ricardo*  
*Marta, Daniel*  
*Martí, Arturo*  
*Motta, Verónica*  
*Mora, Pablo*  
*Núñez, Ismael*  
*Reisenberger, Michael*  
*Sarasúa, Gustavo*  
*Wschebor, Nicolás*

## 2.2.- INVESTIGADORES ASOCIADOS

<b>GRADO 5:</b>	<b>Radicado en:</b>
<i>Ariosa, Daniel</i>	Suiza
<i>Da Costa, Germán</i>	Venezuela
<i>Donángelo, Raúl</i>	Brasil
<i>Falco, Emilio</i>	Estados Unidos
<i>Freire, Rubens</i>	Francia
<i>Jalabert, Rodolfo</i>	Francia
<i>Naviliat, Oscar</i>	Suiza
<i>Saravia, Luis</i>	Argentina
<i>Zypman, Fredy</i>	Puerto Rico

<b>GRADO 4:</b>	<b>Radicado en:</b>
<i>Horjales, Eduardo</i>	Mexico
<i>Villagran, Mayo</i>	Mexico

<b>GRADO 3:</b>	<b>Radicado en:</b>
<i>Licandro, Javier</i>	España
<i>Piriz, Dardo</i>	Estados Unidos

## 3.- COMISIONES

### COMISIÓN DE POSGRADO. INTEGRACIÓN

#### INVESTIGADORES:

<b>Dr. Jorge Griego,</b>	Coordinador, Investigador Grado 4 PEDECIBA, representante del PEDECIBA
<b>Dr. Michael Reisenberger,</b>	Investigador Grado 3 PEDECIBA, representante del Instituto de Física de Facultad de Ciencias.
<b>Dr. Tabaré Gallardo,</b>	Investigador Grado 3 PEDECIBA, representante del PEDECIBA.
<b>Dr. Alejandro Romanelli,</b>	Investigador Grado 4 PEDECIBA, representante del Instituto de Física de Facultad de Ingeniería.

#### ESTUDIANTE:

<b>MSc Nicolás Benech,</b>	Estudiante del Doctorado en Física, Delegado Estudiantil.
----------------------------	---

#### 4.- APOYO ADMINISTRATIVO y TÉCNICO

##### SECRETARIAS:

Secretaria del Área                      Alicia Ocaso

Secretaria                                      Amelia Ferrari

TÉCNICO en MECÁNICA FINA:                      Antonio Sáez.

#### 5.- POSTGRADOS

##### 5.1.- CURSOS HOMOLOGADOS

ASIGNATURA	DOCENTE	TIPO CURSO
SEMINARIO (PLANETAS EXTRASOLARES)	FERNANDEZ, JULIO	OPCIONAL
SEMINARIO (COSMOLOGIA)	FERNANDEZ, JULIO	OPCIONAL
MECANICA CUANTICA (045)	GAMBINI, RODOLFO	OBLIGATORIA
METODOS DE SIMULACION COMPUTACIONAL (039)	FORT, HUGO	OPCIONAL
VISCOELASTICIDAD (056)	NEGREIRA, CARLOS	OPCIONAL
TEORIA ELECTROMAGNETICA (047)	GRIEGO, JORGE	OBLIGATORIA
ACUSTO-OPTICA (055)	NUÑEZ, ISMAEL	OPCIONAL
MECANICA ESTADISTICA (046)	FORT, HUGO	OBLIGATORIA
TRANSICIONES DE FASE Y FENOMENOS CRITICOS (052)	WSCHEBOR, NICOLAS	OPCIONAL
ASTROFISICA (022)	FERNANDEZ, JULIO	OBLIGATORIA
ASTROPARTICULAS (054)	GONZALEZ, GABRIEL	OPCIONAL

##### 5.2.- ESTUDIANTES

##### INGRESOS 2004

estudiantes			
Nombre	Apellido	Categoría	Fecha Ingreso
Andrea	Sosa	MAESTRIA	18/02/2004
Rafael	Hirsch	MAESTRIA	24/03/2004
Juan Carlos	Tulic	MAESTRIA	24/03/2004
Nancy	Sosa	MAESTRIA	14/04/2004
Nicolas	Benech	DOCTORADO	18/02/2004
Carlos Heitor	Gomes Bessa	DOCTORADO	23/12/2004

##### EGRESOS 2004

estudiantes			
Nombre	Apellido	Categoría	Defensa de Tesis
Nicolás	Benech	MAESTRIA	13/02/2004
Paulo	Valente	DOCTORADO	24/06/2004
Ernesto	Blanco	DOCTORADO	27/08/2004

## INGRESOS 2005

estudiantes			
Nombre	Apellido	Categoría	Fecha Ingreso
Sylvana	Varela	MAESTRIA	10/02/2005
Miguel	Campiglia	MAESTRIA	11/05/2005
Santiago	Villalba	MAESTRIA	11/05/2005
Gustavo	Píriz	MAESTRIA	11/05/2005
Stelio	Haniotis	DOCTORADO	10/02/2005

## EGRESOS 2005

estudiantes			
Nombre	Apellido	Categoría	Defensa de Tesis
Silvia	Viola	MAESTRIA	14/03/2005

## DESVINCULACIONES DE ESTUDIANTES:

No hubo desvinculaciones.

## 5.3.- BECAS

## BECAS OTORGADAS EN EL 2004:

MAESTRIA	3 becas
DOCTORADO	1 beca
POSTDOCTORADO*	2 becas

\* Becas de duración limitada

## BECAS OTORGADAS EN EL 2005

MAESTRIA	4 becas
DOCTORADO	1 beca
POSTDOCTORADO	0 becas

## TOTAL DE BECARIOS AL 31/12/2005

MAESTRIA	7 becas
DOCTORADO	3 becas
POSTDOCTORADO	0 becas

## 6.- EVENTOS CIENTIFICOS APOYADOS POR EL AREA.

\* Apoyo económico para la participación en las **IX Olimpiadas Iberoamericanas de Física**, realizadas en Salvador, Brasil entre el 25/09 y 02/10/2004.

\* Apoyo económico para la organización del II Encuentro Uruguayo de Astronomía, realizado en Pirlápolis del 5-7 de Noviembre del 2004.

\* Apoyo económico para la realización del **Workshop on Complex Systems in Natural and Social Sciences** organizado por el Dr. Hugo Fort efectuado en **Diciembre 2004 en Punta Ballena**.

\* **Apoyo a la Organización de las Olimpiadas de Física** que tuvieron lugar en la ciudad de Colonia del Sacramento, Uruguay, del 19 al 24 de setiembre de 2005. A nivel central también se apoyó esta actividad.

\* **Apoyo al "Segundo Encuentro sobre Sistemas Complejos en Ciencias Naturales y Sociales"** que tuvo lugar en Punta del Este, Maldonado, Uruguay, del 12 al 14 de diciembre de 2005.

\* **Apoyo a la Organización del IX Encuentro de la Sociedad Uruguaya de Física** que tuvo lugar los días 5 y 6 de diciembre de 2005, en los salones de la Intendencia Municipal de Montevideo.

\* **Auspicio** para la organización del **"Second Rio de la Plata Workshop on Noise, Chaos and Complexity in Laser and Nonlinear Optics"** que se realizó en Colonia del Sacramento, Uruguay entre el 5 y el 9 de diciembre de 2005.

## 7.- GRUPOS DE INVESTIGACIÓN.

Acústica Ultrasonora

Astronomía

Espectroscopía Laser

Física de Altas Energías

Física de Partículas

Física del Estado Sólido

Física Nuclear

Mecánica Estadística

Óptica Aplicada

Teoría de Campos

## 8.- PRODUCCIÓN CIENTÍFICA

Se contabilizan los trabajos (artículos de revistas y capítulos de libros) arbitrados de acuerdo al año de publicación (no se contabilizan los trabajos aceptados o en prensa). El detalle de estos trabajos y otros tipos de publicaciones pueden encontrarse en el Anexo, discriminados por grupos de investigación.

### 2004

Total de artículos publicados (arbitrados):	35
Participaciones en congresos:	18

### 2005

Total de artículos publicados (arbitrados):	49
Participaciones en congresos:	35

# **ANEXO**

## **Actividades detalladas por grupo de investigación**

## A.I ACÚSTICA ULTRASONORA

### 1.- INTEGRANTES:

Dr. Carlos Negreira (Coordinador)  
Universidad Strasbourg I-Francia  
Investigador Gr.4

Dr. Ariel Moreno  
Universidad de San Carlos, San Pablo, Brasil  
Investigador Gr.4

Dr. Ismael Núñez  
Universidad de la República.  
Facultad de Ciencias.  
Montevideo, Uruguay  
Université Paris VII, Denis Diderot, Francia.  
Investigador Gr.3

Dr. Nicolás Pérez  
Universidad de la República.  
Facultad de Ciencias.  
Montevideo, Uruguay

MSc. Alina Aulet  
Doctorando  
Universidad de San Carlos, San Pablo, Brasil

MSc Nicolás Benech  
Doctorando  
Universidad de la República.  
Facultad de Ciencias.  
Montevideo, Uruguay

MSc. Stelio Haniotis  
Doctorando  
Universidad de París, Francia  
Universidad de la República.  
Facultad de Ciencias.  
Montevideo, Uruguay

MSc. Alicia Arzúa  
Universidad de la República.  
Facultad de Ciencias.  
Montevideo, Uruguay

## 2.- TEMAS DE INVESTIGACION

Los temas de investigación del laboratorio tratan de mantener un equilibrio entre física aplicada y física de carácter más fundamental que permita alimentar las sinergias que surgen entre ellas.

- Estudio de interacción de ondas ultrasónicas con medios materiales complejos: scattering simple, múltiple y localización, vorticidad en fluidos, propiedades de materiales ferroeléctricos granulares policristalinos, composites de microfibras, caracterización de superficies.
- Estudio de transiciones de fase en materiales cerámicos ferroeléctricos: nuevos materiales piezoeléctricos y piroeléctricos.
- Estudio de propiedades elásticas de materiales complejos con nuevos métodos ultrasónicos: elastografía ultrasónica impulsional por interferometría de speckle (propiedades elásticas y reológicas de tejidos arteriales, no linealidades en medios viscoelásticos, propiedades elásticas de productos lácteos y cárnicos), interferometría ultrasónica de superficie (modos de vibración de piezoeléctricos, microfluidica, microcapas).
- Estudio de la interacción hidrógeno-dislocaciones en metales cargados con hidrógeno.
- Estudio de la inversión temporal de ondas ultrasónicas: focalización espacio-temporal, medios dispersivos (guías de ondas y cavidades), imaginería para diagnóstico clínico 3D, generación de ondas ultrasónicas de choque, caos ondulatorio.
- Estudio de la interacción ondas de potencia –tejidos biológicos: cirugía por ultrasonido, litotripsia.

## 3.- PUBLICACIONES Y PARTICIPACION EN EVENTOS CIENTIFICOS

- On the Peierls stress in Al and Cu: An atomistic simulation and comparison with experiment. R. Pasianot and A. Moreno-Gobbi. Phys. Stat. Sol. (b) 241, No. 6, 1261–1268 (2004).
- Efficiency parameters in time reversal acoustics. Applications to dispersive media and multimode wave propagation. I. Nuñez, C. Negreira. Journal of the Acoustical Society of America, pp. 1202-1209, vol. 117-3 (2005).
- Application of the Schlieren pulsed method for the observation of simple and multiple scattering of ultrasonic waves. I. Nuñez, A. Arzúa, G. Cortela, C. Negreira. IEEE Transactions on Ultrasonics, pp. 491-494, vol. 52-3 (2005).

- Longitudinal and lateral head wave analysis in soft media. N. Benech, C. Negreira. Journal of the Acoustical Society of America , pp.3424-3431, vol.117-6 (2005).
- Characterization of Porous Thick Film PZT Composite for Bilayer Ultrasonic Transducers. S. Gwirc, C. Negreira. Ferroelectrics, pp. 1-12, vol. 321(2005).
- Non-invasive temperature prediction of in-vitro therapeutic ultrasound signals using neural networks. C. Teixeira, A.E. Ruano, , M.G. Ruano, W.C.Pereira, C.Negreira. Medical & Biological Engineering & Computing, MBEC135R2(2005)
- Ultrasonic Study of Polycrystalline YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-d</sub>:Evidences of Martensitic-like Behavior. C. S. Romano, and A. O. Moreno, A. Mombrú, S. Sergeenkov, A. J. C. Lanfredi, C. A. Cardoso and F. M. Araujo-Moreira. Physica C 433 (2005) 50-58.
- Temperature Dependence of Ultrasonic Attenuation and Velocity and Related Phase Transition Behaviour of Strontium Barium Titanate. A. Moreno-Gobbi, D. Garcia, J. A. Eiras ,A. S. Bhalla. Ferroelectrics. En prensa.
- Evaluation of the effect of porosity and substrate on the piezoelectric behaviour of thick-film PZT elements. S. Gwirc, C. Negreira aceptado para Journal of Applied Physics, dic.2005.
- Electrical and acoustical characterization of the Bessel Transducers. A.Aulet, H. Calas, E. Moreno, J.A. Eiras, C. Negreira aceptado Ferroelectrics, 2005
- Fast reconstruction of the ultrasonic Bessel Transducer field by using Schlieren Techniques. I. Nuñez, A. Aulet, A. Arzúa, J A. Eiras, C. Negreira aceptado Ferroelectrics, 2005

#### **PRESENTACIONES EN CONGRESOS Y OTRAS PUBLICACIONES ARBITRADAS**

- Efectos en la estimación de regularidades en señales ecográficas en medios atenuantes. Arzúa, W.C. A. Pereira, I. Nuñez, C. Negreira. IFMBE International Federation of Biomedical Engineering Proceeding, pp.1-4, vol. 5(2004) ISSN-1727-1983-ISBN-85-98739-01-4.
- Simulación del campo térmico generado por transductores ultrasónicos. G.A. Cortela, W. C. A. Pereira, C. Negreira. IFMBE International Federation of Biomedical Engineering Proceeding, pp.1583-1586, vol. 5 (2004) ISSN 1727-1983, ISBN 85-98739-01-4.
- Elastographic parameters by surface wave analysis. N. Benech, I. Nuñez, C. Negreira, IEEE Ultrasonic Symposium , setiembre (2005)

- Spatial Focalization Using Temporal Inversion in Chaotic Cavities. Influence of Surface Roughness. N. Pérez, G. Montaldo, C. Negreira, IEEE Ultrasonic Symposium , setiembre (2005)
- Workshop Piezoelectricity and applications. C. Negreira, PETRA-Valencia –España (julio 2004).
- Seminarios Iberoamericanos en Física y Tecnología Ultrasónica. C. Negreira, Coimbra –Portugal (mayo 2004).
- Study by ultrasonic techniques of the phase diagram of BST ceramic family mainly for high Sr concentrations. A. Moreno-Gobbi, D. García, J. A. Eiras and Amar S. Bhalla. 11th International Meeting on Ferroelectricity. Argentina/ Brazil, septiembre de 2005.
- Estudio por espectroscopia mecánica del efecto del hidrógeno en metales de estructura cúbica. A. Moreno-Gobbi, G. Zamir, D. Moreno, O. Florencio, C. Grandini y J. Eiras. III Congreso Internacional de Materiales y Simposio Materia 2005. Cartagena de Indias, Colombia, septiembre de 2005.
- Espectroscopia anelástica devido a hidrogênio em níquel deformado plásticamente. F. da Silva Mariano, C. Grandini, O. Florêncio, A. Moreno Gobbi, G. Zamir. XXVI-Congresso Brasileiro de Aplicações de Vácuo na Indústria e na Ciência (CBRAVIC), julio 2005.

#### 4.- OTRAS ACTIVIDADES Y REALIZACIONES DEL GRUPO

##### **Colaboración con otros investigadores del área, de otras áreas y de laboratorios**

Del Área de Física: Dr. Arturo Martí, Dra. Cecilia Cabeza, Dr. Alejandro Romanelli

De Ingeniería Eléctrica: Ing. Rafael Canetti, Ing. Franco Simini.

De Ingeniería Química: Dra. Patricia Lema

De Biología: Lab. Biofísica del Inst. Clemente Estable

##### **TESIS DE MAESTRÍA, DOCTORADO Y TRABAJOS DE POSTGRADO**

###### **Maestría en Física**

- N. Benech: Elastografía ultrasonora en medios viscoelásticos con ondas de cizalla baja frecuencia PEDECIBA-Física. (2004). Director C. Negreira

###### **Doctorado en Física**

- N. Pérez: Retrodifusión y coherencia de ondas ultrasónicas en superficies rugosas. Focalización por Inversión temporal para caracterización e imaginería de materiales. PEDECIBA-Física. (finalizó mayo 2006). Director C. Negreira.

- N. Benech: Elastografía con presencia de campos ultrasónicos intensos. PEDECIBA-Física. (comenzada en 2004). Director C. Negreira.
- S.Gwirc: Arrays piezoeléctricos para diagnóstico clínico en medicina con PZT de capa gruesa.(comenzada en 2002,en curso en la Universidad de Buenos Aires-F.Ciencias Exactas). Director C. Negreira.
- S. Haniotis: Caracterización de fondos marinos con sonar multihaz, realizada en régimen de cotutela con la Universidad Pierre et Marie Curie Paris VI-Francia (comenzada en 2004). Directores Pierre Cervanka (Laboratoire de Mecanique Physique de Paris VI) y C. Negreira.

### **Pasantías de estudiantes de postgrado de otras instituciones en nuestro laboratorio**

- C. Viña, técnicas ultrasónicas en caracterización de procesos de alimentos, doctorado de Universidad Politécnica de Valencia (2004-2005).
- Natalia Gudiño, sistemas ultrasónicos para imaginería en medicina, doctorado en Ingeniería Biomédica a realizar en Univ. Case Western en Ohio, o Univ. Duke en Carolina del Norte o Univ. Davis de California (2004-2005).
- F. García, caracterización eléctrica de elementos piezoeléctricos, estudiante de Física Médica de la Universidad de San Martín- Buenos Aires-Argentina.(2004)
- C. Texeira, medida de radiación de campos ultrasónicos intensos, estudiante de doctorado Univ. de Algarve-Portugal.(2004 y 2005)

### **Actividades de extensión**

Orientación de tres pasantes, profesores de física de Enseñanza Secundaria (PEDECIBA UNESCO)

### **Desarrollos tecnológicos en el período**

- Espectroscopia ultrasónica de superficie. Utilizada entre otras aplicaciones para
  - a) calibración elástica de microsensores poliméricos de medio ambiente para el Centro Nacional de microelectrónica CSIC- Barcelona
  - b) caracterización de modos de vibración de sensores piezoeléctricos en microcapas para el Laboratorio de Microtecnologías y Microsistemas - CITEI del Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI , Argentina
  - c) calibración de sensores piezocomposites para Departamento de Mecatrónica - U. Politécnica S. Pablo-Brasil.
- Sistema de calibración de equipos de potencia ultrasónica para diatermia en medicina para Ingeniería biomédica COPPE. Universidad Federal de Río de Janeiro.

## A.II ASTRONOMÍA

### 1.- INTEGRANTES:

Lic. Julio A. Fernández (Coordinador)  
 Universidad de la República.  
 Facultad de Humanidades y Ciencias.  
 Montevideo, Uruguay.  
 Investigador Gr.5

Dr. Gonzalo Tancredi  
 Universidad de Uppsala, Suecia.  
 Investigador Gr.4

Dr. Tabaré Gallardo  
 Universidad de San Pablo (USP); Brasil.  
 Investigador Gr.3

Lic. Andrea Sosa  
 Maestrando  
 Universidad de la República.  
 Facultad de Ciencias.  
 Montevideo Uruguay.

Lic. Nancy Sosa  
 Maestrando  
 Universidad de la República. Facultad de Ciencias. Montevideo. Uruguay.

Lic. Esmeralda Mallada  
 Maestrando  
 Universidad de la República. Facultad de Ciencias. Montevideo. Uruguay.

MSc Andrea Sánchez  
 Universidad de la República.  
 Facultad de Ciencias. Montevideo. Uruguay.

### 2.- LINEAS de INVESTIGACION: y ACTIVIDADES

La actividad de investigación se centró en el estudio de cuerpos menores del sistema solar (asteroides, cometas, objetos transneptunianos) y su relevancia para entender los procesos físicos que dieron origen a la formación del sistema solar. Asimismo, el Departamento de Astronomía ha participado en gestión del Observatorio Astronómico de Los Molinos a través de un convenio con el Ministerio de Educación y Cultura (organismo del cual depende el Observatorio). Se indican a continuación las principales líneas de investigación, junto a los responsables de cada proyecto y en el que también participan estudiantes de grado y de postgrado. Parte de estos trabajos han sido realizados dentro del proyecto I+D de la CSIC "Dinámica secular de sistemas planetarios y cuerpos menores" del cual es responsable el Dr. Tabaré Gallardo.

### *PLANETAS EXTRASOLARES.*

Mediante el desarrollo de una teoría analítica se estudio el sistema HD12661 encontrándose que este sistema, contrariamente a lo que otros autores suponían, se encuentra dominado puramente por términos seculares y no por términos resonantes. Los resultados analíticos se ajustan muy bien a los modelos puramente numéricos y fueron publicados en *Astrophysical Journal*.

### *SCATTERED DISK DEL CINTURON TRANSNEPTUNIANO.*

Hemos estado estudiando las resonancias, evolución secular y mecanismo de Kozai en esta región, encontrando que las resonancias alto orden y el mecanismo de Kozai dominan la dinámica de la región. Hemos analizado también la difusión de objetos desde el Scattered Disk, encontrando que una fracción importante de ellos (cerca del 50%) terminan en la nube de Oort.

### *RESONANCIAS DE MOVIMIENTOS MEDIOS.*

Se estudió la relevancia de las resonancias de movimientos medios en todo el Sistema Solar. Obtuvimos una expresión para la evaluación de la fuerza de cada resonancia lo que nos permitió elaborar un Atlas de resonancias de movimientos medios que muestra la existencia de resonancias fuertes con Venus, Tierra y Marte. Encontramos en la población real de asteroides varios ejemplos que evolucionan dentro de esas resonancias. Encontramos también cuál es el papel que cumple la inclinación en resonancias de orden alto, aumentando en general la fuerza cuanto mayor es la inclinación.

### *EFFECTOS RELATIVISTAS*

Federico Benítez bajo la supervisión de los Dres. Pablo Mora y Tabaré Gallardo se dedicó a la obtención de una expresión analítica para las correcciones a la aceleración clásica debido a efectos relativistas en un sistema planetario logrando reproducir las formulas que se pueden encontrar en la literatura. Despreciando los efectos relativistas generados por los planetas se logra reproducir la expresión generalmente utilizada para la aceleración relativista generada por el Sol. Utilizando estas correcciones se realizaron numerosos experimentos numéricos con 3 programas: uno que considera la evolución clásica (EVORB), otro que agrega la corrección relativista debida al Sol exclusivamente (MERCURY modificado) y un tercero que computa los efectos relativistas de todos los cuerpos masivos. Este último programa (RELATIVO) debió construirse especialmente para estos experimentos. Se estudiaron las evoluciones de nuestro sistema planetario y otros sistemas conocidos y diferentes poblaciones de cuerpos menores bajo los diferentes algoritmos. Buena parte de este trabajo fue reunido por Benítez en su Trabajo Especial obteniendo con su defensa el título de Licenciado en Física opción Astronomía.

### *FUERZAS NO GRAVITACIONALES EN COMETAS.*

Las fuerzas no gravitacionales generan un cambio en el período orbital de los cometas que debe distinguirse del cambio en el período generado por las perturbaciones planetarias. Ese cambio en el período de origen no gravitacional puede modelarse ajustando observaciones y a partir de estos modelos puede estimarse la masa del cometa. Pablo Pais estuvo trabajando sobre este asunto a efectos de modelar las fuerzas no gravitacionales de algunos cometas y estimar sus masas como colaboración para el trabajo de maestría de la Lic. Andrea Sosa que es justamente sobre este tema. Los resultados preliminares muestran que las densidades cometarias son extremadamente bajas (entre 0.2 y 0.7 g/cm<sup>3</sup>), lo cual indica que el material cometario es muy poroso.

#### *POBLACION DE COMETAS CERCANOS A LA TIERRA.*

Pablo Pais ha estado integrando las órbitas de los cometas de la familia de Júpiter que se acercan a la Tierra (distancias perihélicas  $< 1.3$  UA), con o sin fuerzas no-gravitacionales. Se trata de evaluar su evolución en el tiempo y en particular tratar de deducir su vida física. Resultados preliminares indicarían que los cometas presentan asimetrías en su comportamiento en el pasado y en el futuro (su distancia perihélica disminuye rápidamente en el pasado, mientras que en el futuro aumenta pero mas lentamente) lo cual sería un resultado de sesgos en las observaciones.

#### *TROYANOS DE NEPTUNO COMO FUENTE DE COMETAS*

El estudiante avanzado Gastón Hugo ha estado trabajando dentro del proyecto CSIC en la integración de órbitas de objetos ficticios próximos a los puntos lagrangeanos de Neptuno para definir las regiones de estabilidad dinámica en el espacio de parámetros orbitales  $(a, e, i)$ . Una vez que complete el estudio de estas regiones se analizará la evolución de poblaciones ficticias localizadas allí ("Troyanos de Neptuno") y la tasa de colisiones y eyección de fragmentos que darían origen a una población cometaria que arribaría a la región cercana a la Tierra a través de perturbaciones de los planetas gigantes. Se evaluará de esta manera si los Troyanos de Neptuno pueden ser una fuente importante de los cometas de corto período observados.

#### *ESTUDIO DE LA POBLACION DE COMETAS DE LA FAMILIA DE JUPITER*

Tancredi y Fernández en colaboración con H. Rickman y J. Licandro completaron una nueva versión del catálogo de magnitudes nucleares de cometas. Reanalizaron además la distribución de tamaños de los cometas de la familia de Júpiter, comparando sus resultados con los de otros autores.

Partiendo de las simulaciones de Adrián Brunini y Romina di Sisto (Observatorio Astronómico de La Plata), referentes a la evolución de objetos desde el cinturón transneptuniano hasta la región interior a Júpiter, se está analizando la distribución de las distancias perihelicas de cometas de la familia de Júpiter. Se intentará comparar la distribución de perihelios de la muestra ficticia, con la distribución observada en las cercanías de la Tierra con el propósito de determinar la población total de los cometas de la familia de Júpiter.

#### *ACTIVIDAD DEL COMETA SCHWASSMANN-WACHMANN 1.*

Nancy Sosa está analizando imágenes CCD de este cometa para estudiar la morfología de la coma cometaria y su evolución temporal. Este cometa es un caso muy interesante ya que muestra una actividad frecuente y los mecanismos que la provocan no son aun bien conocidos. Este estudio forma parte de la tesis de maestría de Sosa bajo la supervisión del Dr. Javier Licandro del Observatorio Astrofísico de Canarias y del Prof. Julio A. Fernández.

#### *ACTIVIDADES DEL OBSERVATORIO ASTRONOMICO LOS MOLINOS*

A través del programa de búsqueda y seguimiento de asteroides y cometas que coordina Gonzalo Tancredi y en el que participan los observadores del OALM (Santiago Roland, Raúl Salvo, Federico Benítez y Sebastián Bruzzone) ha logrado incrementar en el último año el número de reportes astrométricos y fotométricos enviados al *Minor Planet Center*. Se han iniciado además otros programas observacionales como la determinación de curvas de luz perihélicas de cometas y la búsqueda de asteroides cercanos a la Tierra en la dirección de sus radiantes. También se colaboró en campañas observacionales internacionales como ser el seguimiento del cometa Tempel-1 previo y posterior a la llegada de la misión Deep Impact y la ocultación de una estrella por el satélite de Plutón: Caronte.

### 3.- PUBLICACIONES Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS CIENTÍFICOS.

- Fernández, J.A., Gallardo, T., and Brunini, A. (2004) "The scattered disk population as a source of Oort cloud comets: Evaluation of its current and past role in populating the Oort cloud". *Icarus* 172, 372-381.
- Tancredi, G.; Sosa, A.; Acosta, E.; Ceretta, A.; Joliet, E.; Ruétalo, M.; Bonsignore, F. (2004). "The Uruguayan Automated and Robotic Telescope B U S C A" en *Developing Basic Space Science World-Wide. A Decade of UN/ESA Workshops*. (Edited by Willem Wamsteker, Rudolf Albrecht, and Hans J. Haubold) Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2004., p.137-150.
- Gomes, R.S., Gallardo, T., Fernández, J.A., and Brunini, A. (2005) "On the origin of the high-perihelion scattered disk: The role of the Kozai mechanism and mean motion resonances", *Cel. Mech. Dyn. Astron.* 91, 109-129.
- Fernández, J.A. (2005) *Comets: Nature, Dynamics, Origin and their Cosmogonical Relevance*, Springer, Alemania (libro escrito por invitación para la serie: Astrophysics and Space Science Library (ASSL))
- Rodriguez, A., and Gallardo, T. (2005) "The dynamics of the HD 12661 extrasolar planetary system". *Astrophys. J.*, 628, 1006-1013.
- Sicardy, B. y otros (2006) "Charon's size and an upper limit on its atmosphere from a stellar occultation", *Nature* 439, 7072, 52-54.
- Tancredi, G., Fernández, J.A., Rickman H. and Licandro, J. (2006) "Nuclear magnitudes and the size distribution of Jupiter family comets", *Icarus* 182, 527-549.
- Gallardo, T. (2006) "The occurrence of high order resonances and Kozai mechanism in the scattered disk". *Icarus* 181, 205-217.
- Gallardo, T. (2006) "Atlas of Mean Motion Resonances in the Solar System". *Icarus*, en prensa.
- Fernández, J.A. and Morbidelli, A. (2006) "The population of faint Jupiter family comets near the Earth". *Icarus*, en proceso de revisión.
- Fernández, J.A. (2006) "The Oort cloud: Is it a primordial structure, or is it under continuous replenishment", sometido a publicación.
- Gomes, R., Gallardo, T., Fernández, J.A. and Brunini, A. (2006) "The Scattered Disk: origins, dynamics and end states" In *The Kuiper Belt* (A. Barucci et al., eds.), Univ. Arizona Press, en preparación.

#### 4.- OTRAS ACTIVIDADES Y REALIZACIONES DEL GRUPO

El Departamento de Astronomía colabora todos los años en la organización de las Reuniones Anuales de Astronomía, ámbito que reúne a los astrónomos profesionales con los aficionados y los docentes de la Enseñanza Media.

Se organizó además el **III Taller de Ciencias Planetarias** que tuvo lugar en el Hotel Leoncia de la ciudad de Colonia del Sacramento entre los días 6 y 9 de marzo del corriente año. Asistieron al mismo 49 personas de Argentina, Brasil, Colombia, Paraguay y Uruguay. Es de destacar la gran cantidad de estudiantes entre los asistentes. El taller estuvo dividido en 11 sesiones orales y una de posters. Los temas versaron sobre formación del sistema solar, exoplanetas, física y dinámica de cometas y asteroides, objetos transneptunianos y interiores planetarios.

## A.III ESPECTROSCOPÍA LASER

### 1.- INTEGRANTES:

Dr. Arturo Lezama (Coordinador)  
Universidade Federal de Pernambuco,  
Recife, Brasil.  
Investigador Gr.5

Dr. Horacio Failache  
Université Paris XIII,  
Villetaneuse, Francia.  
Investigador Gr.3

Dr. Sergio Barreiro  
Universidade Federal de Pernambuco,  
Recife, Brasil.  
Investigador Gr.3

Lic. Lorenzo Lenci  
Doctorando  
Universidad de la República. Facultad de Ciencias. Montevideo. Uruguay.

Lic. Santiago Villalba  
Maestrando  
Universidad de la República. Facultad de Ciencias. Montevideo. Uruguay.

### 2.- LINEAS DE INVESTIGACION:

Las actividades del Grupo de Espectroscopía Láser corresponden en todos los casos a la realización de experimentos y el desarrollo de modelos teóricos asociados.

#### *ESTUDIO DE RESONANCIAS COHERENTES.*

La mecánica cuántica permite la existencia de un sistema físico en un estado superposición de estados diferentes. Un medio atómico puede ser preparado en un estado coherente de este tipo. Tal medio, coherentemente preparado interacciona con la luz en forma específica presentando efectos interesantes por su significación fundamental y sus posibles aplicaciones. Ejemplos de estos efectos son la Transparencia Electromagnéticamente Inducida (EIT) y la Absorción Electromagnéticamente Inducida (EIA) descubierta en nuestro laboratorio. Se estudian diferentes manifestaciones de la coherencia atómica tales como la propagación lenta y super-luminar de la luz, el almacenamiento de luz y la generación no-lineal de campos.

#### *PROPIEDADES ESTADÍSTICAS DE LA LUZ ASOCIADAS A RESONANCIAS DE COHERENCIA.*

En una resonancia coherente intervienen generalmente dos campos electromagnéticos cuya coherencia mutua es transferida al medio atómico y viceversa. De esta forma las fluctuaciones de origen clásico o cuántico presentes en la luz son modificadas por la interacción con el sistema atómico.

#### *ESPECTROSCOPIA COHERENTE EN CELDAS FINAS.*

Cuando se crea coherencia cuántica en el nivel fundamental de un átomo alcalino, esta coherencia tiene un tiempo de vida largo en comparación con los demás tiempos relevantes de la evolución atómica y por lo tanto da origen a estructuras espectrales estrechas. La espectroscopia coherente permite, en consecuencia, explorar fenómenos físicos sobre escalas temporales relativamente grandes. Dicha espectroscopia se torna particularmente rica para el estudio de muestras atómicas anisotrópicas donde la interacción con la luz de los distintos átomos involucra tiempos diferentes. Tal es el caso de vapores atómicos contenidos en celdas de dimensiones longitudinales muy pequeñas donde la evolución atómica es frecuentemente interrumpida por colisiones con las paredes. La respuesta espectroscópica de estos sistemas es poco conocida y es objeto de estudio actualmente. Dicho estudio está motivado por la posible aplicación de dichas celdas en la miniaturización de relojes atómicos.

#### *RELOJ ATÓMICO.*

Se estudia la factibilidad de un reloj atómico utilizando la espectroscopia coherente en celdas finas micrométricas, buscando una solución alternativa a los actuales relojes atómicos ópticos en desarrollo. Estos últimos son desarrollados en base a espectroscopia coherente en sistemas atómicos de metales alcalinos en una atmósfera de gases nobles. Dicho sistema atómico tiene ventajas apreciables al estrechar sustancialmente las resonancias atómicas y por ende aumentar la precisión de la referencia de frecuencia atómica, pero presenta como desventaja que las resonancias son desplazadas por colisiones con los átomos de gas noble. Nuestra propuesta utiliza metales alcalinos puros y celdas finas, sin la desventaja anterior y con resonancias comparables a la otra propuesta al considerar celdas micrométricas.

#### *ESPECTROSCOPIA ATÓMICA EN VAPORES ATÓMICOS CONFINADOS.*

Se trata de una línea de trabajo totalmente novedosa. Aprovechando la circunstancia de que en nuestro Instituto de Física existe un grupo dedicado a la fabricación de nano-estructuras, en particular arreglos periódicos de cavidades (poros) en alúmina, nos proponemos estudiar el comportamiento de átomos contenidos en estas estructuras. Se trata de una continuación natural de la línea de trabajo anterior que siendo exitosa podría desembocar en aplicaciones muy novedosas a la vez que plantea un interesante conjunto de problemas fundamentales.

#### *ESPECTROSCOPIA NO-LINEAL CON HACES DE LUZ CON MOMENTO ANGULAR ORBITAL.*

Algunos modos particulares del campo electromagnético transportan, además del momento angular intrínseco de cada fotón (asociado a la polarización) un momento angular orbital en torno al eje de propagación. Estos estados de la luz son interesantes para el transporte y posible procesamiento de información. Habiendo generado exitosamente campos con estas propiedades, se estudia la interacción no lineal de éstos con muestras atómicas. Un primer objetivo es poner de manifiesto el efecto Doppler debido a la velocidad azimutal de los átomos en presencia de campos con momento angular orbital.

### 3.- PUBLICACIONES Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS CIENTÍFICOS.

- "Noise spectroscopy of non-linear magneto optical resonances in Rb vapor". M. Martinelli, P. Valente, H. Failache, D. Felinto, L.S. Cruz, P. Nussenzeig and A. Lezama. *Phys. Rev. A* **69**, 043809 (2004).
- C.L.Garrido, L.S. da Cruz, J.G.Aguirre, M.Martinelli, M.Franca, D.Felinto, P.Valente, H.Failache, A.Lezama & P.Nussenzeig. "Statistical properties of macroscopic laser fields after coherent interaction with an atomic vapour" . *J. Opt. B: Quantum Semiclass. Opt.* **6** (2004).
- "Spectroscopy in an extremely thin vapor cell: Comparing the cell length dependence in fluorescence and in adsorption techniques". D. Sarkisyan, T. Varzhapetyan, A. Sarkisyan, Yu. Malakyan, A. Popoyan, A. Lezama, D. Bloch and M. Ducloy. *Phys. Rev. A* **69**, 065802 (2004).
- "Laser Spectroscopy with Nanometric Gas Cells: Distance Dependence of Atom-Surface Interaction and Collisions under Confinement" I. Hamdi, P. Todorov, A. Yarovitski, G. Dutier, I. Maurin, S. Saltiel, Y. Li, A. Lezama, T. Varzhapetyan, D. Sarkisyan, M.-P. Gorza, M. Fichet, D. Bloch and M. Ducloy, *Laser Physics*, **15**, 987 (2005).
- "'Storage of light' in an atomic medium using electromagnetically induced absorption". A M Akulshin, A Lezama, A I Sidorov, R J McLean and P Hannaford *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* **38** L365-L374 (2005)
- "Nondegenerate four-wave mixing in a Zeeman degenerate three-level system of cold cesium", S. Barreiro, J. W. R. Tabosa, *Optics Communications* **233**, 283 (2004).
- "Four-wave mixing of light beams with engineered orbital angular momentum in cold cesium atoms", Barreiro S, Tabosa JWR, Torres JP, Deyanova Y, Torner L, *Optics Letter*, **29**, 1515 (2004).
- "Observation of spontaneous coherence grating transfer in cold cesium atoms", S. Barreiro, J. W. R. Tabosa, *Physical Review A*, **71**, 013405 (2005)

### CONGRESOS.

- "Coherent spectroscopy in sub-millimeter cells". H. Failache and A. Lezama and D. Bloch and M. Ducloy, 8<sup>th</sup> EPS Conference on Atomic and Molecular Physics, 6-10 July 2004, *Europhysics Conference Abstracts*, **28F**, p.2-54, 2004.
- XIX International Conference on Atomic Physics ICAP 2004, Rio de Janeiro, Julio 2004. M. Martinelli, P. Valente, H. Failache, L.S. Cruz, D. Felinto, P. Nussenzeig & A. Lezama. "Noise spectroscopy of a Hanle/EIT resonance".

- XIX International Conference on Atomic Physics, Rio de Janeiro (Julio 2004). "Intensity and Phase Correlations Between Pump and Probe Fields in Electromagnetically Induced Transparency" J. Aguirre Gomez, L. S. Cruz, D. Felinto, M. Martinelli, P. Valente, A. Lezama, and P. Nussenzveig
- XIX International Conference on Atomic Physics, Rio de Janeiro (Julio 2004). S. Barreiro; J. W. R. Tabosa. Observation of spontaneous coherence grating transfer in cold cesium atoms.
- XIX International Conference on Atomic Physics, Rio de Janeiro (Julio 2004). S. Barreiro, J. W. R. Tabosa, L. TORNER, J. P. Torres; Y. Deyanova. Generation of coherent superposition of orbital angular momentum states in cold atoms.
- Workshop, Coherent Spectroscopy and Quantum Information, Recife, Brasil (Julio 2004). "Coherence resonances and light fluctuations" A. Lezama.

#### 4.- OTRAS ACTIVIDADES Y REALIZACIONES DEL GRUPO

##### **PREMIO.**

H. Failache. Premio 2004 a Iniciativas Biotecnológicas en Uruguay. PNUD/AMSUD-Pasteur.

##### **ACTIVIDADES DE EXTENSIÓN**

Dentro de los aportes directos a la sociedad hemos desarrollado un equipo médico para tratamiento de la Ictericia Neonatal mediante fototerapia. Dicho desarrollo presenta varias ventajas frente a la tecnología utilizada actualmente, constituyendo una verdadera innovación y en particular especialmente adaptada a nuestra realidad nacional. Como dato, en breve el equipo será un producto comercial y se prevé equipar el principal CTI neonatal del país (Hospital Pereira Rossel), el cual dispondrá para el tratamiento de la Ictericia exclusivamente nuestra tecnología.

##### **OTROS.**

Proyecto aprobado "Reloj atómico óptico". CSIC (2005)

## A.IV FÍSICA DEL ESTADO SÓLIDO.

### 1.- INTEGRANTES:

Dr. Enrique A. Dalchiele  
Universidad de Roma (Italia).  
Investigador Gr.3

Dr. Ricardo Marotti  
Universidad de Campinas  
(UNICAMP) (Brasil).  
Investigador Gr.3

### 2.- TEMAS DE INVESTIGACION

- Preparación y caracterización de materiales semiconductores por vía electroquímica.
- Estudio de materiales nanoestructurados, nanohilos metálicos y semiconductores.
- Funcionalización molecular de silicio monocristalino.

Introducción y breve resumen de la actividad desarrollada.

Durante este período hemos estado trabajando en el crecimiento de films semiconductores por vía electroquímica, y su posterior caracterización estructural, morfológica, y estudio de sus propiedades ópticas y eléctricas. En particular los compuestos estudiados fueron los II-VI (ZnO, CdTe, ZnSe, ZnTe).

El crecimiento de estos films policristalinos se realizó fundamentalmente sobre sustratos metálicos así como en el caso del ZnO sobre sustratos semiconductores de silicio (Si). Esto último es de sumo interés si se pretende una integración optoelectrónica de estos films con semiconductores de gran importancia tecnológica como lo son el mencionado Si y el GaAs.

Por otra parte hemos comenzado desde hace ya unos dos años, dentro del grupo de Física de Estado Sólido del Instituto de Física de la Facultad de Ingeniería, la preparación y caracterización de materiales nanoestructurados (films semiconductores nanoestructurados, nanohilos metálicos y nanohilos semiconductores). Temas incluidos en los que se denomina la nanotecnología, un argumento de estudio e investigación de mucha potencialidad y actualidad.

Además se han realizado diversos trabajos en lo que respecta a la electrónica molecular y funcionalización de sustratos de silicio monocristalino.

Por otra parte durante el período informado se estrecharon más aún los lazos de colaboración entre nuestro grupo y el del Prof. H. Gómez de la

Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile; habiéndose producido un intercambio de investigadores de ambos Centros y en ambos sentidos.

También se ha intensificado la colaboración con el Grupo de Física Aplicada, de la Universidad de Málaga, Málaga, España; sobre todo en el tema del crecimiento de films de ZnO nanoestructurados y sobre silicio. Temas estos en los que seguiremos trabajando en el futuro.

En cambio el tema de la electrónica molecular, es un tema que comenzamos a desarrollar en colaboración con los Departamentos de Física y Química de la Universidad "La Sapienza" de Roma, Italia.

Como resultado de la investigación científica realizada y arriba mencionada, resultaron una serie de publicaciones en revistas arbitradas internacionales de muy buenos índices de impacto, así como presentaciones a congresos, pasantías de estudiantes, etc..

### 3.- PUBLICACIONES Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS CIENTÍFICOS.

- -"Characterizing the Hexagonality of Anodic Aluminum Oxide nanoporous Arrays", L. da F. Costa, G. Riveros, H. Gómez, A. Cortes, M. Gilles, E. A. Dalchiele, R. E. Marotti, submetido (<http://arxiv.org/cond-mat/0504573>).
- -" Electrochemical reversibility of vinylferrocene monolayers covalently attached on H-terminated p-Si(100)", Franco Decker, Fabrizio Cattaruzza, Carlo Coluzza, Alberto Flamini, Andrea Giacomo Marrani, Robertino Zanoni, Enrique A. Dalchiele, aceptado para su publicación en *Journal of Physical Chemistry B*, febrero 2006.
- -"Crystallite size dependence of bandgap energy for electrodeposited ZnO grown at different temperatures", R.E. Marotti, P. Giorgi, G. Machado, E.A. Dalchiele, aceptado para su publicación en *Solar Energy Materials and Solar Cells*, Noviembre 2005.-
- -"Silver nanowire arrays electrochemically grown into nanoporous anodic alumina templates", G. Riveros, S. Green, A. Cortes, H. Gómez, R.E. Marotti, E.A. Dalchiele", aceptado para su publicación en *Nanotechnology*, Noviembre 2005.-
- -"A mild functionalization route to robust molecular electroactive monolayers on Si(100)", R. Zanoni, A. Aurora, F. Cattaruzza, C. Coluzza, E.A. Dalchiele, F. Decker, G. Di Santo, A. Flamini, L. Funari, A.G. Marrani, *Materials Science & Engineering C*, 2005, en prensa.-
- -"Preparation and characterization of Eosin B- and Erythrosin J-sensitized nanostructured NiO thin film photocathodes", F. Vera, R. Schrebler, E. Muñoz, C. Suarez, P. Cury, H. Gómez, R. Córdova, R.E. Marotti, E.A. Dalchiele, *Thin Solid Films*, **490**, 182, 2005.-

- -"Indium doped zinc oxide thin films obtained by electrodeposition", G. Machado, D. N. Guerra, D. Leinen, J. R. Ramos-Barrado, R. E. Marotti, E. A. Dalchiele, *Thin Solid Films*, **490**, 124, 2005.-
- -"Study of the electrodeposition of rhenium thin films by electrochemical quartz microbalance and X-ray photoelectron spectroscopy", R. Schrebler, P. Cury, C. Suárez, E. Muñoz, F. Vera, R. Córdova, H. Gómez, J.R. Ramos-Barrado, D. Leinen and E.A. Dalchiele, *Thin Solid Films*, **483**, 50, 2005.-
- -"Crystallographically-oriented single-crystalline copper nanowire arrays electrochemically grown into nanoporous anodic alumina templates", G. Riveros, H. Gómez, A. Cortes, R. Marotti, E.A. Dalchiele, *Applied Physics A*, **81**, 17, 2005.-
- -"XPS and electrochemical studies of ferrocene derivatives anchored on n- and p-Si (100) by Si-O or Si-C bonds", E. A. Dalchiele, A. Aurora, G. Bernardini, F. Cattaruzza, A. Flamini, P. Pallavicini, R. Zanoni and F. Decker, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **579**,133, 2005.-
- -"An AFM, XPS and electrochemical study of molecular electroactive monolayers formed by wet chemistry functionalization of H-terminated Si(100) with vinylferrocene", R. Zanoni, F. Cattaruzza, C. Coluzza, E.A. Dalchiele, F. Decker, G. Di Santo, A. Flamini, L. Funari, A.G. Marrani, *Surface Science*, **575**, 260, 2005.-
- -"Electrodeposition of CdTe thin films onto n-Si(100): nucleation and growth mechanisms", H. Gómez, R. Henríquez, R. Schrebler, R. Córdova, D. Ramírez, G. Riveros, E.A. Dalchiele, *Electrochimica Acta*, **50**, 1299, 2005.-
- -"Productos de corrosión formados en ambiente marino: vinculación de variables estructurales y potencial de corrosión", M. Ohanian, R. Caraballo, E.A. Dalchiele, G. Guineo-Cobs, V. Martínez-Luaces, E. Quagliata, *Revista de Metalurgia (Madrid)*, **Vol. extra**, 175, 2004.-
- -"A soft-solution electrochemical processing technique for preparing CdTe/n-Si(100) heterostructures", H. Gómez, R. Henríquez, R. Schrebler, G. Riveros, D. Leinen, J.R. Ramos-Barrado, E.A. Dalchiele, *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **574**,113, 2004.-
- -"Bandgap energy tuning of electrochemically grown ZnO thin films by thickness and electrodeposition potential", R. E. Marotti , D. N. Guerra , C. Bello, G. Machado and E. A. Dalchiele, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, **82**, 85, 2004.-
- -"Grain size dependence of the bandgap in chemical bath deposited CdS thin films", A. Cortes, H. Gómez, R. E. Marotti, G. Riveros and E. A. Dalchiele, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, **82**, 21, 2004.-

## PRESENTACIONES A CONGRESOS

- -"Functionalization of hydrogen-terminated Si(100) with molecular monolayers followed by surface science and electrochemical techniques", A. Aurora, F. Cataruzza, C. Coluzza, E.A. Dalchiele, F. Decker, G. Di Santo, A. Flamini, P. Pallavicini, R. Zaroni; presentado en el "2<sup>nd</sup> National Conference on Nanoscience and Nanotechnology: The Molecular Approach", Area del CNR di Bologna, Bologna, Italia, 25-27 Febrero de 2004.-
- R. E. Marotti, S. Green, J A. Badan, M. Gilles, P. Giorgi, G. Machado, D. N. Guerra, C. Bello, E. Quagliata, E. A. Dalchiele, A. Cortes, G. Riveros, H. Gómez, D. Leinen, J. R. Ramos-Barrado, Propiedades Ópticas de Materiales Nanoestructurados, conferencia invitada al IX Encuentro Bianual de la SUF (Sociedad Uruguaya de Física), Montevideo, Uruguay, Diciembre 2005.
- J. A. Badán, M. Gilles, S. Green, R. Caraballo, F. Brito, A. Cortes, G. Riveros, H. Gómez, E. A. Dalchiele, E. Quagliata, R. E. Marotti, Fotoluminiscencia a bajas temperaturas de alúmina nanoporosa, IX Encuentro Bianual de la SUF (Sociedad Uruguaya de Física), Montevideo, Uruguay, Diciembre 2005.
- -M. R. Miguez, F. Brito, E. A. Dalchiele, R E. Marotti, Medición de resistividad de películas delgadas por el método de las cuatro puntas, IX Encuentro Bianual de la SUF (Sociedad Uruguaya de Física), Montevideo, Uruguay, Diciembre 2005.
- -R E Marotti, Optical Properties of Electrodeposited Zinc Oxide, conferencia invitada al XV Simposio Peruano de Física, organizado por la SOPERFI (Sociedad Peruana de Física), Lima, Perú, Octubre 2005.
- -R E Marotti, Del Estado Sólido a los Nanomateriales: Modificando las Propiedades de la Materia; curso invitado al XV Simposio Peruano de Física, organizado por la SOPERFI (Sociedad Peruana de Física), Lima, Perú, Octubre 2005.
- -R. E. Marotti, P. Giorgi, G. Machado E. A. Dalchiele, Correlation between structural and optical properties for electrodeposited ZnO grown at different temperatures. Trabajo presentado en XIV International Materials Research Congress (IMRC) 2005, realizado en Cancún, Quintana Roo, México durante los días 21 al 25 de Agosto de 2005.
- -S. Green, G. Machado, A. Cortes, G. Riveros, H. Gómez, E. A. Dalchiele, R. E. Marotti, Optical Properties of Copper and Silver Nanowires embedded in a Nanoporous Alumina Template. Trabajo presentado en Conference on Strongly Interacting Systems at the Nanoscale, realizada en el Abdus Salam International Centre for Theoretical Physics (ICTP) en Miramare, Trieste, Italia durante los días 8 al 12 de Agosto de 2005.

#### 4.- OTRAS ACTIVIDADES Y REALIZACIONES DEL GRUPO

- R. E. Marotti, El Resurgimiento del Metal: Propiedades y Aplicaciones de Nanomateriales. Conferencia de divulgación presentada en el XV Encuentro Nacional de Profesores de Física, organizado por la Asociación de Profesores de Física en Minas, Uruguay el 20 de Setiembre de 2005.
- R. E. Marotti, Semiconductores, Metales y sus Nanoestructuras. Conferencia de divulgación presentada en: III Encuentro – Taller de pasantes PEDECIBA - UNESCO en Motevideo, Uruguay el 30 de Setiembre de 2005.  
<http://www.unesco.org.uy/educacion/pecdeciba2005/conferencias2005.html>
- Seminario de Física organizado por la Inspección de Física del Consejo de Educación Secundaria, Montevideo, Uruguay el 13 de Diciembre de 2005.
- “Propiedades Eléctricas de Materiales Semiconductores”, Póster presentado por el Prof. Fernando Brito en el II Encuentro-Taller de Pasantes PEDECIBA-UNESCO, Setiembre de 2004.
- “Detectores ópticos de Estado Sólido”, Póster presentado por el Prof. Gabriel Carriquiry en el III Encuentro-Taller de Pasantes PEDECIBA-UNESCO, • Setiembre de 2005.
- Los resultados de esta pasantía fueron presentados en forma de Póster por el Prof. Fernando Brito en el III Encuentro-Taller de Pasantes PEDECIBA-UNESCO, Setiembre de 2005.
- “Optical properties of metal nanostructures in porous aluminum oxide”, Tesis de Maestría, Sara Green, realizada durante su estadía en el Instituto de Física, Facultad de Ingeniería. Noviembre de 2004.
- “Preparación y dopaje de films de ZnO con In por electrodeposición y su caracterización microestructural.” Gabriel Machado, Enrique A. Dalchiale, Ricardo E. Marotti, Presentación Oral y Póster realizada en las Jornadas de Jóvenes Investigadores de la AUGM (Agrupación de Universidades Grupo Montevideo), Curitiba, Brasil, Setiembre de 2004.

## A.V FÍSICA NUCLEAR

### 1.- INTEGRANTES:

Lic. Daniel Marta  
 Universidad de la República.  
 Facultad de Ciencias. Montevideo, Uruguay  
 Investigador Gr.3

Dr. Alejandro Romanelli  
 Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil  
 Investigador Gr.4

### 2.- TEMAS DE INVESTIGACION

Las actividades de investigación que se enumeran abajo han sido realizadas en colaboración que se enumeran a continuación con el Instituto de Física de la Universidad Federal de Rio de Janeiro (UFRJ), Brasil, y con el Laboratorio TANDAR de la Comisión Nacional de Energía Atómica de la República Argentina.

#### 1.- Influencia de los estados del continuo en reacciones de transferencia

Las reacciones nucleares de transferencia es un tema que ha sido muy estudiado en Física Nuclear. Con la reciente disponibilidad de haces de núcleos débilmente ligados, se ha comenzado a estudiar cuales son los nuevos mecanismos de reacción. En particular, la frecuente aproximación consistente en dejar de lado los estados del continuo de la partícula transferida comienza a dejar de ser válida. Estamos trabajando para introducir la influencia del continuo en cálculos realísticos.

#### 2.- Reacciones de quiebra y fusión de núcleos débilmente ligados

El estudio de las reacciones con núcleos exóticos y/o débilmente ligados viene siendo un tema del mayor interés en la física de las reacciones nucleares. Cuando se tiene una colisión nuclear en la cual el proyectil es un núcleo débilmente ligado, uno de los resultados posibles de la misma es la quiebra del proyectil (reacción de breakup) en lo que denominamos el carozo (el fragmento mayor) y el fragmento menor. Para estudiar estas reacciones es necesaria la introducción de los estados del continuo del fragmento menor al moverse bajo la influencia del carozo. En una tal colisión puede ocurrir además que el proyectil funda con el blanco o que primero sufra una quiebra y después uno de los fragmentos, o ambos, fundan con el blanco. El efecto de la influencia del canal de breakup en el resultado de la reacción es un tema que está siendo ampliamente discutido.

#### 3.- Estudio de secciones eficaces y distribuciones de barrera en reacciones de fusión.

El concepto de distribución de barreras es de interés en la Física Nuclear de nuestros días. El efecto de los canales no elásticos en tales distribuciones está siendo cuidadosamente estudiado tanto experimental como teóricamente.

#### 4.- Método indirectos para la medida de reacciones nucleares de interés en astrofísica, en particular el llamado "método del caballo de Troya"

El conocimiento de las secciones eficaces de reacciones nucleares de dos cuerpos a bajas energías es muy importante en astrofísica nuclear. Pero

debido a la barrera coulombiana dichas secciones eficaces son sumamente pequeñas, lo cual hace muy dificultosa su determinación experimental directa. Debido a ello se recurre a los llamados métodos indirectos, entre los cuales se encuentra el llamado "método del caballo de Troya". Éste consiste en medir una reacción de 3 cuerpos, relacionada a la que se quiere medir, y mediante el uso de la teoría nuclear determinar la sección eficaz buscada.

### **5.- Evidencias experimentales de comportamiento caótico en el scattering nuclear**

Un grupo de investigadores del laboratorio TANDAR ha realizado mediciones en busca de evidencias experimentales de comportamiento caótico en reacciones nucleares. Colaboramos en la interpretación de dichos datos.

### **3.- PUBLICACIONES Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS CIENTÍFICOS.**

- H.D. Marta, M.R. Spinella, J.E. Testoni and O. Dragún, Analysis of the Nuclear Fusion Process Based on Potential Barriers Modified by Coupling Effects, Braz. J. of Phys. 34, 818-821 (2004).
- L.F. Canto, R. Donángelo and H.D. Marta, Upper Bounds for Fusion Processes in Collisions of Weakly Bound Nuclei, Braz. J. of Phys. 35, 884-887 (2005).

#### **PUBLICACIONES ENVIADAS EN 2005 Y ACEPTADAS**

- H.D. Marta, R. Donángelo, J.O. Fernández Niello and A.J. Pacheco, Continuum effects in transfer reactions induced by heavy ions, aceptada en Phys. Rev. **C**, enero de 2006.
- L.F. Canto, R. Donángelo, and H.D. Marta, Semiclassical treatment of fusion processes in collisions of weakly bound nuclei, aceptada en Phys. Rev. **C**, enero de 2006.
- H.D. Marta, R. Donángelo, J.O. Fernández Niello and A.J. Pacheco, Continuum effects in nuclear transfer reactions, aceptada en Acta Phys. Hung. A, Heavy Ion Physics, enero de 2006.
- L.F. Canto, R. Donángelo, and H.D. Marta, Semiclassical theory of fusion and breakup reactions, aceptada en Acta Phys. Hung. A, Heavy Ion Physics, octubre de 2005.

#### **CONTRIBUCIONES PRESENTADAS EN CONGRESOS**

- Continuum effects in transfer reactions induced by heavy ions, H.D. Marta, R. Donangelo, J.O. Fernández Niello and A. Pacheco, presentado en el "VI Latin American Symposium on Nuclear Physics and Applications", 3 al 7 de octubre de 2005, Iguazú, Misiones, Argentina.
- Fusion and brakup reactions with weakly bound nuclei, L.F. Canto, R. Donangelo and H.D. Marta, presentado por L.F. Canto como comunicación oral en el "VI Latin American Symposium on Nuclear Physics and Applications", 3 al 7 de octubre de 2005, Iguazú, Misiones, Argentina.

- Upper bounds for fusion process in collisions of weakly bound nuclei, L.F. Canto, R. Donangelo and H.D. Marta, presentado por R. Donangelo. Como comunicación oral en la XXVII Reuniao de Trabalho sobre Física Nuclear no Brasil, 7 al 11 de setiembre de 2004, Santos, Sao Paulo, Brasil.

#### **4.- OTRAS ACTIVIDADES Y REALIZACIONES DEL GRUPO**

##### **PROFESORES VISITANTES**

El Profesor Raúl Donángelo, proveniente de la Universidad Federal de Río de Janeiro, Brasil, nos ha visitado bastante frecuentemente durante el periodo informado.

##### **PASANTÍAS EN EL EXTERIOR**

El Profesor H. D. Marta, ha realizado las siguientes pasantías:

- Instituto de Física de la Universidade Federal do Rio de Janeiro, 30 de mayo al 30 de junio de 2004.
- Laboratorio TANDAR, Buenos Aires, 26 y 27 de agosto de 2004.
- Laboratorio TANDAR, Buenos Aires, 12 y 13 de mayo de 2005.
- Instituto de Física de la Universidade Federal do Rio de Janeiro, 30 de mayo al 1 de julio de 2005.

## A.VI FÍSICA DE PARTÍCULAS

### 1.- INTEGRANTES:

Dr. Ramón Méndez Galain  
 Universidad de La Plata, Argentina  
 Investigador Gr.5

Dr. Nicolás Wschebor  
 Ecole Normale Supérieure, Paris, Francia  
 Investigador Gr. 3

Lic. Federico Benítez  
 Maestrando  
 Universidad de la República. Facultad de Ciencias. Montevideo. Uruguay.

Lic. Nicolás Casaballe  
 Maestrando  
 Universidad de la República. Facultad de Ciencias. Montevideo. Uruguay.

### 2.- TEMAS DE INVESTIGACION

La necesidad de un método eficiente y general para cálculos en situaciones no-perturbativas se siente en casi todas las áreas de la física. Citemos solo dos ejemplos: en física nuclear y de partículas, para tratar el sector infrarrojo de la cromodinámica cuántica (QCD) y sus fenómenos asociados del confinamiento del color y la ruptura de simetría quiral; y en materia condensada y física estadística, en y fuera del equilibrio, para estudiar transiciones de fase y fenómenos críticos, sistemas desordenados, electrones fuertemente correlacionados, etc. En estos fenómenos, la ausencia de un pequeño parámetro impide la construcción de soluciones en términos de un desarrollo sistemático. Para tratar estos problemas, es necesario el diseño de una estrategia que permita calcular funciones de correlaciones entre los objetos interactuantes, dado que a partir de ellos podemos deducir la mayoría de las cantidades físicas de interés.

En los últimos años se ha desarrollado el Grupo de Renormalización No-Perturbativa (NPRG) [1-5], una herramienta creada para realizar dichos cálculos. Se ha aplicado exitosamente a una gran variedad de problemas, tanto en materia condensada, física nuclear o de partículas, mecánica de fluidos, gravitación, etc. [6-8]. En estos años, el foco se ha puesto casi exclusivamente en los modos de número de onda chico, o grandes distancias. Sin embargo, para una gran cantidad de problemas, esto no es suficiente y se hace necesario el conocimiento de funciones de correlación para número de ondas arbitrario (por ejemplo, para obtener el espectro de excitaciones de un sistema, o la forma de una superficie de Fermi, o la matriz de difusión, etc).

En los últimos 3 años hemos estudiado esta problemática y, luego de algunos esfuerzos iniciales [9], logramos diseñar un método [10] general y eficiente, que consideramos además muy elegante, que permite el cálculo de funciones de correlación, para objetos a cualquier distancia. Lo hemos aplicado al modelo escalar en 3 dimensiones, en criticalidad, y logramos, ya al orden dominante

de nuestro método, una función de correlación de dos puntos con todas las propiedades esperadas [11]: en el sector ultravioleta posee el comportamiento logarítmico perturbativo; en el sector infrarrojo nuestra solución reproduce todas las propiedades de invariancia de escala ("scaling") esperables; mientras que para validar el resultado en el sector intermedio de momentos calculamos la temperatura de transición de un gas de Bose-Einstein diluido, obteniendo un resultado comparable al resultado obtenido mediante cálculos en el "lattice".

Diversos investigadores, fundamentalmente europeos, han manifestado su interés por el método que hemos propuesto. De esta forma, hemos creado 3 colaboraciones con investigadores de Francia e Italia. Asimismo, el grupo posee en la actualidad dos estudiantes de maestría y uno de iniciación a la investigación.

Actualmente, estamos aplicando las ideas propuestas en varias direcciones. Por un lado, estamos estudiando el sector infrarrojo de la cromodinámica cuántica, calculando el propagador de gluones y ghosts y las funciones a 3 y 4 puntos, lo que esperamos pueda contribuir a la comprensión del confinamiento. Por otro lado, comenzamos a aplicar dichas ideas a temperatura finita, con el objetivo a largo plazo de intentar contribuir a la comprensión de la transición de fase de QCD. Por último, estamos estudiando sistemas de espines, tanto de la clase de universalidad de Ising como del modelo  $O(N)$ , para predecir la función de correlación de dos puntos, cerca de la transición de fase, en presencia de campos magnéticos.

[1] C.Wetterich, Phys. Lett., B301, 90 (1993).

[2] U.Ellwanger, Z.Phys., C58, 619 (1993).

[3] N. Tetradis and C. Wetterich, Nucl. Phys. B 422 (1994) 541.

[4] T.R.Morris, Int. J. Mod. Phys., A9, 2411 (1994).

[5] T.R.Morris, Phys. Lett. B329, 241 (1994).

[6] J. Berges, N. Tetradis and C. Wetterich, Phys. Rept. 363 (2002) 223–386.

[7] C. Bagnuls and C. Bervillier, Phys. Rept. 348, 91 (2001).

[8] L. Canet and B. Delamotte, cond-matt/0412205.

[9] J. P. Blaizot, R. Mendez Galain and N. Wschebor, Europhys. Lett., 72 (5), 705-711 (2005); J. P. Blaizot, R. Mendez Galain and N. Wschebor, Non-Perturbative Renormalisation Group equations and momentum dependence of n-point functions (I); hep-th/0512317, en referato; J. P. Blaizot, R. Mendez Galain and N. Wschebor, Non-Perturbative Renormalisation Group equations and momentum dependence of n-point functions (II); hep-th/0603163, en referato.

[10] J. P. Blaizot, R. Mendez Galain and N. Wschebor, Phys. Lett. B632, 571 (2006).

[11] J. P. Blaizot, R. Mendez Galain and N. Wschebor, Non-Perturbative Renormalisation Group calculation of the scalar self-energy, hep-th/0605252, en referato.

### 3.- PUBLICACIONES Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS CIENTÍFICOS.

- /Looking for non standard CP violation in  $B^{+-} \rightarrow D^{+-}(S) \pi^0$  decays; /L.N. Epele, D. Gomez Dumm, A. Szykman, R. Mendez-Galain; \*Phys.Rev.D69:055001 \*(2004).
- /Non-perturbative Renormalization Group, momentum dependence of n-point functions and the transition temperature of the weakly interacting Bose gas;/ J.P. Blaizot, R. Mendez Galain, N. Wschebor, Europhys. Lett. 72(5)\*, 705 (2005).
- /A new method to solve the non perturbative renormalization group equations;/ J.P. Blaizot, R. Mendez Galain, N. Wschebor; \*Phys. Lett. B632\*, 571 (2006).
- /Non-perturbative Renormalization Group and momentum dependence of n-point functions (I)/; J.P. Blaizot, R. Mendez Galain, N. Wschebor, hep-th/0512317, en referato.
- /Non-perturbative Renormalization Group and momentum dependence of n-point functions (II)/; J.P. Blaizot, R. Mendez Galain, N. Wschebor, hep-th/0603163, en referato.
- /Non\*- \*Perturbative\* \*Renormalization\* \*Group\* \*calculation\* \*of\* \*the\* \*scalar\* \*self\*- \*energy\*/; J.P. Blaizot, R. Mendez Galain, N. Wschebor, hep-th/0605252\*, \*en referato.
- /Nonperturbative renormalization group study of reaction diffusion processes and directed percolation/, cond-mat/0309504, L. Canet, B. Delamotte, O. Deloubrière, N. Wschebor, Phys. Rev. Lett. 92 (2004) 195703.

#### EVENTOS:

\* Ramón Méndez Galain - Renormalization Group 2005, Helsinki, Finlandia, setiembre 2005.

\* Ramón Méndez Galain - Reunion Anual de Partículas y Campos de la SBF, Sao Paulo, Brasil, setiembre de 2005.

\* Nicolás Wschebor: - Reunión Anual de Partículas y Campos de la SBF, Sao Paulo, Brasil, setiembre de 2005.

### 4.- OTRAS ACTIVIDADES Y REALIZACIONES DEL GRUPO

#### PROFESORES VISITANTES:

Bertrand Delamotte (Universidad de París VII, Francia) y Hugues Chate (SPEC de Saclay, Francia); noviembre 2005.

#### PASANTIAS EN EL EXTERIOR:

\* Ramón Méndez Galain:

- Marzo-julio 2005: estaba en el ECT\*, Trento, Italia.
- Setiembre 2005: estaba en el ECT\*, Trento, Italia.

\* Nicolás Wschebor:

- Marzo-Mayo 2004: estaba en el SPHT de Saclay y la Universidad de París VII, Francia.
- Diciembre 2004 y abril-junio 2005: estaba en el ECT\*, Trento, Italia.

## A.VII FÍSICA DE ALTAS ENERGÍAS.

### 1.- INTEGRANTES:

Dr. Gabriel González Sprinberg  
 Doctorado del Instituto Balseiro, Argentina  
 Investigador Gr.4

Lic. Juan Carlos Tulic  
 Maestrando  
 Universidad de la República.  
 Facultad de Ciencias, Montevideo. Uruguay.

### 2.- TEMAS DE INVESTIGACION

- Fenomenología de interacciones fundamentales.
- Modelos extendidos del Modelo Estándar
- Modelos con dimensiones extra
- Generación de masa por modelos de "Little Higgs"
- Física de taus
- Rayos cósmicos ultra energéticos
- Astropartículas

### 3.- PUBLICACIONES Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS CIENTÍFICOS.

#### PUBLICACIONES

- CP VIOLATION AND EDM AT LOW ENERGY TAU PAIR PRODUCTION  
 J.Bernabeu, G.A. González-Sprinberg and J.Vidal. Nucl. Phys. B701; 87-102, 2004.
- HIGGS BOSON DECAYS IN THE LITTLEST HIGSS MODEL. G.A. González-Sprinberg, R. Martinez, J-Alexis Rodríguez. Phys. Rev. D71; 035003, 2005.
- DILEPTON AND EXOTIC QUARKS MASSES IN 331 MODELS FROM  $Z \rightarrow b\bar{b}$ .  
 G.A. González-Sprinberg, R. Martinez, O. Sampayo. Phys. Rev. D71; 115003, 2005.

#### PARTICIPACIÓN EN EVENTOS CIENTÍFICOS

Gabriel González

- Lepton-Photon Interactions, Upsala, Suecia julio 2005, trabajo presentado:  
 Higgs boson decays in the Littlest Higgs Model
- "Discussion Leader" en la 3<sup>rd</sup>. CERN-CLAF School on High Energy Physics, Malargue-Argentina, marzo 2005.

Juan Carlos Tulic:

- Escuela de Rayos C3smicos y Astrofísica, La Paz, Bolivia, del 9 al 20 de agosto de 2004.
- SIXTH J. J. GIAMBIAGI WINTER SCHOOL PARTICLE PHYSICS Buenos Aires, Argentina, July 26th-30th, 2004

#### **4.- OTRAS ACTIVIDADES Y REALIZACIONES DEL GRUPO**

##### **EVENTOS**

Seminario "Fronteras en la Física de Partículas", encuentro internacional de la Asociación de Profesores de Física, Trinidad, Uruguay, 2004.

Curso "Física Nuclear" para los profesores de los Centros Regionales de Profesores, febrero 2004.

##### **PASANTÍAS**

Gabriel González:

Universidad de Valencia, España, junio 2004, abril-julio 2005.

Universidad de Caen, Francia, julio 2004.

##### **PROYECTOS**

Proyecto "Test del Modelo Estándar en bajas energías", 2001-2004, Proyecto ECOS-SUD, Francia-Uruguay en conjunto con la Universidad de Caen, Francia, 2001-2004.

##### **PROFESORES VISITANTES**

2004: Etienne Lienard, Universidad de Caen, Francia

Oscar Sampayo, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina

Roberto Martínez, Universidad Nacional de Colombia, Colombia

Oscar Naviliat, Universidad Nacional de Caen, Francia

2005: Oscar Sampayo, Universidad Nacional de Mar del Plata, Argentina

Roberto Martínez, Universidad Nacional de Colombia, Colombia

##### **OTROS**

Gabriel González

- Representante uruguayo ante el Centro Latinoamericano de Física 2004 a la fecha.
- Integrante de la Comisión, nombrada por las Facultades de Ciencias e Ingeniería, que elaboró los programas de estudio y la propuesta de titulación de grado en "Ciencias de la Atmósfera", aprobada por los claustros de ambas Facultades, 2004-2005.
- Integrante de la Comisión, nombrada por la Facultad de Ciencias y Medicina para proponer un plan de estudios en Física Médica, 2004-2005.

## A.VIII MECÁNICA ESTADÍSTICA,

### 1.- INTEGRANTES:

Dr. Alejandro Romanelli (\*)  
Universidad Federal de Río de Janeiro (UFRJ), Brasil  
Investigador Gr.4

Dr. Arturo Martí  
Universidad de Barcelona, España.  
Investigador Gr.3

Dr. Gonzalo Abal  
Universidad de la República.  
Facultad de Ciencias. Montevideo, Uruguay  
Investigador Gr.3

Dra. Cecilia Cabeza  
Universidad de la República.  
Facultad de Ciencias. Montevideo, Uruguay  
Université Paris VII, Denis Diderot. Francia.  
Investigador Gr.3

Dr. Gustavo Sarasúa  
Universidad. de la República.  
Facultad de Ciencias. Montevideo, Uruguay  
Investigador Gr.3

Dr. Italo Bove  
Universidad de Barcelona, España.  
Investigador Gr.3

MSc. Estrella A. Sicardi (\*\*)  
Estudiante de Doctorado  
Universidad de la República.  
Facultad de Ciencias. Montevideo, Uruguay

Lic. Sylvana Varela  
Maestrando  
Universidad de la República.  
Facultad de Ciencias. Montevideo, Uruguay

Daniel Bellón  
Estudiante de Maestría en Ingeniería  
Universidad de la República.  
Facultad de Ciencias. Montevideo, Uruguay

## 2.- TEMAS DE INVESTIGACION

### *INFORMACIÓN CUÁNTICA (A. Romanelli, G. Abal)*

El paralelismo intrínseco de la Mecánica Cuántica permite realizar tareas de cálculo inaccesibles para las computadoras clásicas actuales, tales como la factorización de enteros grandes, el logaritmo entero o la solución de ecuaciones diofantinas (ecuación de Pell). En estos casos, se logra una disminución exponencial en el costo computacional. Un ingrediente para el procesamiento cuántico de la información son los estados enredados (entangled states). Estudiamos el análogo clásico del proceso markoviano de la caminata al azar (quantum walk, QW) como fuente de nuevos algoritmos cuánticos. A nivel clásico, la caminata al azar es la base de los mejores algoritmos para resolver problemas "duros" (NP-completos) cuyo paradigma es el problema de satisfabilidad (3-SAT). También estudiamos la forma de caracterizar, producir, diluir y destilar el enredo cuántico entre dos QW, acoplados por su regla de evolución.

### *INESTABILIDADES EN FLUÍDOS (A. Martí, I. Bove, C. Cabeza, G. Sarasúa)*

El objetivo fue montar un Laboratorio de Inestabilidades en Fluidos, con base en ambos Institutos de Física. En este sentido, además de las líneas que se desarrollarán a continuación, se motivaron una serie de experiencias clásicas en el área, que se utilizaron fundamentalmente para realizar tareas de divulgación tanto a nivel de estudiantes de la Licenciatura de Física como de Profesores de Enseñanza Secundaria.

Las áreas en las cuales se realizó la tarea de investigación fueron las siguientes:

- Rompimiento de vórtices en flujos confinados.

Este fenómeno se observa en fluidos que combinan un movimiento de rotación y traslación. El mismo está caracterizado por la aparición de un punto de estancamiento del fluido, acompañado por regiones de reversión de la velocidad axial, con un aspecto de tipo "burbuja", cuando las velocidades de rotación son suficientemente elevadas. En este momento estamos implementando una técnica experimental (DPIV) para determinar el campo de velocidades del flujo en el interior del cilindro.

- Modelo Físico del Banco de Araçati.

A pesar de que la dinámica de flujos estratificados ha sido objeto de intenso estudio en las últimas décadas, la interacción de flujos estratificados con la topografía y en particular con bancos de arena submarinos ha sido mucho menos estudiada. Este tipo de interacción presenta una dinámica muy compleja, ya que favorecen la formación de estructuras espacio-temporales, que dependen fuertemente de una gran variedad de condiciones geofísicas. Este problema nos fue inicialmente planteado por investigadores de la Universidad Federal de Pernambuco motivados por la discordancia entre resultados numéricos obtenidos por su grupo y medidas de campo. Nuestro grupo recibió el planteo y se interesó en el mismo no solo motivado por el problema académico genérico sino porque el mismo puede presentarse en contextos geográficos más próximos. La interacción entre la corriente oceánica y la topografía submarina sería la responsable de una circulación vertical de gran complejidad. El modelo numérico predice un perfil de velocidades que no concuerda con el perfil de velocidades medidos en campo. Una explicación posible es que la corriente genera remolinos que modifican dicho perfil. Si bien estos remolinos no figuran en las imágenes satelitales, esto puede deberse a que no llegan a la superficie, ya que no

pueden romper la interfase entre las dos capas de diferente densidad presentes en la región. Hemos montado en el laboratorio un modelo a escala del Banco de Araçati, con el objetivo de analizar la evolución dinámica de la interfase entre las dos capas de fluido. Ya tenemos los resultados cualitativos primarios que indican que los remolinos producidos no alcanzan la superficie y esto explicaría que no sean detectados por las imágenes satelitales. Sin embargo, es imprescindible poder cuantificar el campo de velocidades en el seno del fluido para poder extraer conclusiones más categóricas y esto lo haremos mediante la técnica de DPIV.

- Inestabilidad de Faraday en fluidos No-Newtonianos.

En mayo del 2003 iniciamos un trabajo de colaboración con el Grupo de Medio Porosos del Instituto de Física de la Facultad de Ingeniería de la UBA. Desde entonces hemos trabajado en la región del espacio de parámetros en la cual el sistema presenta un comportamiento de caos espacio-temporal. En esta región hemos observado que se generan estructuras fuertemente localizadas, que al aumentar la aceleración con la cual se excita el sistema, se rompen y producen eyección de gotas. En este momento estamos en la etapa de generar y controlar estas estructuras, analizar la dependencia de su tamaño con los parámetros del fluido, su distribución espacial, etc. En una próxima etapa nos proponemos controlar y sincronizar la eyección de gotas, en vista de posibles aplicaciones tecnológicas. En el año 2005 fue aprobado y financiado por CLAF el proyecto: "Inestabilidad de Faraday en Fluidos Complejos", responsable: C. Cabeza.

- Inestabilidad de Faraday en fluidos con surfactantes.

En el año 2004 se inició una investigación conjunta con los Dres. Giavedoni y Ubal del Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas Universidad Nacional del Litoral (Argentina). En este marco de colaboración ha sido aprobado por CONICET (Argentina, julio 2005) el proyecto "Análisis de flujos transitorios con superficies libres". Responsable en Argentina: Dra. M.D Giavedoni. Responsable en Uruguay: Dra. Cecilia Cabeza. Duración 2 años. . En nuestro laboratorio se realizan las medidas experimentales y en Santa Fé se realiza la simulación numérica. Los resultados experimentales, utilizando aceite de silicona presentan una muy buena correlación con los obtenidos mediante simulación.

*ECONOFISICA (I. Bove)*

Se estudia la aplicación de teoría de juegos evolucionista a economías formadas por dos tipos de agentes diferenciados: compradores y vendedores. El dinero juega el papel de medio de intercambio, así como unidad de medida. Se han realizado modelos dinámicos con tiempo discreto, que prescindiendo de agentes racionales, logran mantener la economía en estado de equilibrio. Uno de dichos modelos se ha utilizado para trabajar en una economía con inflación.

*MATERIA CONDENSADA (G. Sarasúa)*

En esta línea se estudian las transiciones metal-aislante, transiciones de valencia y la superconductividad en modelos de varias bandas. Estos modelos se pueden aplicar tanto a compuestos de tierras raras o metales de transición, como a sistemas de electrones altamente correlacionados. En el primer caso, resulta adecuado la utilización de teorías aproximadas (campo medio), mientras que en el segundo caso se emplean métodos que permiten la obtención de resultados exactos.

### 3.- PUBLICACIONES Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS CIENTÍFICOS.

- A.C. Martí y C. Masoller, Synchronization of globally coupled nonidentical maps with inhomogeneous delayed interactions, *Physica A* 342, 344 (2004).
- Auyuanet, A. C. Martí y R. Montagne, Chaos induced coherence in two independent food chains, *Physical Review E* 72, 031920 (2005). Seleccionado en el *Virt. J. Biol. Phys. Res.* (Oct. 1, 2005) publicado por la AIP y la APS (<http://www.vjbio.org>).
- C. Masoller y Arturo C. Martí, Random Delays and the Synchronization of Chaotic Maps, *Physical Review Letters* 94, 134102 (2005).
- A. Martí, M. Ponce, C. Masoller, Steady-state stabilization due to random delays in maps with self-feedback loops and in globally delayed-coupled maps, *Physical Review E*, 72, 066217 (2005)
- Title: Generalized Quantum Walk in Momentum Space Authors: A. Romanelli, A. Auyuanet, R. Siri, G. Abal, R. Donangelo *Physica A*, 352, pp. 409-418, (2005) e-print: [quant-ph/0408183](http://arxiv.org/abs/quant-ph/0408183)
- Title: Decoherence in the quantum walk on the line Authors: A. Romanelli, R. Siri, G. Abal, A. Auyuanet, R. Donangelo *Journal-ref: Physica A*, vol 347C, pp. 137-152 (2005) e-print: [quant-ph/0403192](http://arxiv.org/abs/quant-ph/0403192)
- Title: Quantum random walk on the line as a markovian process Authors: A. Romanelli, A.C. Sicardi-Schifino, R. Siri, G. Abal, A. Auyuanet, R. Donangelo *Journal-ref: Physica A Volume/Issue338/3-4* pp. 395-405 (2004). e-print: [quant-ph/0310171](http://arxiv.org/abs/quant-ph/0310171)
- Title: Frequency entrainment of nonautonomous chaotic oscillators Authors: Italo Bove, S. Boccaletti, J. Bragard, J. Kurths, and H. Mancini *Journal-ref: PHYSICAL REVIEW E* 69, 016208 (2004).
- C. Cabeza, V. Gibiat & C. Negreira, "Coexistence of Localized Structures and Patterns in Faraday Instability for High Dissipative Fluids". *Int. Jour. Bifurcation and Chaos*, vol 14, N° 9, September 2004.
- L. G. Sarasua and M. A. Continentino, "Ground states of the Falicov-Kimball model with hybridization", *Phys. Rev. B* 69, 073103 (2004).
- L. G. Sarasúa, A. C. Sicardi Schifino and R. González, "The development of helical vortex filaments in a tube", *Phys. Fluids* 17, 044104 (2005).
- C. Cabeza & M. Rosen "Faraday experiments with viscoelastic fluids". Fue aceptado para su publicación en *Physical Review E*

### PARTICIPACIÓN EN EVENTOS:

- Quantum walk as a basis for new iterated quantum games. G. Abal (expositor), H. Fort, R. Donángelo. 2do Encuentro Latinoamericano de Sistemas Complejos en Ciencias Naturales y Sociales. Punta del Este, 11-14 de diciembre de 2005. Conferencia invitada.
- Quantum walk on the line: entanglement and non-local initial conditions. Latin American Workshop on Non-linear Phenomena, LAWNP05, Bariloche, Argentina, octubre 2005. Gonzalo Abal (expositor), R. Siri, A. Romanelli, R. Donángelo. Contribución oral:
- Evolutionary Outer Totalistic Markovian Strategies in 2 x 2 Spatial Games. H. Fort y E. A. Sicardi. Póster presentado a la 2da edición del Encuentro Latinoamericano sobre Sistemas Complejos en Ciencias Naturales y Sociales", realizado entre el 12 y el 14 de Diciembre de 2005 en el Hotel Casapueblo de Punta Ballena, Punta del Este, Uruguay. Póster:
- Presentación del trabajo "Ultrasound scattering by a vortical flow" Sylvana Varela "1º Latin-American School and conference on Statistical Physics and Interdisciplinary Application" La Habana, Cuba en el periodo comprendido entre el 28 de febrero y el 12 de marzo 2005.
- Sylvana Varela. IX Latin American Workshop on Nonlinear Phenomena (LAWNP'05) realizado en el mes de Octubre en San Carlos de Bariloche, Argentina.
- Sylvana Varela. Presentación del trabajo "Cuando los vórtices vienen marchando". Reunión de la SUF, Diciembre 2005, Uruguay
- G.Ferreyra, G.Bongiovanni, C.Cabeza and M.Rosen. "Digitación en la Inestabilidad de Faraday para fluidos No-Newtonianos". Aceptado para su presentación presentado en el Congreso de la Asociación de Física Argentina, AFA 2005, setiembre 2005.
- C. Cabeza, G Sarasúa, A. Martí and I Bove. "Vortex breakdown control by adding a small cylinder in the axis". Aceptado para su presentación en LAWNP'05 IX Latin American Workshop on Nonlinear Phenomena, October 23th - 28th, 2005, Centro Atomico Bariloche, Argentina.
- C. Cabeza and M. Rosen. "Dynamical behavior of digitations state in Faraday waves with a viscoelastic fluid". Aceptado para su presentación en LAWNP'05 IX Latin American Workshop on Nonlinear Phenomena, October 23th - 28th, 2005, Centro Atomico Bariloche, Argentina.
- C. Cabeza, M. D. Giavedoni and S. Ubal. The onset of Faraday waves: a comparison between theory and experiments. Aceptado para su presentación en LAWNP'05 IX Latin American Workshop on Nonlinear Phenomena, October 23th - 28th, 2005, Centro Atomico Bariloche, Argentina.

- C. Cabeza and M. Rosen. "Droplet ejection in Faraday waves with a viscoelastic fluid", XIV Conference on Nonequilibrium Statistical Mechanics and Nonlinear Physics - MEDYFINOL 04, La Serena, Chile, Diciembre 2004.
- M.Rosen, C. Cabeza y E. Della Nave. "Formación de estructuras en experiencias de Faraday con fluidos viscoelásticos". Presentado en el Congreso de la Asociación de Física Argentina, AFA 2004, setiembre 2004.

#### 4.- OTRAS ACTIVIDADES Y REALIZACIONES DEL GRUPO

##### PASANTÍAS EN EL EXTERIOR:

- Gonzalo Abal, pasantía en el Instituto de Física de la UFRJ, setiembre 2005, Río de Janeiro, Brasil.
- Alejandro Romanelli, pasantía en el Instituto de Física de la UFRJ, noviembre 2005, Río de Janeiro, Brasil.
- Italo Bove, Italia, agosto-octubre, 2004. ICTP, Trieste e Instituto Universitario Europeo, Firenze, Italia. Desarrollo de un modelo de econofísica para la determinación de precios
- Italo Bove, Italia, agosto 2005, febrero 2006. Posdoc en el Instituto Universitario Europeo, Firenze, Italia. Desarrollo de una teoría evolucionista del dinero y la inflación
- Sylvana Varela, mayo 2005, pasantía al Laboratorio de Medios Porosos de la Facultad de Ingeniería de la UBA, Argentina. Desarrollo de la técnica "Particle Image Velocimetry" (P.I.V.),
- Cecilia Cabeza, Grupo de medios porosos, UBA. Entre mayo del 2003 y Agosto del 2005. Tema Inestabilidad de Faraday en fluidos viscoelásticos.
- Cecilia Cabeza, Laboratorio PHASE, Université Paul Sabatier, Toulouse, Francia. Marzo-Abril 2005. Tema Inestabilidad de Faraday en medios granulares.

##### PROFESORES VISITANTES:

Raúl Donángelo, Instituto de Física de la Universidad Federal de Río de Janeiro, en varias oportunidades.

## A.IX ÓPTICA APLICADA.

### 1.- INTEGRANTES:

Dr. José Ferrari  
Technische Universitat,  
Berlin, Alemania  
Investigador Gr.5

Dra. Erna Frins  
Wolfgang Goethe Universitat  
Frankfurt, Alemania  
Investigador Gr.3

Lic. Gustavo Piriz  
Maestrando  
Universidad de la República. Montevideo, Uruguay

Ing. Daniel Perciante  
Estudiante de Maestría en Ingeniería  
Universidad de la República.  
Facultad de Ingeniería, Montevideo, Uruguay

### 2.- TEMAS DE INVESTIGACION

- Determinación de contaminantes atmosféricos por espectroscopía óptica diferencial (MAX-DOAS, TOTAL-DOAS).
- Óptica de Fourier (reconocimiento de caracteres, correladores ópticos, filtrado espacial).
- Visualización de objetos de fase utilizando iluminación incoherente.
- Interferometría por pasos (técnicas de phase-shifting utilizando la fase topológica, desarrollo de nuevos interferómetros).
- Sensores de Fibra Óptica (por ej., sensores de vibraciones, sensores de corriente eléctrica utilizando el efecto Faraday).
- Óptica difractiva (generación de non-diffracting bright- and dark beams)
- Otros: desarrollo de algoritmos para cálculo de "fast Hankel transform", Speckle, etc.

### 3.- PUBLICACIONES Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS CIENTÍFICOS.

- J.A. Ferrari, E. Garbusi, E. M. Frins and César D. Perciante, "Optical current sensor using a self-induced light source", *Optical Engineering* **43**(9) 2120-2123 (2004).
- J.A. Ferrari, E. Garbusi and E.M. Frins, "Phase modulation by polarization recording in Bacteriorhodopsin: Application to phase shifting interferometry", *Optics Letters* **29**(10) 1138-1140 (2004).
- J.A. Ferrari and E. Garbusi, "Phase-shift extraction and wave-front reconstruction in phase-shifting interferometry with arbitrary phase steps: comments", *Optics Letters* **29**(11) 1257-1258 (2004).

- J.A. Ferrari, E. Garbusi and E.M. Frins, "Linear focusing by a plane grating with curved grooves", *Applied Optics* **43**(28) 5350-5355 (2004).
- E. Garbusi, E.M. Frins and J.A. Ferrari, "Phase-shifting shearing interferometry with a variable polarization grating recorded on Bacteriorhodopsin," *Optics Communications* **241**(4-6) 309-314 (2004).
- C.D. Perciante and J.A. Ferrari, "Fast Hankel transform of nth-order with improved performance", *Journal of the Optical Society of America A*, **21**(9) 1811-1812 (2004).
- E. Garbusi, J.A Ferrari and C.D. Perciante, "Harmonic suppression and defect enhancement using Schlieren processing," *Applied Optics* **44**(15) 2963-2969 (2005).
- J. A. Ferrari, E. Garbusi, E. M. Frins and W. Dultz, "Focusing effect in the diffracted field by a parabolic slit," *Journal of Modern Optics* **52**(6) 927-934 (2005).
- J. A. Ferrari, E. Garbusi, E. M. Frins and G. Píriz, "Spatial self-filtering using polarizer sheets," *Applied Optics* **44**(1) 41-46 (2005).
- J.A. Ferrari and E. Garbusi, "Phase-shifting (Sagnac-)interferometer with external phase control," *Applied Optics*, **44**(21) 4510-4512 (2005).
- C. D. Perciante and J. A Ferrari, "Faraday current sensor with temperature monitoring," *Applied Optics*, **44**(32) 6910-6912 (2005).
- Kay Schmid, Erna M. Frins, Heidrun Schmitzer, Wolfgang Dultz, "Beam Mixing with a Pinhole," *Journal of the Optical Society of America A*, **22**(12) 2672-2676 (2005).

#### 4.- OTRAS ACTIVIDADES Y REALIZACIONES DEL GRUPO

##### PASANTIAS EN EL EXTERIOR

- |                 |   |
|-----------------|---|
| Octubre 2004    | Dra. Erna M. Frins, Prof. Invitada en el Centro de Investigaciones Ópticas, CIOP, La Plata Argentina. Tema: DOAS.   |
| Feb.-Marzo 2005 | Dra. Erna M. Frins, Prof. Invitada por el Servicio de Intercambio Académico Alemán (DAAD) en el Inst. de Física del Medio Ambiente, IUP, Universidad de Heidelberg, Alemania. Tema: DOAS, MAX-DOAS. |

##### COMUNICACIONES CIENTÍFICAS

- W. Dultz, B. Hils, E. Frins and H. Schmitzer, " Eine kontinuierlich veränderliche Phasenverzögerungsplatte ohne keilförmige Teile", 105. Tagung de la Sociedad de Optica Aplicada de Alemania (DGaO), Bad Kreuznach, 1-5 Junio, 2004.
- E. Frins, H. Schmitzer and W. Dultz, Demonstration of Phase Phenomena with Crystall Optics", Gordon Conference, "Visualization in Science and Education", 3-8 Julio 2005, Queen's College, Oxford, UK.

##### CONFERENCIAS INVITADAS

- E. Frins, "Messung atmosphärischer Spurengassen mit einem MAX-DOAS System", en el Congreso *Umweltschutz und Prozessoptimierungen im Bergbau und in der verarbeitenden Industrie in Lateinamerika*, organizado por el Deutscher Akademischer Austauschdienst (DAAD) (Santiago de Chile, 13-18 Noviembre 2005).

## PROFESORES Y CIENTÍFICOS VISITANTES

- 15 Junio-15 Setiembre 2005. Visita al Grupo de Optica Aplicada del Dipl.-Phys. Matthias Korn (Universidad Giessen).
- 1-6 Noviembre 2005. Visita al Grupo de Optica Aplicada del Prof. Dr. Kenneth.T.V. Grattan, Director del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Electrónica e Información, y Decano Asociado de la City University (Londres, UK).

## A.X TEORÍA DE CAMPOS

### 1.- INTEGRANTES

Dr. Rodolfo Gambini  
Universidad de Paris XI. Francia  
Investigador Gr.5

Dr. Hugo Fort  
Universidad Autónoma de Barcelona. España  
Investigador Gr.5

Dr. Michael Reisenberger  
Stanford University. Estados Unidos  
Investigador Gr.3

Dr. Alcides Garat  
University of Utah. Estados Unidos  
Investigador Gr.3

Dr. Pablo Mora  
Universidad de la República, Montevideo, Uruguay  
Investigador Gr.3

Dr. Ernesto Blanco  
Universidad de la República, Montevideo, Uruguay  
Investigador Gr.3

MSc. Estrella A. Sicardi (\*)  
Doctorando  
Universidad de la República.  
Facultad de Ciencias. Montevideo, Uruguay

Lic. Marcelo Ponce  
Maestrando  
Universidad de la República  
Facultad de Ciencias. Montevideo, Uruguay

Lic. Gonzalo Aniano  
Maestrando  
Universidad de la República  
Facultad de Ciencias. Montevideo, Uruguay

Lic. Miguel Campiglia  
Maestrando  
Universidad de la República  
Facultad de Ciencias. Montevideo, Uruguay

Lic. Sebastián Torterolo  
Maestrando  
Universidad de la República

Facultad de Ciencias. Montevideo, Uruguay

## 2.- TEMAS DE INVESTIGACIÓN

### RODOLFO GAMBINI

Gravedad Cuántica Canónica.

Uno de los problemas principales de la física es la construcción de una teoría cuántica de la gravedad, que busca conjugar la Mecánica Cuántica con la Relatividad General.

Para resolver este problema se han explorado varias líneas, dentro las cuales se diferencian dos tendencias. La primera consiste en buscar nuevas formulaciones y técnicas de cuantización de teorías invariantes bajo transformaciones generales de coordenadas que permitan superar los problemas encontrados hasta ahora. Otro enfoque, consiste en construir extensiones de la RG con mejores propiedades de simetría que la permitan pensar como a las otras teorías gauge que describen las interacciones fundamentales, las cuales podrían mejorar su comportamiento cuántico.

Este proyecto se refiere fundamentalmente al primer enfoque aunque algunos encares del segundo problema no se descartan. Cuando se formula la relatividad en términos de las variables de Ashtekar, lo que implica trabajar con holonomias, existen teoremas que singularizan el espacio cuántico en que la relatividad general puede definirse como el espacio de loops (lazos) o redes de spin. La cinemática de la teoría queda entonces bien caracterizada a nivel cuántico y numerosos resultados físicos como el cálculo de la entropía hacen muy atractivo el enfoque.

El problema central que se enfrenta es el relativo a la descripción dinámica de la teoría. En los enfoques a la Dirac de teorías completamente vinculadas como la gravitación el problema se manifiesta en tres aspectos: 1) la definición del espacio de Hilbert físico de la teoría, lo que implica ser capaz de identificar sus estados y determinar el producto interno. 2) la recuperación en el régimen semi-clásico de la relatividad general y 3) una aceptable descripción de la evolución del sistema, lo que requiere el tratamiento del problema del tiempo en forma satisfactoria

El método de cuantización con parámetro de evolución discreto pretende atacar los tres problemas simultáneamente. El método ha demostrado ser particularmente adecuado para atacar un conjunto de problemas conceptuales como los vinculados a la existencia de singularidades, la unitariedad de la evolución y el problema del tiempo. Una de las ventajas principales del enfoque es que la evolución queda descrita por transformaciones canónicas discretas asociadas a una teoría libre de vínculos. Los vínculos sólo se cumplen en forma aproximada y valen exactamente cuando se recupera el límite continuo.

La mayor dificultad que presenta este enfoque es que el paso de la discretización queda determinado dinámicamente. Ello implica que uno no posee, en principio, control sobre el mismo y no puede asegurar que la aproximación de la teoría continua se producirá globalmente recuperando las

órbitas completas del continuo. En el último año hemos logrado resolver este problema e identificar procedimientos de discretización generales que permiten asegurar que la relatividad general admite aproximaciones discretas que recuperan globalmente las órbitas del continuo. Notablemente, a nivel cuántico, resulta posible construir a partir de las teorías discretas así definidas el "proyector" del espacio cinemático al espacio físico, habitualmente calculado mediante la Integral de Feynman mediante un procedimiento totalmente diferente. Dicho proyector permite además definir el producto interno del espacio físico.

#### **HUGO FORT:**

Ha orientado a un grupo de estudiantes de grado y postgrado en este período integrado por:

- Lic. Julia Alonso, a quién dirigirá en su tesis de Maestría.
- Lic. Ariel Fernández, a quién dirigirá en su tesis de Maestría.
- Mag. Estrella Sicardi, a quién dirige en su tesis de Doctorado iniciada en 2003.
- Mag. Silvia Viola, a quién dirigió en su tesis de Maestría, culminada en marzo de 2005.

También ha mantenido cooperación científica con varios investigadores del área de Física radicados tanto en el país como en el extranjero: Gonzalo Abal, Daniel Ariosa y Raúl Donángelo. Y con otras reas del PEDECIBA: Luis Acerenza Han investigado varios problemas que se pueden englobar bajo el rótulo de "SISTEMAS COMPLEJOS":

- Análisis del problema de la *cooperación versus competencia* en sistemas económicos, sociales y biológicos mediante *Juegos Estratégicos de Suma Distinta de Cero*. En donde hemos propuesto varios modelos diferentes.
- Desarrollo de *Autómatas Celulares* para simular Juegos Evolutivos Espaciales.
- Modelado de ecosistemas y estudio de la *relación entre patrones espaciales de relacionamiento interespecíficos e intraespecíficos con el destino de estos ecosistemas*.
- Correspondencia entre la dinámica de sistemas físicos y de sistemas de agentes que interactúan mediante juegos estratégicos. En particular nos interesa, realizar un tratamiento mecánico-estadístico que incluya el efecto del "ruido" en los agentes.

Asimismo han comenzado a investigar en problemas de "PROCESAMIENTO CUÁNTICO DE LA INFORMACIÓN". Específicamente:

- Efecto del enredo cuántico (*quantum entanglement*) en Caminantes Cuánticos (*Quantum Walkers*).
- Decoherencia y algoritmos cuánticos.

#### **MICHAEL REISENBERGER**

Mi trabajo de investigación en el último año, y de hecho en todo el periodo 2004-2005 ha tratado una nueva formulación canónica de relatividad general. Usualmente el espacio de fase del campo gravitacional se identifica con el espacio de posibles datos iniciales del campo sobre una hipersuperficie espacial. Al contrario en la formulación en que he trabajado el espacio de fase es identificado con el espacio de datos sobre una hipersuperficie luminal

o característico. (Hipersuperficies luminales son las hipersuperficies que pueden ser trazados en el espacio tiempo por una frente de onda de luz.) Trabajar con datos iniciales luminales ofrece importantes simplificaciones técnicas, ya descubiertos en los temprano años 60, pero a pesar de varios intentos, no se logro desarrollar una formulación canónica de la relatividad general en términos de estos datos. Esta formulación ha sido mi meta.

Mi principal motivación ha sido argumentos que indican que una teoría cuántica en términos de estos datos tendrá un espacio de Hilbert dimension finito, y mucho menor que ha sido pensado antes. - La naturaleza parece contener menos información que se imagino - y esto se tendrá que manifestar en una formulación en términos de datos luminales. Estas conjeturas podrán ser amenos a prueba usando la teoría canónica clásica en términos de tales datos.

Otro atractivo de una formulación en términos de datos luminales es que estos son relativamente directamente relacionados con cantidades observables, a diferencia de datos espaciales.

Un subproblema, que estoy investigando en conjunto con mi estudiante de maestría, Gonzalo Aniano, es encontrar un Hamiltoniano que genera la dinámica de relatividad general en este formalismo.

### **PABLO MORA**

En el período 1999-2006 he enfocado mis investigaciones en el tema de teorías de gauge y gravedad de Chern-Simons. Este trabajo a conducido a varias publicaciones en revistas arbitradas y a mi Tesis de Doctorado.

Considero mis investigaciones en teorías de Chern-Simons como parte de un programa de investigación de largo aliento.

Este programa se basa en la confianza en la importancia del principio de gauge y la necesidad de extenderlo a gravedad y supergravedad, esperando que una teoría unificada de todas las interacciones exista dentro de este marco conceptual. Un panorama general reciente de esta área con más contexto y referencias puede hallarse en el trabajo J. Zanelli, 'Lecture notes on Chern-Simons (super-)gravities', hep-th/0502193 mientras que un panorama de algunas de mis contribuciones y puntos de vista puede hallarse en mi Tesis P. Mora, 'Formas de Transgresión como principio unificador en teoría de campos', Tesis de Doctorado (2003), hep-th/0512255.

Mis trabajos posteriores al 2000 pertenecen todos al área mencionada, y pueden consultarse en la base de datos de Los Alamos xxx.lanl.gov, en la parte de Física Teórica de Altas Energías, hep-th

### **3.- PUBLICACIONES Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS CIENTÍFICOS.**

#### **PUBLICACIONES RODOLFO GAMBINI:**

- Consistent discretizations as a road to quantum gravity. Rodolfo Gambini (Republica U., Montevideo), Jorge Pullin (Louisiana State U.). e-Print Archive: gr-qc/0512065 To appear in Approaches to Quantum Gravity. Daniele Oriti, Editor.
- Consistent discretization and canonical classical and quantum Regge calculus. Rodolfo Gambini (Republica U., Montevideo) , Jorge Pullin (Louisiana State U.). Proceedings of ICGC T. Padmanabham, Editor World Scientific. e-Print Archive: gr-qc/0511096

- Fundamental gravitational limitations to quantum computing. Rodolfo Gambini (Republica U., Montevideo) , Rafael A. Porto (Republica U., Montevideo & Carnegie Mellon U.) , Jorge Pullin (Louisiana State U.) . e-Print Archive: quant-ph/0507262
- Classical and quantum general relativity: A New paradigm. Rodolfo Gambini (Republica U., Montevideo), Jorge Pullin (Louisiana State U.) . Fifth prize of the Gravity Research Foundation 2005 essay Competition. Published in Gen.Rel.Grav.37:1689-1694,2005, Int.J.Mod.Phys.D14:2355-2360,2005 e-Print Archive: gr-qc/0505052
- Consistent discretizations: the Gowdy spacetimes. Rodolfo Gambini, Marcelo Ponce (Republica U., Montevideo) , Jorge Pullin (Louisiana State U.) . LSU-REL-051005, May 2005. 10pp. Published in Phys.Rev.D72:024031,2005 e-Print Archive: gr-qc/0505043
- Discrete space-time. Rodolfo Gambini (Republica U., Montevideo) , Jorge Pullin (Louisiana State U.) . LSU-REL-050405, May 2005. 16pp. e-Print Archive: gr-qc/0505023
- Fundamental decoherence in quantum gravity. Rodolfo A. Gambini (Republica U., Montevideo) , Rafael Porto (Carnegie Mellon U.) , Jorge Pullin (Louisiana State U.) . To appear in the proceedings of 2nd International Workshop DICE2004: From Decoherence and Emergent Classicality to Emergent Quantum Mechanics, Castello di Piombino, Tuscany, Italy, 1-4 Sep 2004. Published in Braz.J.Phys.35:266-270,2005 e-Print Archive: gr-qc/0501027
- Consistent discretization and loop quantum geometry. Rodolfo Gambini (Republica U., Montevideo) , Jorge Pullin (Louisiana State U.) . Published in Phys.Rev.Lett.94:101302,2005 e-Print Archive: gr-qc/0409057
- Unified model of loop quantum gravity and matter. Rodolfo Gambini (Republica U., Montevideo) , S.Jay Olson, Jorge Pullin (Louisiana State U.) . LSU-REL-091004, Sep 2004. 4pp. Dedicated to Michael P. Ryan on the occasion of his sixtieth birthday. e-Print Archive: gr-qc/0409045
- Fundamental decoherence from relational time in discrete quantum gravity: Galilean covariance Rodolfo Gambini (Republica U., Montevideo) , Rafael A. Porto (Carnegie Mellon U.) , Jorge Pullin (Louisiana State U.) . Published in Phys.Rev.D70:124001,2004 e-Print Archive: gr-qc/0408050
- Canonical quantum gravity and consistent discretizations. Rodolfo Gambini (Republica U., Montevideo), Jorge Pullin (Louisiana State U.) . To appear in the proceedings of 2nd International Conference on Fundamental Interactions, Domingos Martins, Espirito Santo, Brazil, 6-12 Jun 2004. e-Print Archive: gr-qc/0408025
- 12) Realistic clocks, universal decoherence and the black hole information paradox. Rodolfo Gambini (Republica U., Montevideo) , Rafael A. Porto (Carnegie Mellon U.) , Jorge Pullin (Louisiana State U.) . Published in Phys.Rev.Lett.93:240401,2004 e-Print Archive: hep-th/0406260

- Dirac-like approach for consistent discretizations of classical constrained theories. Cayetano Di Bartolo (Simon Bolivar U.) , Rodolfo Gambini (Republica U., Montevideo) , Rafael Porto (Carnegie Mellon U.) , Jorge Pullin (Louisiana State U.) . Published in J.Math.Phys.46:012901,2005 e-Print Archive: gr-qc/0405131
- No black hole information puzzle in a relational universe. Rodolfo Gambini (Republica U., Montevideo) , Rafael A. Porto (Carnegie Mellon U.) , Jorge Pullin (Louisiana State U.) .. Published in Int.J.Mod.Phys.D13:2315-2320,2004 e-Print Archive: hep-th/0405183
- Consistent and mimetic discretizations in general relativity. Cayetano Di Bartolo (Simon Bolivar U.) , Rodolfo Gambini (Republica U., Montevideo) , Jorge Pullin (Louisiana State U.) . LSU-REL-041204, Apr 2004. 14pp. Published in J.Math.Phys.46:032501,2005 e-Print Archive: gr-qc/0404052
- A Relational solution to the problem of time in quantum mechanics and quantum gravity induces a fundamental mechanism for quantum decoherence. Rodolfo Gambini (Republica U., Montevideo) , Rafael Porto (Carnegie Mellon U.) , Jorge Pullin (Louisiana State U.) . LSU-REL-022504, Feb 2004. 13pp. Published in New J.Phys.6:45,2004 e-Print Archive: gr-qc/0402118
- Canonical quantum gravity and consistent discretizations. Rodolfo Gambini (Republica U., Montevideo) , Jorge Pullin (Louisiana State U.) . Summary of talk given at 5th International Conference on Gravitation and Cosmology (ICGC 2004), Cochin, India, 5-10 Jan 2004. Published in Pramana 63:755-764,2004 e-Print Archive: gr-qc/0402062

#### **PUBLICACIONES HUGO FORT**

- *Connectivity effects in a trading model*. Autores: E. Sicardi, **H. Fort** y R. Donángelo. Journal of Statistical Mechanics P08005 (2005).
- Spatial patterns and scale freedom in Prisoner's Dilemma cellular automata with Pavlovian strategies. Autores: H. Fort y S. Viola. Journal of Statistical Mechanics, P01010 (2005).
- The Fate of Spatial Dilemmas with Different Fuzzy Measures of Success. Autores: H. Fort y N. Pérez. Journal of Artificial Societies and Social Studies JASSS vol. 8 no. 3 (2005).
- Extended estimator approach for 2x2 games and its mapping to the Ising model. Autores: D. Ariosa y H. Fort. Physical Review E71 016132 (2005).
- Economic demography in fuzzy spatial dilemmas and power laws. Autores: H. Fort y N. Pérez. European Journal of Physics B44 109-113 (2005).
- A Model for the Relationship between the interaction Pattern of Ecosystems and their Fate. Autores: L. Acerenza y H. Fort. Ecological Modeling (2005).
- Self-organization in a simple model of adaptive agents playing 2x2 games with arbitrary payoff. Autores: H. Fort y S. Viola. Physical Review E69, 036110 (2004).
- Evolutionary Spatial Games under Stress. Autores: J. Alonso, A. Fernández y H. Fort, aceptado luego de ser arbitrada por tres referees que brindaron elogiosos informes sobre el trabajo, en Proc. International

Conference in Computation Science ICCS 2006, a celebrarse en mayo-junio de 2006 en Londres. Aceptada en diciembre de 2005

#### Capítulo de libros (Hugo Fort):

- *Cooperate or Compete: A simple Agent Model for Iterated Arbitrary 2-player Games*. En **Progress in Computer Science Research**, EEUU, Nova Publishers 2005.
- *Modelos Físicos de Evolución Biológica*, junto con R. Donangelo, en **Modeling Complex Biophysical Processes**, Uruguay 2004.
- *Un modelo ecológico de 3 especies*, junto a Luis Acerenza, en **Modeling Complex Biophysical Processes**, Uruguay 2004.

#### PUBLICACIONES PABLO MORA:

(Incluyendo las dos últimas que salieron a principios del 2006 pero son trabajos realizado antes:

- P. Mora, R. Olea, R. Troncoso and J. Zanelli, 'A Finite Action Principle. for Chern-Simons AdS gravity', JHEP06(2004)036, hep-th/0405267
- P. Mora, R. Olea, R. Troncoso and J. Zanelli, 'Vacuum Energy in Odd dimensional AdS gravity', hep-th/0412046
- P. Mora, R. Olea, R. Troncoso and J. Zanelli, 'Transgressions and actions for Chern-Simons gauge theories and gravities', JHEP0602(2006)067, hep-th/0601081
- P. Mora, 'Unified Approach to the Regularization of Odd dimensional Gravity', hep-th/0603095, submitted to Class. Quantum Grav.

#### 4.- OTRAS ACTIVIDADES Y REALIZACIONES DEL GRUPO

##### CONGRESOS Y TALLERES

##### HUGO FORT

También se han realizado diversas ponencias en Congresos y Talleres que listamos a continuación:

- Physicists Playing with Spatial Games, con S. Viola en XIV Conference on Nonequilibrium Statistical mechanics and Nonlinear Physics MEDYFINOL '04, La Serena, Chile, diciembre 2004.
- Economic Geographies generated by different Measures of Success in Games People Play, con N. Pérez en Workshop on Transport and Self-Organization in Complex Systems TSOCS 2004, Porto Alegre, Brasil, agosto 2004.
- Models of Conflict of Interests: Game Theory and Statistical Mechanics en TREFEMAC 05', La Plata, Argentina, junio 2005.
- Tools of Statistical Physics Applied to Social Sciences Problems, Conferencia anual de la Asociación Argentina de Física AFA 2005, La Plata, Argentina, septiembre 2005.
- Around Game Theory en 2nd LATINAMERICAN WORKSHOP ON COMPLEX SYSTEMS IN NATURAL AND SOCIAL SCIENCES, Punta Ballena, Uruguay, diciembre 2005.
- Prisoner's Dilemma Revisited: Cooperation under Pressure, en 2nd LATINAMERICAN WORKSHOP ON COMPLEX SYSTEMS IN NATURAL AND SOCIAL SCIENCES, Punta Ballena, Uruguay, diciembre 2005.

**MICHAEL REISENBERGER**

Realizó varias pasantías y asistencias a congresos:

- Octubre 2004 - presentó una conferencia en el congreso "Quantum Gravity in the Americas" en el Perimeter Institute, Canada.
- En Abril 2005 - visitó la Universidad de Vienna, Austria, y presentó una conferencia.
- En Julio 2005 - visitó el Centro de Física Teórica del CNRS en Luminy, Francia y presentó dos conferencias
- También presentó una conferencia de divulgación en el Planetario de Montevideo en Abril 2005.

**PABLO MORA**

- Visitas de P. Mora al CECS, Chile, en enero 2004, octubre 2004, agosto 2005 y enero 2006.

Recibió las siguientes visitas de investigación:

- Prof. Ricardo Troncoso, Centro de Estudios Científicos CECS, Valdivia, Chile en agosto 2004 y en diciembre del 2005.
- Al estudiante de doctorado, Julio Oliva proveniente del CECS y de la Universidad de Concepción, Chile en diciembre del 2005