



## Campos Magnéticos Astrofísicos y Cosmológicos

Alejandra Kandus

- **Caracterización del curso:** El curso es de naturaleza teórico-práctica y está destinado a alumnos de doctorado en Ciencias Físicas y en Astronomía.
- **Carga Horaria Total:** El curso será dictado durante 12 semanas, con 2 clases por semana: una de 2 horas y otra de 3 horas, contabilizando un total de 60 horas.
- **Fecha de inicio:** la semana del 18 de agosto de 2014. En la semana del 11 de agosto habrá una reunión con los alumnos para fijar los días y horarios del curso.
- **Régimen de Aprobación de Trabajos Prácticos:** Habrá dos evaluaciones parciales con sus respectivos recuperatorios.
- **Examen Final:** Al final del curso será tomado un examen final.

### Introducción

Todas las observaciones astronómicas hechas hasta el presente, han confirmado la presencia generalizada de campos magnéticos en el Universo. Tanto los objetos compactos, como planetas y estrellas, hasta las estructuras extensas como galaxias y aglomerados de galaxias presentan campos magnéticos de variada intensidad y estructura. La Vía Láctea, por ejemplo, posee un campo magnético coherente entre sus brazos, de intensidad del orden de los micro-Gauss, mientras que en los brazos domina una componente estocástica de intensidad varios ordenes de magnitud superior. Ese campo es una componente muy importante del medio interestelar, ya que gobierna la dinámica de las nubes de gas, determina la energía de los rayos cósmicos e influye sobre el proceso de formación estelar.

Campos magnéticos de características e intensidades similares han sido detectados en otras galaxias espirales y también en barradas e irregulares. Sin embargo el magnetismo cósmico no está confinado a las galaxias: Ha sido verificado repetidamente a través de observaciones la existencia de campos magnéticos de decenas de micro-Gauss en cúmulos de galaxias y también en estructuras protogalácticas de alto corrimiento al rojo. También fueron detectados campos magnéticos coherentes, de intensidades del orden de centenas de micro-Gauss en galaxias situadas en  $z \sim 0,7$ , hecho que sugiere que campos magnéticos semejantes al existente en la Vía Láctea son comunes en galaxias remotas.

La consecuencia inmediata de estas observaciones tiene que ver con el modelo de generación: un campo "semilla" amplificado por el mecanismo de "dínamo turbulento". Por un lado el tiempo requerido por ese dínamo para construir un campo coherente sería considerablemente menor que el aceptado hasta ahora, y por otro lado la presencia generalizada de campos magnéticos relativamente intensos en objetos de alto corrimiento al rojo puede significar que esos campos son de origen cosmológico y no necesitaron de amplificación posterior.

Si bien todavía es muy temprano para llegar a una conclusión, la idea de magnetismo primordial gana terreno a medida que mas y mas campos de intensidad de los micro-Gauss son detectados en protogalaxias remotas. Mas soporte para esta hipótesis viene de observaciones recientes de campos

## Programa

1. Introducción: Campos Magnéticos en el Universo.
  - (a) Observaciones de campos magnéticos de grande escala en el universo:
    - Métodos de observación: Efecto Zeeman de la línea de 21 cm - Radiación de sincrotrón - Rotación de Faraday.
    - Intensidades detectadas y geometría del campo asociado: Vía Láctea - Galaxias próximas - Aglomerados de Galaxias - Espacio intergaláctico - Objetos de alto corrimiento al rojo.
  - (b) Límites sobre los campos magnéticos primordiales:
    - Cotas impuestas por nucleosíntesis primordial.
    - Cotas a partir de las anisotropías radiación cósmica de fondo.
    - Cotas debidas a ondas gravitatorias.
2. Campos magnéticos en cosmología.
  - (a) Modelos cosmológicos relativistas magnetizados: El campo gravitatorio - Cinemática - Campos de materia - Campos electromagnéticos - Leyes de conservación.
  - (b) Evolución del campo electromagnético: Ecuaciones de Maxwell en espacio-tiempo curvo - Ecuación de ondas del campo electromagnético.
  - (c) Magnetohidrodinámica cosmológica: La ley de Ohm - El límite de la magnetohidrodinámica ideal.
  - (d) Formación de estructuras y magnetismo: El régimen lineal del proceso de formación de estructuras en cosmologías magnetizadas - Aspectos del régimen no lineal en cosmologías magnetizadas.
3. Magnetogénesis en universos de Friedmann-Robertson-Walker (FRW).
  - (a) Los modelos cosmológicos de Friedmann: Dinámica del universo de FRW - Evolución del factor de escala en los modelos de FRW.
  - (b) Magnetogénesis temprana versus magnetogénesis tardía: El paradigma del dínamo galáctico - Introducción a la magnetogénesis posterior a recombinación (batería de Biermann, supernovas) - Introducción a la magnetogénesis anterior a recombinación (baterías tipo Biermann primordiales, helicidad magnética).
  - (c) Campos magnéticos producidos en inflación: Generación de escalas grandes - Distintos acoplamientos del campo electromagnético con la curvatura durante Inflación - Decaimiento adiabático - Campo magnético residual.
  - (d) Amplificación de campos magnéticos en universos de FRW: Amplificación super-adiabática.
4. Magnetogénesis en el Modelo Estándar de Partículas.
  - (a) Magnetogénesis durante la etapa de recalentamiento del Universo: Resonancia paramétrica - Corrientes eléctricas estocásticas - Perturbaciones métricas.



Universidad de Buenos Aires  
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Referencia Expediente. N° 503.318 /2014

Buenos Aires, 31 MAR 2014

VISTO:

la nota de fecha 10/02/2014 presentada por el Dr. Pablo Mininni, Director del Departamento de Física, en la que se eleva información y programa del curso de posgrado **CAMPOS MAGNETICOS, ASTROFISICOS Y COSMOLOGICOS**, que será dictado por los Dres. Alejandra Kandus, Esteban Calzetta y Daniel Gómez en el 2° cuatrimestre de 2014

CONSIDERANDO:

- lo actuado en la Comisión de Doctorado
- lo actuado en la Comisión de Enseñanza, Programas, Planes de Estudio y Posgrado,
- lo actuado por este cuerpo en Sesión Ordinaria realizada en el día de la fecha,
- en uso de las atribuciones que le confiere el Artículo N° 113 del Estatuto Universitario,

EL CONSEJO DIRECTIVO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
RESUELVE

Artículo 1°: Autorizar el dictado del curso de posgrado **CAMPOS MAGNETICOS, ASTROFISICOS Y COSMOLOGICOS** de 60 hs de duración.

Artículo 2°: Aprobar el programa del curso de posgrado **CAMPOS MAGNETICOS, ASTROFISICOS Y COSMOLOGICOS** obrante a fs 4 y 5 (anverso y reverso) del expediente de la referencia.

Artículo 3°: Aprobar un puntaje máximo de tres (3) puntos para la Carrera del Doctorado.

Artículo 4°: Aprobar un arancel de 20 módulos. Disponer que los montos recaudados sean utilizados conforme a lo dispuesto por Resolución CD N° 072/03.

Artículo 5°: Comuníquese a la Dirección del Departamento de Física, a la Biblioteca de la FCEN y a la Subsecretaría de Postgrado (con fotocopia del programa incluida fs 4 y 5 anverso y reverso).

Artículo 6°: Comuníquese a la Dirección de Alumnos (sin fotocopia del Programa). Cumplido, archívese.

RESOLUCION CD N°  
SP GA 10/03/2014

0531

Dra. MARIA ISABEL GASSMANN  
SECRETARIA ACADEMICA

Dr. JUAN CARLOS REBORADA  
DECANO