

**UNA REVOLUCION CIENTIFICA
VISTA POR EL TEATRO**
Crónica de una pequeña aventura

Alex Trier Universidad de Santiago de Chile

La lectura, hace años, de la magistral obra de Brecht, “Vida de Galilei”, sugirió la idea de usar este texto - o parte de él - con estudiantes. Pasó tiempo y de pronto me dí cuenta de que el Programa EXPLORA de Conicyt proporcionaba la ocasión para realizar la idea. Se trata de acercar la ciencia y la tecnología a los estudiantes de Enseñanza Media.

Escogí la escena cuarta de la obra, imaginada por el autor en la casa de Galileo en Florencia, en 1610. La escena tiene gran fuerza y entretiene. Es francamente subversiva, anti-autoritaria. Remece al público. Galileo pretende mostrar sus “novedades” - se trata de observaciones de cuatro satélites del planeta Júpiter, hechas con el telescopio - a profesores de la Universidad de Pisa, en presencia del Gran Duque de Toscana, quien es, por lo demás, un adolescente. Se trata de hacerlos mirar por el telescopio, gran protagonista de la escena. Los aristotélicos profesores se las arreglan para armar una gran discusión y nunca observan por el telescopio. Al final se dice que se consultará a un árbitro externo, astrónomo principal en el Vaticano. Hay que decir que Brecht estaba notablemente bien documentado.

Estamos entonces en presencia del permanente problema de validar nuevos resultados científicos - pero en el contexto de cambiar todo el esquema del mundo. Y de paso se ilustra el impacto que un avance tecnológico - el telescopio - tiene sobre el desarrollo de la ciencia. La escena incluye también argumentos acerca del impacto social de los nuevos conocimientos científicos.

Ingrediente capital de nuestra idea es un debate o conversación sobre el contenido de la escena con el público estudiantil inmediatamente después de cada presentación escénica.

Por fortuna, la Universidad de Santiago de Chile cuenta con gente de teatro - el conocido director Nelson Brodt, el actor profesional de gran trayectoria, Humberto Gallardo. Ellos son profesores de los Talleres de Teatro que la Universidad ofrece como actividad cultural a nuestros estudiantes. Y aceptaron de inmediato la idea. Armamos entonces el proyecto Explora en conjunto con la entonces Directora del Departamento de Actividades Culturales y con dos colegas del Departamento de Física, Carlos Esparza y Rabindranath Bermúdez. En el concurso 1998 ganamos el proyecto - y lo hemos completado.

Como actores incorporamos a seis estudiantes y egresados de la Usach, y a dos estudiantes del Colegio de LaSalle de La Reina. Trabajamos también con dos profesionales de la producción, pudiendo así tener vestuarios y escenario de época.

Hemos hecho catorce presentaciones escénicas seguidas cada una de su respectivo debate: once en locales de la Universidad, dos en liceo/colegio, una en el Museo de Ciencia y

Tecnología.. Cabe destacar aquí el interés e incluso entusiasmo que han puesto los respectivos profesores. Hemos congregado a cerca de 1100 alumnos, en grupos de 70 a 80.



Programa de posgrado en Física en la Pontificia Universidad Católica de Chile

Miguel Orszag

El objetivo fundamental del Programa de Postgrado en Física es formar investigadores en esta disciplina a través de los estudios que llevan a los Grados Académicos de Magister y Doctor en Ciencias Exactas.

El programa de postgrado en ciencias exactas de la Pontificia Universidad Católica fue creado en 1972 y otorga los grados de Magister y Doctor en ciencias exactas en mención en Física. La duración del programa de Magister es de aproximadamente dos años, y del Doctorado es de aproximadamente cuatro años. Este plazo a veces se alarga en un año dependiendo del progreso de la tesis. Se ofrecen 15 vacantes por año para el Doctorado y Magister

La Universidad ofrece becas de mantención y matrícula. Debido a que su número es limitado, los candidatos a grados avanzados deben normalmente procurarse los medios económicos para su mantención durante el período de estudios. Las becas ofrecidas por la Universidad se otorgan

semestralmente de acuerdo a los antecedentes académicos y socioeconómicos de los postulantes. Los alumnos chilenos deben postular a becas de instituciones como Conicyt y Fundación Andes. Los alumnos extranjeros deben postular desde su país de origen a becas ofrecidas por las agencias Mutis, OEA, DAAD, AGCI, etc.

Plan de estudios

Para el Magister y el Doctorado se requiere cursar 5 cursos mínimos y 3 cursos optativos que se eligen de acuerdo a los intereses del alumno. Los alumnos de doctorado deben además tomar dos cursos que se denominan trabajos supervisados que están relacionados directamente con su tema de tesis.

Los cursos mínimos son dictados indistintamente por cualquier profesor del programa, estos cursos son de 14 créditos:

1. FIM 8450 Mecánica Analítica
2. FIM 8540 Mecánica Cuántica Avanzada I
3. FIM 8650 Electrodinámica I
4. FIM 8651 Electrodinámica II
5. FIM 8430 Mecánica Estadística Avanzada.

Los cursos optativos se eligen de entre los dictados en la Facultad, estos cursos son de 14 créditos y son dictados por profesores cuya línea de investigación corresponde al tema, entre ellos:

- 1.- Física del Sólido
2. Teoría de Muchos Cuerpos
3. Relatividad general
4. Física del Plasma.
5. Teoría Cuántica de la Luz I y II

6. Teoría Cuántica de Campos I y II
7. Solitones e instantones
8. Cosmología y Materia Oscura.
9. Óptica
10. Fluidos
11. Física de Partículas.
12. Teoría de Grupos y Aplicaciones y otros.

Los cursos requeridos para el doctorado se completan con trabajo supervisado. Los trabajos supervisados son de unidades de 14 créditos cada una, se ofrecen normalmente en forma tutorial de seminario, son dirigidos por el profesor guía del alumno y están relacionados directamente con su tema de tesis.

Los alumnos del programa del Doctorado deben rendir un examen de calificación el primer año de ingreso en el programa (normalmente en el mes de agosto). Este examen consta de cuatro partes:

1. Mecánica Cuántica
2. Electromagnetismo
3. Mecánica Clásica y
4. Mecánica Estadística

Cada uno de estos exámenes tiene una duración de tres horas y se toman en días sucesivos. Este examen se puede reprobar una sola vez.

La tesis de Magister tiene una duración de un año, bajo la dirección de un profesor se elige un problema original y en algunos casos los trabajos de tesis de Magister han dado origen a una publicación.

La tesis de Doctorado se efectúa en dos a tres años, se investiga en un problema

original de mayor envergadura que en las tesis de Magister y se espera que se produzca al menos una publicación en una revista internacional.

Composición curricular

Programa de Magister.

Cursos mínimos: 70 Créditos
 Cursos optativos: 42 Créditos
 Tesis : 50 Créditos
 TOTAL: 162 créditos.

Programa de Doctorado

Cursos mínimos: 98 créditos
 Cursos optativos: 42 créditos
 Tesis : 250 créditos
 TOTAL: 390 créditos

Requisitos para la graduación

Magister:

- 1.- Completar requisito de pregrado si es necesario
- 2.- Permanencia mínima de dos semestres en el Programa
- 3.- Aprobar el Programa de 162 créditos
- 4.- Aprobar un examen final de grado que consiste en una defensa pública de la tesis.

Doctorado

- 1.- Permanencia mínima de 4 semestres en el programa
- 2.- Aprobar el examen de candidatura
- 3.- Aprobar cursos del currículum mínimo y optativo con nota no inferior a cinco punto cero (5.0).
- 4.- Aprobar el examen final de grado que consiste en una defensa pública de la tesis.

Se puede obtener el Magister también, como grado intermedio del Doctorado, por los siguientes mecanismos:

- a) Los alumnos que han aprobado el examen de calificación y todos los créditos mínimos, optativos y trabajos supervisados, obtienen el grado de Magister sin efectuar tesis.
- b) Los alumnos que reprueban en forma definitiva el examen de calificación y por consiguiente, no podrán seguir en el programa de Doctorado, obtienen el grado de Magister luego de aprobar los créditos requeridos por el programa de Magister (incluyendo tesis) sin necesidad de efectuar cambio de programa.

Líneas de investigación

Astronomía y Astrofísica:

El trabajo de investigación del Departamento de Astronomía y Astrofísica se basa fuertemente en el uso de los observatorios internacionales instalados en el norte de Chile, y en colaboraciones internacionales que hacen uso, entre otros, del telescopio espacial Hubbe, e incluyen investigadores de EE.UU., Canadá y varios países europeos y latinoamericanos. Está apoyado por diversos proyectos nacionales e internacionales incluyendo una Cátedra Presidencial en Ciencias, un Proyecto FONDECYT de Líneas Complementarias y un Convenio de colaboración con la Universidad de Princeton (EE.UU.), parcialmente financiado por la Fundación Andes. En respuesta a los grandes proyectos astronómicos que se están instalando hoy en Chile, las actividades en esta área están

creciendo rápidamente.

Por ahora, las principales áreas de interés son:

- a) Galaxias: pares, grupos y cúmulos de galaxias; evolución de galaxias; galaxias interactuantes; determinación de distancias mediante variables cefeidas y cúmulos globulares; dinámica interna de galaxias elípticas; distribución de galaxias a gran escala; uso de galaxias en cosmología observacional.
- b) Supernova: estudio detallado (fotométrico y espectroscópico) de supernovas cercanas; búsqueda y uso de supernovas distantes para determinar parámetros cosmológicos, tales como la "constante cosmológica".
- c) Astrofísica teórica: evolución y estructura interna de estrellas de neutrones; gas y materia oscura en cúmulos de galaxias; formación de estructura en el Universo.

Física Matemática:

Son dos los temas principales de investigación en esta área:

- a) - Estudio de la estabilidad de átomos y moléculas, propiedades de ionización y neutralidad de la materia.
- Estudio de las propiedades espectrales del Laplaciano de Dirichlet y de Neuman en distintas variedades y la relación entre el espectro y las propiedades geométricas de las variedades.
- Estudio de las propiedades de ecuaciones elípticas no lineales (existencia, multiplicidad y características de las soluciones).

b) Cinemática Cuántica del Grupo de Poincaré:

- estudiar "cuantización" del cubrimiento universal del grupo del Poincaré completo, incluyendo sus piezas impropias: en seguida.
- obtener una interpretación física plausible de los diversos modelos cinemático-cuánticos (invariante Poincaré), construidos mediante reglas de superselección originadas en la cinemática cuántica del grupo. Ciertamente queda mucho por hacer dentro del formalismo matemático general de la cinemática cuántica - no-abeliana; sin embargo, tal como ha sido desarrollada hasta ahora, esta teoría parece ofrecer un plan lógico para deducir (por lo menos algunas de) las simetrías internas, que manifiestan los procesos elementales de altas energías, a partir de su grupo universal de simetrías externas, sin recurrir para nada a los esquemas usuales de productos (directos o semidirectos) entre ambos tipos de simetrías, ni a las técnicas de cuantización canónicas. Para ello, la simetría cuántica es usada como una herramienta sistemática que nos permite investigar la estructura del grupo de Poincaré desde una perspectiva completamente nueva.

Física de Plasma:

El trabajo en Física del Plasma es principalmente experimental. Se desarrollan estudios en plasmas densos de corta duración, como Z-pinch en fondo de gas neutro iniciado por micro descarga, chispa al vacío, X-pinch, "wire-array" y foco plásmico. Estos experimentos se realizan a corrientes típicas en el rango 100-200 kA. En las descargas tipo Z-pinch y "wire array" se realizan estudios de estabilidad, en tanto que en la chispa al vacío, X-pinch y foco plásmico se estudia la formación y dinámica de puntos calientes y

procesos radiativos en rayos X. Además se realizan estudios en una descarga transiente de cátodo hueco, con énfasis en procesos de ionización en etapas finales de ruptura eléctrica, y en una descarga capilar pulsada, en que se investiga los procesos de generación de pulsos de radiación XUV en escala de nanosegundos. Adicionalmente, se encuentra en su etapa final de construcción un nuevo generador de potencia pulsada, Llampüdken, que permitirá extender los estudios de plasmas densos transientes a escalas de corriente del orden del mega Ampere.

Hidrodinámica y física no lineal:

En esta área se estudian problemas de inestabilidades convectivas en fluidos. Trabajos recientes han abordado problemas de convección oscilatoria en fluidos con superficies libres. En el estudio no lineal de estas inestabilidades surgen ecuaciones relacionadas con la formación de ondas solitarias y cuya solución muestra la aparición de estructuras autoorganizadas. Estas ecuaciones se estudian usando herramientas de teoría de bifurcaciones y mediante técnicas numéricas.

Materia Condensada:

Este grupo desarrolla investigaciones tanto experimentales como teóricas, financiadas por instituciones nacionales y extranjeras. Una lista de ello es:

a) Propiedades electrónicas y magnéticas: determinación de la estructura electrónica de sistemas de 1, 2 y 3 dimensiones en presencia de campos eléctricos y magnéticos intensos.

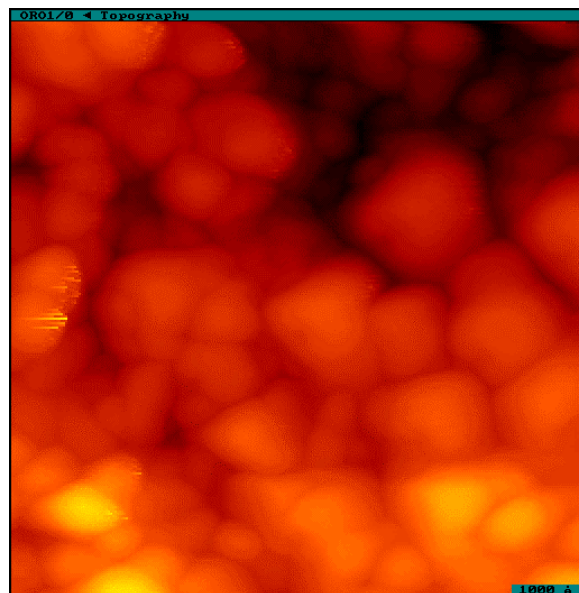
Propiedades ópticas e interacciones entre granos dieléctricos o metálico, con énfasis es el límite de altas densidades de granos. Propiedades físicas de aleaciones, obtenidas de teorías lineales y no lineales, con énfasis en transiciones de fase. Propiedades de películas e interfases entre metales paramagnéticos y materiales magnéticamente ordenados. Propiedades ópticas de semiconductores y aisladores.

b) Propiedades de estructura: estudio en base de dinámica molecular de fenómenos de rugosidad, amorfización superficial y formación de nanoestructura. Dinámica de cristales en fuerte interacción con un campo de defectos puntuales. Desprendimiento de iones de superficies de haluros alcalinos.

c) El área experimental de materia condensada se ha reforzado con la reciente creación del Laboratorio de Ciencia de Materiales. Areas de investigación en este laboratorio son propiedades de Superficies de metales y propiedades eléctricas y magnéticas de Películas Delgadas.

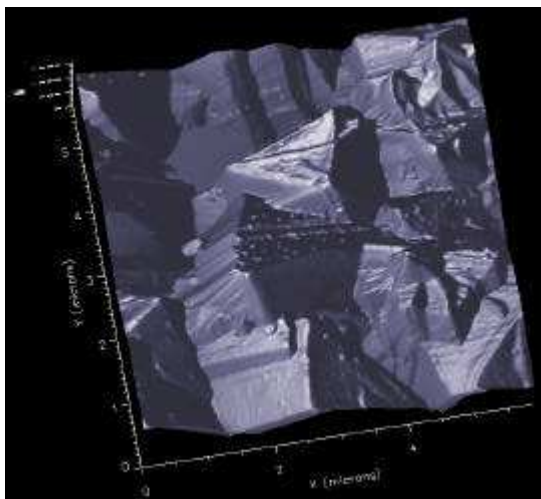
En Superficies se estudia la interacción de moléculas gaseosas con superficies de metales transición como hierro, cobalto y níquel. Estos estudios tienen la finalidad de entender estas interacciones a nivel atómico con la idea de poder diseñar catalizadores para aplicaciones industriales. En Películas Delgadas se está estudiando el orden ferroeléctrico o magnético de estos materiales dependiendo del espesor de la película. Estos estudios tienen la finalidad de aprovechar comportamientos anómalos de transporte de estas películas en la presencia de gases absorbidos en la superficie o el interior, para la

posible fabricación de sensores.



Oro depositado sobre mica usando la técnica PVD (physical vapor deposition). Imagen de 2000x2000 Angstroms. Se aprecian granos de 1000 Å de diámetro (Lab. Ciencia de Mat. Prof. Alejandro Cabrera)

En los nuevos laboratorios de "Scanning Probe Microscopy" se estudian las propiedades de sistemas nanométricos con el objetivo de entender el comportamiento de estos sistemas en relación a sus estructuras. En una línea de investigación se estudia la relación entre las propiedades ópticas de moléculas individuales y sus entornos. Con la técnica del campo cercano se pueden microscopiar muestras con una resolución cinco veces mayor que el límite de difracción y con la sensibilidad de hacer visible moléculas fluorescentes individuales. En otra área se trabaja con microscopía a fuerza atómica para medir estructuras nanométricas hasta la resolución atómica. Una finalidad es de investigar el proceso de fricción en el rango molecular. Además se usa para varios estudios más aplicados, como la investigación estructural de películas delgadas, ferroeléctricos y alimentos.



Diamond: Cristalitos de una película de diamante, medición con microscopía a fuerza atómica (AFM). Fuerza normal durante la medición 0.6 nN, área $6 \mu\text{m} \times 6 \mu\text{m}$. (medida por P. Silva y G. Tarrach, Laboratorio de Nanotecnología)

Optica Cuántica:

Investigación teórica de la interacción de la radiación con átomos, específicamente en los siguientes tópicos:

- a) Estudio de vibraciones cuantizadas de un ión atrapado en una trampa de Paul interactuando con dos campos electromagnéticos. Medida QND de los estados vibracionales.
- b) Detección de ondas gravitacionales en interferómetro óptico.
- c) Estudio e interpretación física de las ecuaciones de Schrödinger estocásticas en electrodinámica cuántica de cavidades (Cavity QED).
- d) Efectos colectivos en un Micromaser.
- e) Laser iónico.

f) Efectos de interferencia cuántica en un laser de un átomo.

Partículas y Campos:

a) Estudio de diversos aspectos, fenomenológicos y Teoría Cuántica de Campos a temperatura finita. Análisis de posible señales para la formación del plasma de Quarks y Gluones en colisiones relativistas de iones pesados. Propiedades hadrónicas como función de la temperatura y de la densidad.

b) Problemas no perturbativos tales como: estabilidad de modelos híbridos condensados de vacío de alto orden; renormalones y lagrangianos efectivos; fenómenos difractivos y pomerones en la región de x -pequeño, cuantización de teorías de campo en términos polimeros.

c) Estudio cinemático de modelos cuánticos definido sobre grupos de Lie no abelianos. Se intenta establecer la cinemática inducida por la estructura del grupo y su relación con la dinámica definida por el Hamiltoniano de la teoría.

d) Análisis de las simetrías en Teoría de Cuerdas, utilizando el método de Cuantización de Batalin-Vilkovisky. Búsqueda de una formulación de la Teoría de Cuerdas en Segunda Cuantización independiente del background.

e) Gravedad cuántica y modelos matriciales: utilizando técnicas de la expansión $1/N$ se extraerá información de los modelos matriciales recientemente propuestos para describir la teoría de supercuerdas, con especial énfasis en las correcciones cuánticas a la Relatividad General.

f) Métodos estocásticos de cuantización para teorías invariantes de Gauge. Estudio de exponentes críticos para el modelo de Ising dinámico, Simulación de Monte Carlo de este y otros modelos.

Académicos Participantes

La Facultad de Física cuenta con 24 profesores de jornada completa. En el programa de Doctorado y Magister en Ciencias Exactas con mención en Física participan los siguientes académicos

Alfaro Solis, Jorge
Ph.D. City College of New York, EE.UU. (1983)

Benguria Donoso, Rafael
Ph.D. Princeton University, EE.UU. (1979)

Barrientos Parra, Luis Felipe
Ph.D. University of Toronto, Canadá, 1999

Cabrera Oyarzún, Alejandro
Ph.D. University of California at San Diego, USA.(1980)

Chuaqui Kettlun, Hernán
Ph.D. Imperial College, Inglaterra (1978)

Claro Huneeus, Francisco
Ph.D. University of Oregon, EE.UU. (1972)

Clocchiatti, Alejandro
Ph.D. University of Texas at Austin, EE.UU. (1995)

Depassier Terán, M. Cristina
Ph.D. Columbia University, EE.UU. (1981)

Díaz Gutiérrez, Marco Aurelio
Ph.D. University of California, Santa Cruz, EE.UU. (1992)

Favre Domínguez, Mario
Ph.D. Imperial College, Inglaterra (1985)

Friedli Lluch, Carlos
Ph.D. Cornell University, EE.UU. (1975)

Infante Lira, Leopoldo
Ph.D. University of Victoria, Canadá (1990)

Kiwi Tichauer, Miguel
Ph.D. University of Virginia, EE.UU. (1967)

Loewe Lobo, Marcelo
Dr. rer. nat. Universitat Hamburgo, Alemania (1982)

Mariani Rogat, Francisco
Dr. Sc. Universidad Complutense de Madrid, España (1977)

Minniti, Dante
Ph.D. University of Arizona, EE.UU. (1993)

Mitchell, Ian
Ph.D. Imperial College, London, Inglaterra (1991)

Orszag Posa, Miguel (Jefe del Programa)
Ph.D. Worcester Polytecnic Institute, EE.UU. (1973)

Quintana Godoy, Hernán
Ph.D. Cambridge University, Inglaterra (1973)

Ramírez Leiva, Ricardo
Ph.D. University of California at Berkeley,
USA. (1970)

Reisenegger von Oepen, Andreas
Ph.D. California Institute of Technology,
EE.UU.. (1993)

Tarrach Falk, Guido
Ph.D. Universitat Basel, Suiza (1993)

Volkman Laube, Ulrich
Dr. rer. nat. Universitat Mainz, Alemania
(1991)

Postulación e Informaciones:

Las personas interesadas en postular pueden requerir información y enviar sus antecedentes en cualquier fecha del año. El período formal de postulación vence normalmente en noviembre y mayo de cada año.

Deben dirigirse a Secretaría de Postgrado:
Pontificia Universidad Católica de Chile, Av.
Vicuña Mackenna 4860, Código Postal
6904411, Casilla 306, Santiago-22, Chile.
Teléfono (56-2) 686-4801, FAX (56-2) 553-
6468, email: morszag@puc.cl