

**CARRERA DEL INVESTIGADOR CIENTÍFICO Y
TECNOLÓGICO**
Informe Científico¹

PERIODO ²: 2010-2012

Legajo N°:

1. DATOS PERSONALES

APELLIDO: Benvenuto

NOMBRES: Omar Gustavo

Dirección Particular: Calle: N°:

Localidad: Tolosa (La Plata) CP: 1900 Tel:

Dirección electrónica (donde desea recibir información): obenvenu@fcaglp.unlp.edu.ar

2. TEMA DE INVESTIGACION

Evolución Estelar (en particular en sistemas binarios)

Materia Utradensa en Astrofísica

3. DATOS RELATIVOS A INGRESO Y PROMOCIONES EN LA CARRERA

INGRESO: Categoría: Asistente Fecha: 1988

ACTUAL: Categoría: Principal desde fecha: 2007

4. INSTITUCION DONDE DESARROLLA LA TAREA

Universidad y/o Centro: Universidad Nacional de La Plata

Facultad: Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas

Departamento: Departamento de Fotometría Estelar

Cátedra: Interiores estelares

Otros: -----

Dirección: Calle: Paseo del Bosque N°: S/N

Localidad: La Plata CP: 1900 Tel: (0221) 423-6593

Cargo que ocupa: Profesor Titular con Dedicación Exclusiva

5. DIRECTOR DE TRABAJOS. (En el caso que corresponda)

Apellido y Nombres:

Dirección Particular: Calle: N°:

Localidad: CP: Tel:

Dirección electrónica:

¹ Art. 11; Inc. "e" ; Ley 9688 (Carrera del Investigador Científico y Tecnológico).

² El informe deberá referenciar a años calendarios completos. Ej.: en el año 2008 deberá informar sobre la actividad del período 1°-01-2006 al 31-12-2007, para las presentaciones bianuales.

.....
Firma del Director (si corresponde)

.....
Firma del Investigador

6. EXPOSICION SINTETICA DE LA LABOR DESARROLLADA EN EL PERIODO.

Debe exponerse, en no más de una página, la orientación impuesta a los trabajos, técnicas y métodos empleados, principales resultados obtenidos y dificultades encontradas en el plano científico y material. Si corresponde, explicita la importancia de sus trabajos con relación a los intereses de la Provincia.

Mis tareas han sido desarrolladas siguiendo los lineamientos del plan de trabajo inmediato anterior.

En este período hemos estudiado las propiedades de sistemas binarios de baja masa que evolucionan formando un par pulsar de milisegundo-enana blanca de helio, estudiando la dependencia de las características finales de estos sistemas con las propiedades del proceso de acreción de materia sobre el púlsar. Como resultado relevante, hallamos que la evolución de la estrella que transfiere masa (donora) es prácticamente independiente de las características de la acreción. Por el contrario, la masa y el período de rotación del púlsar son dependientes de la acreción pero los valores iniciales son desconocidos, por lo tanto la evolución de estos sistemas no permite inferir información sobre el proceso de acreción sobre el púlsar.

En relación al estudio de los sistemas planetarios, hemos estudiado el proceso de formación simultánea de planetas gigantes. Hemos construido modelos detallados de planetas que crecen en forma simultánea en un disco protoplanetario. Esta es la primera vez que se realiza esta clase de estudio, encontrando que existe una "interacción" entre ambos protoplanetas: El crecimiento de un planeta se consigue a expensas de quitar material que podría ser acretado por el otro planeta. Por lo tanto, la presencia simultánea de más de un planeta creciendo en un disco modifica en forma muy profunda el escenario de la inestabilidad del núcleo planetario, el cual es el más aceptado al presente.

Por otra parte hemos continuado desarrollando un código para calcular la curva de luz de las supernovas en general. Hemos aplicado este código al caso bien documentado de la SN 1999em en forma exitosa.

Además de estas tareas, gracias a la oportunidad que he tenido de visitar el Instituto para la Física y Matemática del Universo (Tokio, Japón) y colaborar con el Prof. Keinichi Nomoto y la Dra. Melina Bersten, he dedicado buena parte de mi esfuerzo en el desarrollo de un nuevo código de evolución estelar para sistemas binarios. Este código está basado en el esquema conocido como "Staggered Mesh" el cual tiene propiedades numéricas muy superiores a las que presentan los códigos evolutivos anteriormente desarrollados y utilizados por este investigador. Con este código he podido calcular la evolución de estrellas masivas siguiendo los procesos de quema de hidrógeno, helio, carbono, neón y oxígeno llegando a condiciones de pre-supernova. Seguramente esta colaboración será de una gran importancia para mis futuras tareas de investigación.

7. TRABAJOS DE INVESTIGACION REALIZADOS O PUBLICADOS EN ESTE PERIODO.

7.1 PUBLICACIONES. *Debe hacer referencia exclusivamente a aquellas publicaciones en las que haya hecho explícita mención de su calidad de Investigador de la CIC (Ver instructivo para la publicación de trabajos, comunicaciones, tesis, etc.). Toda publicación donde no figure dicha mención no debe ser adjuntada porque no será*

tomada en consideración. A cada publicación, asignarle un número e indicar el nombre de los autores en el mismo orden que figuran en ella, lugar donde fue publicada, volumen, página y año. A continuación, transcribir el resumen (abstract) tal como aparece en la publicación. La copia en papel de cada publicación se presentará por separado. Para cada publicación, el investigador deberá, además, aclarar el tipo o grado de participación que le cupo en el desarrollo del trabajo y, para aquellas en las que considere que ha hecho una contribución de importancia, deberá escribir una breve justificación.

1.- The evolution of low-mass, close binary systems with a neutron star component: a detailed grid

De Vito, M. A.; Benvenuto, O. G.

Monthly Notices of the Royal Astronomical Society, Online Early

Abstract: In close binary systems composed of a normal donor star and an accreting neutron star, the amount of material received by the accreting component is, so far, a real intrigue. In the literature, there are available models that link the accretion disc surrounding the neutron star with the amount of material it receives, but there is no model linking the amount of matter lost by the donor star to that falling on to the neutron star.

In this paper, we explore the evolutionary response of these close binary systems when we vary the amount of material accreted by the neutron star. We consider a parameter β which represents the fraction of material lost by the normal star that can be accreted by the neutron star. β is considered as constant throughout the evolution. We have computed the evolution of a set of models considering initial donor star masses M_{i}/M_{\odot} between 0.5 and 3.50, initial orbital periods P/d between 0.175 and 12, initial masses of neutron stars (M_{NS}/M_{\odot}) of 0.80, 1.00, 1.20 and 1.40 and several values of β . We assumed solar abundances. These systems evolve to ultracompact or to open binary systems, many of which form low-mass helium white dwarfs. We present a grid of calculations and analyse how these results are affected upon changes in the value of β . We find a weak dependence of the final donor star mass on β . In most cases, this is also true for the final orbital period. The most sensitive quantity is the final mass of the accreting neutron star. As we do not know the initial mass and rotation rate of the neutron star of any system, we find that performing evolutionary studies is not helpful for determining β .

Mi participación en este trabajo ha sido en calidad de colaborador.

2.- Simultaneous formation of Jupiter and Saturn

Guilera, Octavio M.; Brunini, Adrián; Benvenuto, Omar G.

The Astrophysics of Planetary Systems: Formation, Structure, and Dynamical Evolution, Proceedings of the International Astronomical Union, IAU Symposium, Volume 276, p. 428-429

Abstract

We calculate the simultaneous in situ formation of Jupiter and Saturn by the core instability mechanism considering the oligarchic growth regime for the accretion of

planetesimals. We consider a density distribution for the size of planetesimals and planetesimals migration. The planets are immersed in a realistic protoplanetary disk that evolves with time. We find that, within the classical model of solar nebula, the isolated formation of Jupiter and Saturn undergoes significant change when it occurs simultaneously.

Mi participación en este trabajo ha sido en calidad de colaborador.

3.- Simultaneous formation of solar system giant planets

Guilera, O. M.; Fortier, A.; Brunini, A.; Benvenuto, O. G.
EPSC-DPS Joint Meeting 2011, held 2-7 October 2011 in Nantes, France.
<http://meetings.copernicus.org/epsc-dps2011>, p.1819

Abstract

In the framework of the "Nice model" [1], we compute the formation of the solar system giant planets by concurrent accretion of solids and gas, and study the dependence of this process on the surface profile of the protoplanetary disk and the size distribution of the accreted planetesimals. We focus on the conditions that lead to the simultaneous formation of two massive cores, corresponding to Jupiter and Saturn, which should be able to reach the cross-over mass (where the mass of the envelope equals the mass of the core, and gaseous runaway starts), while two other cores should be able to grow up to Uranus and Neptune's current masses. We find that the simultaneous formation of the giant planets is favored by flat surface density profiles and by the accretion of relatively small planetesimals.

Mi participación en este trabajo ha sido en calidad de colaborador.

4.- Simultaneous formation of solar system giant planets

Guilera, O. M.; Fortier, A.; Brunini, A.; Benvenuto, O. G.

Astronomy & Astrophysics, Volume 532, id.A142

Abstract

Context. In the last few years, the so-called "Nice model" has become increasingly significant for studying the formation and evolution of the solar system. According to this model, the initial orbital configuration of the giant planets was much more compact than the one we observe today.
 Aims: We study the formation of the giant planets in connection with several parameters that describe the protoplanetary disk. We aim to establish which conditions enable their simultaneous formation in line with the initial configuration proposed by the Nice model. We focus on the conditions that lead to the simultaneous formation of two massive cores, corresponding to Jupiter and Saturn, which are able to reach the cross-over mass (where the mass of the envelope of the giant planet equals the mass of the core, and gaseous runaway starts), while two other cores that correspond to Uranus and Neptune have to be able to grow to their current masses.
 Methods: We compute the in situ planetary formation, employing the numerical code introduced in our previous work for different density profiles of the protoplanetary disk. Planetesimal migration is taken into account and planetesimals are considered to follow a size distribution between $r_{p\text{min}}$ (free parameter) and $r_{p\text{max}} = 100$ km. The core's growth is computed according to the

oligarchic growth regime.
 Results: The simultaneous formation of the giant planets was successfully completed for several initial conditions of the disk. We find that for protoplanetary disks characterized by a power law ($\Sigma \propto r^{-p}$), flat surface density profiles ($p \leq 1.5$) favor the simultaneous formation. However, for steep slopes ($p \geq 2$, as previously proposed by other authors) the simultaneous formation of the solar system giant planets is unlikely.
 Conclusions: The simultaneous formation of the giant planets - in the context of the Nice model - is favored by flat surface density profiles. The formation time-scale agrees with the estimates of disk lifetimes if a significant mass of the solids accreted by the planets is contained in planetesimals with radii < 1 km.

Mi participación en este trabajo ha sido en calidad de colaborador.

5.-Hydrodynamical Models of Type II Plateau Supernovae

Bersten, Melina C.; Benvenuto, Omar; Hamuy, Mario

The Astrophysical Journal, Volume 729, Issue 1, article id. 61 (2011).

Abstract

We present bolometric light curves of Type II plateau supernovae obtained using a newly developed, one-dimensional Lagrangian hydrodynamic code with flux-limited radiation diffusion. Using our code we calculate the bolometric light curve and photospheric velocities of SN 1999em, obtaining a remarkably good agreement with observations despite the simplifications used in our calculation. The physical parameters used in our calculation are $E = 1.25$ foe, $M = 19 M_{\text{sun}}$, $R = 800 R_{\text{sun}}$, and $M_{\text{Ni}} = 0.056 M_{\text{sun}}$. We find that an extensive mixing of ^{56}Ni is needed in order to reproduce a plateau as flat as that shown by the observations. We also study the possibility to fit the observations with lower values of the initial mass consistently with upper limits that have been inferred from pre-supernova imaging of SN 1999em in connection with stellar evolution models. We cannot find a set of physical parameters that reproduce well the observations for models with pre-supernova mass of $\leq 12 M_{\text{sun}}$, although models with $14 M_{\text{sun}}$ cannot be fully discarded.

Mi participación en este trabajo ha sido en calidad de colaborador.

6.- On the occurrence and detectability of Bose-Einstein condensation in helium white dwarfs

Benvenuto, O. G.; De Vito, M. A.

Journal of Cosmology and Astroparticle Physics, Issue 02, pp. 033 (2011).

Abstract

It has been recently proposed that helium white dwarfs may provide promising conditions for the occurrence of the Bose-Einstein condensation. The argument supporting this expectation is that in some conditions attained in the core of these objects, the typical De Broglie wavelength associated with helium nuclei is of the order of the mean distance between neighboring nuclei. In these conditions the system should depart from classical behavior showing quantum effects. As helium nuclei are bosons, they are expected to condense.

In order to explore the possibility of detecting the Bose-Einstein condensation in the evolution of helium white dwarfs we have computed a set of models for a variety of stellar masses and values of the condensation temperature. We do not perform a detailed treatment of the condensation process but mimic it by suppressing the nuclei contribution to the equation of state by applying an adequate function. As the cooling of white dwarfs depends on average properties of the whole stellar interior, this procedure should be suitable for exploring the departure of the cooling process from that predicted by the standard treatment.

We find that the Bose-Einstein condensation has noticeable, but not dramatic effects on the cooling process only for the most massive white dwarfs compatible with a helium dominated interior ($\approx 0.50M_{\odot}$) and very low luminosities (say, $\log(L/L_{\odot}) < -4.0$). These facts lead us to conclude that it seems extremely difficult to find observable signals of the Bose-Einstein condensation.

Recently, it has been suggested that the population of helium white dwarfs detected in the globular cluster NGC 6397 is a good candidate for detecting signals of the Bose-Einstein condensation. We find that these stars have masses too low and are too bright to have an already condensed interior.

Mi participación en este trabajo ha sido en calidad de colaborador.

7.-Consequences of the simultaneous formation of giant planets by the core accretion mechanism

Guilera, O. M.; Brunini, A.; Benvenuto, O. G.

Astronomy and Astrophysics, Volume 521, id.A50

Abstract

Context. The core accretion mechanism is presently the most widely accepted cause of the formation of giant planets. For simplicity, most models presently assume that the growth of planetary embryos occurs in isolation.
 Aims: We explore how the simultaneous growth of two embryos at the present locations of Jupiter and Saturn affects the outcome of planetary formation.
 Methods: We model planet formation on the basis of the core accretion scenario and include several key physical ingredients. We consider a protoplanetary gas disk that exponentially decays with time. For planetesimals, we allow for a distribution of sizes from 100 m to 100 km with most of the mass in the smaller objects. We include planetesimal migration as well as different profiles for the surface density Σ of the disk. The core growth is computed in the framework of the oligarchic growth regime and includes the viscous enhancement of the planetesimal capture cross-section. Planet migration is ignored.
 Results: By comparing calculations assuming formation of embryos in isolation to calculations with simultaneous embryo growth, we find that the growth of one embryo generally significantly affects the other. This occurs in spite of the feeding zones of each planet never overlapping. The results may be classified as a function of the gas surface density profile Σ : if $\Sigma \propto r^{-3/2}$ and the protoplanetary disk is rather massive, Jupiter's formation inhibits the growth of Saturn. If $\Sigma \propto r^{-1}$ isolated and simultaneous formation lead to very similar outcomes; in the the case of $\Sigma \propto r^{-1/2}$ Saturn grows faster and induces a density wave that later

accelerates the formation of Jupiter.
 Conclusions: Our results indicate that the simultaneous growth of several embryos impacts the final outcome and should be taken into account by planet formation models.

Mi participación en este trabajo ha sido en calidad de colaborador.

7.2 TRABAJOS EN PRENSA Y/O ACEPTADOS PARA SU PUBLICACIÓN. *Debe hacer referencia exclusivamente a aquellos trabajos en los que haya hecho explícita mención de su calidad de Investigador de la CIC (Ver instructivo para la publicación de trabajos, comunicaciones, tesis, etc.). Todo trabajo donde no figure dicha mención no debe ser adjuntado porque no será tomado en consideración. A cada trabajo, asignarle un número e indicar el nombre de los autores en el mismo orden en que figurarán en la publicación y el lugar donde será publicado. A continuación, transcribir el resumen (abstract) tal como aparecerá en la publicación. La versión completa de cada trabajo se presentará en papel, por separado, juntamente con la constancia de aceptación. En cada trabajo, el investigador deberá aclarar el tipo o grado de participación que le cupo en el desarrollo del mismo y, para aquellos en los que considere que ha hecho una contribución de importancia, deberá escribir una breve justificación.*

No consigna

7.3 TRABAJOS ENVIADOS Y AUN NO ACEPTADOS PARA SU PUBLICACION. *Incluir un resumen de no más de 200 palabras de cada trabajo, indicando el lugar al que han sido enviados. Adjuntar copia de los manuscritos.*

No consigna

7.4 TRABAJOS TERMINADOS Y AUN NO ENVIADOS PARA SU PUBLICACION. *Incluir un resumen de no más de 200 palabras de cada trabajo.*

No consigna

7.5 COMUNICACIONES. *Incluir únicamente un listado y acompañar copia en papel de cada una. (No consignar los trabajos anotados en los subtítulos anteriores).*

No consigna

7.6 INFORMES Y MEMORIAS TECNICAS. *Incluir un listado y acompañar copia en papel de cada uno o referencia de la labor y del lugar de consulta cuando corresponda.*

No consigna

8. TRABAJOS DE DESARROLLO DE TECNOLOGÍAS.

8.1 DESARROLLOS TECNOLÓGICOS. *Describir la naturaleza de la innovación o mejora alcanzada, si se trata de una innovación a nivel regional, nacional o internacional, con qué financiamiento se ha realizado, su utilización potencial o actual por parte de empresas u otras entidades, incidencia en el mercado y niveles de facturación del respectivo producto o servicio y toda otra información conducente a demostrar la relevancia de la tecnología desarrollada.*

No corresponde a mi plan de actividades

8.2 PATENTES O EQUIVALENTES. *Indicar los datos del registro, si han sido vendidos o licenciados los derechos y todo otro dato que permita evaluar su relevancia.*

No corresponde a mi plan de actividades

8.3 PROYECTOS POTENCIALMENTE TRANSFERIBLES, NO CONCLUIDOS Y QUE ESTAN EN DESARROLLO. *Describir objetivos perseguidos, breve reseña de la labor realizada y grado de avance. Detallar instituciones, empresas y/o organismos solicitantes.*

No corresponde a mi plan de actividades

8.4 OTRAS ACTIVIDADES TECNOLÓGICAS CUYOS RESULTADOS NO SEAN PUBLICABLES *(desarrollo de equipamientos, montajes de laboratorios, etc.).*

No corresponde a mi plan de actividades

8.5 Sugiera nombres (e informe las direcciones) de las personas de la actividad privada y/o pública que conocen su trabajo y que pueden opinar sobre la relevancia y el impacto económico y/o social de la/s tecnología/s desarrollada/s.

9. SERVICIOS TECNOLÓGICOS. Indicar qué tipo de servicios ha realizado, el grado de complejidad de los mismos, qué porcentaje aproximado de su tiempo le demandan y los montos de facturación.

No corresponde a mi plan de actividades

10. PUBLICACIONES Y DESARROLLOS EN:

10.1 DOCENCIA

No consigna

10.2 DIVULGACIÓN

No consigna

11. DIRECCION DE BECARIOS Y/O INVESTIGADORES. Indicar nombres de los dirigidos, Instituciones de dependencia, temas de investigación y períodos.

Director de la Investigadora Asistente del CONICET, Dra. María Alejandra De Vito (durante todo el período del informe)

Co-Director de la Beca de Iniciación del CONICET del Lic. Octavio Guilera (desde el principio del período correspondiente a este informe hasta marzo del 2011)

12. DIRECCION DE TESIS. Indicar nombres de los dirigidos y temas desarrollados y aclarar si las tesis son de maestría o de doctorado y si están en ejecución o han sido defendidas; en este último caso citar fecha.

No consigna

13. PARTICIPACION EN REUNIONES CIENTIFICAS. Indicar la denominación, lugar y fecha de realización, tipo de participación que le cupo, títulos de los trabajos o comunicaciones presentadas y autores de los mismos.

No consigna

14. CURSOS DE PERFECCIONAMIENTO, VIAJES DE ESTUDIO, ETC. Señalar características del curso o motivo del viaje, período, instituciones visitadas, etc.

Visita al IPMU (Institute for the Physics and Mathematics of the Universe) de la Universidad de Tokio (Japón) desde el 20/11 al 10/12 del año 2011. Mi viaje tuvo como objetivo iniciar y establecer una colaboración con el grupo de supernovas del IPMU dirigido por el Prof. Keinichi Nomoto.

15. SUBSIDIOS RECIBIDOS EN EL PERIODO. Indicar institución otorgante, fines de los mismos y montos recibidos.

He recibido el subsidio anual automático de la CIC para sus investigadores.

16. OTRAS FUENTES DE FINANCIAMIENTO. Describir la naturaleza de los contratos con empresas y/o organismos públicos.

Soy miembro del Instituto de Astrofísica de La Plata (IALP-CCT-CONICET) y tengo acceso a los fondos del mismo.

Tengo participación en un PIP-CONICET dirigido por el Prof. Juan Carlos Forte.

17. DISTINCIONES O PREMIOS OBTENIDOS EN EL PERIODO.

No consigna

18. ACTUACION EN ORGANISMOS DE PLANEAMIENTO, PROMOCION O EJECUCION CIENTIFICA Y TECNOLÓGICA. *Indicar las principales gestiones realizadas durante el período y porcentaje aproximado de su tiempo que ha utilizado.*

Miembro del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas UNLP durante todo el período del este informe

19. TAREAS DOCENTES DESARROLLADAS EN EL PERIODO. *Indicar el porcentaje aproximado de su tiempo que le han demandado.*

Dictado de la asignatura de grado

"Interiores estelares" durante ambos semestres del año 2010 y durante el primer semestre del año 2011

Dictado de la asignatura de grado

"Mecánica Cuántica" durante los segundos semestres de los años 2010 y 2011

Todos estos cursos fueron dictados en la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas UNLP

20. OTROS ELEMENTOS DE JUICIO NO CONTEMPLADOS EN LOS TITULOS ANTERIORES. *Bajo este punto se indicará todo lo que se considere de interés para la evaluación de la tarea cumplida en el período.*

No consigna

21. TITULO Y PLAN DE TRABAJO A REALIZAR EN EL PROXIMO PERIODO. *Desarrollar en no más de 3 páginas. Si corresponde, explicité la importancia de sus trabajos con relación a los intereses de la Provincia.*

Evolución estelar en sistemas binarios masivos y formación de materia de quarks en estrellas de neutrones

En el próximo período de investigación es mi intención continuar con mis líneas de investigación en el estudio de la evolución estelar en sistemas binarios y las propiedades y consecuencias de la ocurrencia de fases exóticas de la materia ultradensa en Astrofísica.

A finales del año 2011 he tenido la oportunidad de visitar el IPMU (Tokio) y colaborar con el Prof. Keinichi Nomoto, quien me ha dado información clave en el desarrollo de códigos numéricos para el estudio de la evolución estelar. He desarrollado un código estelar completamente independiente al que escribiera hace más de dos décadas. Este nuevo código es capaz de calcular todas las fases de actividad nuclear de las estrellas masivas (quemadas de hidrógeno, helio, carbono, neón, oxígeno y silicio) mientras que el anterior apenas podía llegar a simular la combustión del helio. Esto representaba una limitación fundamental para estudiar estrellas masivas (aún así, dicho programa resulta útil para el estudio de estrellas de baja masa). Este nuevo código resulta numéricamente estable para calcular la estructura de pre-supernovas inclusive en el caso de que estas estrellas se encuentren transfiriendo masa a una estrella secundaria. Este programa será una de mis herramientas fundamentales de trabajo en el futuro inmediato.

Al presente, este programa contiene una descripción muy simplificada de los procesos nucleares avanzados (más allá de la quema del helio). Esta descripción es suficiente para el estudio de la estructura estelar pero resulta claramente insuficiente para estudios de nucleosíntesis estelar. Por este motivo, una de nuestras primeras tareas será la de incorporar la descripción de estos procesos nucleares de forma consistente con los procesos de mezcla que tienen lugar en el interior estelar. Cabe destacar que este trabajo es de considerable envergadura. Se debe incluir centenares de reacciones nucleares relevantes, las cuales son responsables de liberación de energía y la modificación de las abundancias isotópicas. Además, las ecuaciones diferenciales que describen la evolución de las abundancias isotópicas tienen escalas de tiempo muy dispares (algunos isótopos se consumen muy rápido mientras que otros lo hacen mucho más lentamente), lo cual se conoce como ecuaciones diferenciales "duras" (del inglés "stiff"). Estas ecuaciones se deben resolver a través de métodos numéricos especialmente diseñados a tales propósitos, ya que los métodos tradicionales (por ejemplo, el método conocido como Runge-Kutta) son inestables y las soluciones que proveen no tienen utilidad alguna.

Otro proceso de gran importancia que tenemos la intención de incluir en nuestro futuro trabajo es el de la rotación estelar. Una de las hipótesis iniciales hechas en la inmensa mayoría de los cálculos de evolución estelar es que los modelos no presentan rotación. Es bien sabido que la rotación es importante en las estrellas masivas que son las progenitoras de las supernovas de colapso gravitatorio (supernovas de tipo II, Ib y Ic). Intuitivamente podemos imaginar que la rotación modifica la forma superficial de las estrellas haciendo que tengan una superficie similar a la de un elipsoide oblatado. Sin embargo, este no parece ser el principal efecto de la rotación estelar. Los cálculos disponibles en la literatura indican que la rotación modifica los procesos de mezcla en el interior estelar, y por lo tanto también modifican la actividad nuclear que allí ocurre. Por tal motivo, con el objetivo de poder explicar las características de las estrellas progenitoras de supernovas, vamos a incluir los procesos debidos a la rotación incluyendo la teoría presentada por J. P. Zahn (Astronomy and Astrophysics 265, 115-132, 1992) en nuestro código.

Cabe aquí destacar que los procesos de rotación podrían ser relevantes en la evolución de estrellas que dan lugar a la explosión de supernovas de tipo Ic (que no tienen hidrógeno ni helio en su superficie). En el marco de la evolución de estrellas no rotantes en sistemas binarios resulta difícil explicar la ocurrencia de estrellas que hayan perdido estos elementos, aunque si es posible explicar la ocurrencia de objetos sin hidrógeno (supernovas tipo Ib). Resulta de gran interés explorar la posibilidad de que la mezcla extendida, inducida por la rotación, sea capaz de favorecer la quema de helio

extendida, dando lugar a la ocurrencia de supernovas de tipo Ic. Este tipo de supernovas además resulta muy interesante ya que se observan asociados con eventos de emisión de rayos gama.

Mi otro proyecto para este período de trabajo está asociado con el cálculo de la emisión de neutrinos durante la formación de una estrella de neutrones, en especial la señal debida a una posible transición de fase de materia nuclear a materia de quarks extraña. Este cálculo está pensado en relación a la posible observación de estas señales, provenientes de futuras supernovas de colapso gravitatorio, en el detector de neutrinos conocido como Super-Kamiokande (Japón), el cual he tenido la posibilidad de visitar recientemente.

Es bien sabido que los neutrinos tienen un camino libre medio muchísimo más grande que el de los fotones (radiación electromagnética). Por lo tanto, la radiación de neutrinos lleva información directa de las capas más profundas de la explosión de supernovas de colapso gravitatorio y la simultánea formación de estrellas de neutrones. Entonces, la radiación de neutrinos es la más prometedora para observar señales de este tipo de proceso de altas energías.

Ras razones básicas para esperar la emisión de neutrinos debidos a una transición de fase a materia de quarks se encuentran relacionadas con las diferencias en las abundancia por barión de cada uno de los quarks (u, d, y s) en las fases confinada y desconfinada. En equilibrio termodinámico la materia de quarks prefiere un contenido de quarks extraños por barión mucho mas alto que en la fase desconfinada, los cuales se forman a través de decaimientos débiles. Estos decaimientos conservan número leptónico, y por lo tanto emiten neutrinos. Estos neutrinos deberían difundirse a través de las capas externas de la proto-estrella de neutrones y finalmente ser emitidos al espacio. Esta sería la radiación detectable.

Para modelar cuantitativamente este proceso vamos a adaptar nuestro código de evolución estelar al caso de objetos relativistas (lo cual en buena medida ya ha sido realizado) e incluir una física suficientemente detallada (emisividad de neutrinos y opacidad de materia, ecuaciones de estado de materia nuclear y de materia de quarks, etc.).

La predicción de esta clase señales debería ser útil para interpretar futuras detecciones. Cabe aquí citar que seguramente las supernovas representan un lugar con condiciones mucho mas propicias para la formación de materia de quarks que los aceleradores de partículas existentes en nuestro planeta. Una protoestrella de neutrones dispone de muchísimo mas tiempo para sufrir este proceso que los pico-pico segundos que dura una colisión en un acelerador.

Condiciones de la presentación:

- A. El Informe Científico deberá presentarse dentro de una carpeta, con la documentación abrochada y en cuyo rótulo figure el Apellido y Nombre del Investigador, la que deberá incluir:
 - a. Una copia en papel A-4 (puntos 1 al 21).
 - b. Las copias de publicaciones y toda otra documentación respaldatoria, en otra carpeta o caja, en cuyo rótulo se consignará el apellido y nombres del investigador y la leyenda "Informe Científico Período"

-
- c. Informe del Director de tareas (en los casos que corresponda), en sobre cerrado.
- B. Envío por correo electrónico:
- a. Se deberá remitir por correo electrónico a la siguiente dirección: ininvest@cic.gba.gov.ar (puntos 1 al 21), en formato .doc zipeado, configurado para papel A-4 y libre de virus.
 - b. En el mismo correo electrónico referido en el punto a), se deberá incluir como un segundo documento un currículum resumido (no más de dos páginas A4), consignando apellido y nombres, disciplina de investigación, trabajos publicados en el período informado (con las direcciones de Internet de las respectivas revistas) y un resumen del proyecto de investigación en no más de 250 palabras, incluyendo palabras clave.

Nota: El Investigador que desee ser considerado a los fines de una promoción, deberá solicitarlo en el formulario correspondiente, en los períodos que se establezcan en los cronogramas anuales.