

## Plan de trabajo

C.O.Dorso – Sabatico semestral 2018

A partir del año 2012, en el marco del grupo LAFEC (que dirijo) continuamos nuestra larga trayectoria en el campo de la física nuclear, pero interesándonos en el estudio de diversas propiedades de la corteza de las Estrellas de Neutrones. Nuestro objetivo es investigar la dependencia en el grado de libertad de isospín de la ecuación de estado (EOS) de la Materia Nuclear (NM) y las consecuencias en el comportamiento de la materia de Estrellas de Neutrones (NS) en la corteza (crust). Las colisiones nucleares a energías entorno de la de Fermi dan lugar a la fragmentación de los participantes y permiten tener información del comportamiento de la materia nuclear bajo condiciones extremas de densidad y temperatura.

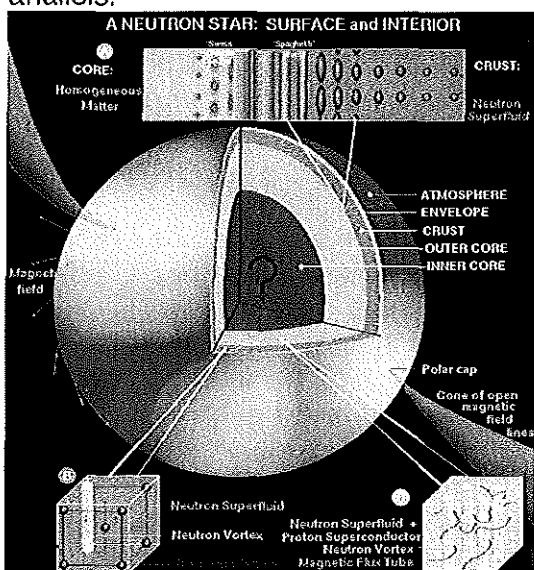
Recientes desarrollos experimentales permiten extender estos estudios a núcleos muy ricos en neutrones permitiendo entonces estudiar el rol del grado de libertad de isospín en núcleos lejos del valle de estabilidad.

En siglo XX se desarrollo el estudio del núcleo atómico. Es aceptado que los núcleos atómicos se comportan como gotas líquidas y que por lo tanto sobrellevan procesos termodinámicos propios de los fluidos exhibiendo, por ejemplo, compresión y calentamiento [Gus84], transiciones de fase de primer orden [Poc95], comportamiento crítico [Gil94] y otros.

El punto inicial de una formulación fenomenológica de la EOS nuclear es la parametrización de Weissacker para la energía de unión de los núcleos estables:

$$E = -C_{Vol} A + C_{Sur} A^{2/3} + C_{Coul} Z^2 A^{-1/3} + C_{Sym} (A - 2Z)^2 / A + \lambda C_{Pair}$$

Esta forma no tiene información de dependencias en la temperatura o la densidad. En particular el término , que representa la energía de simetría asociada a la diferencia entre el número de protones y neutrones, es motivo de profundos análisis.

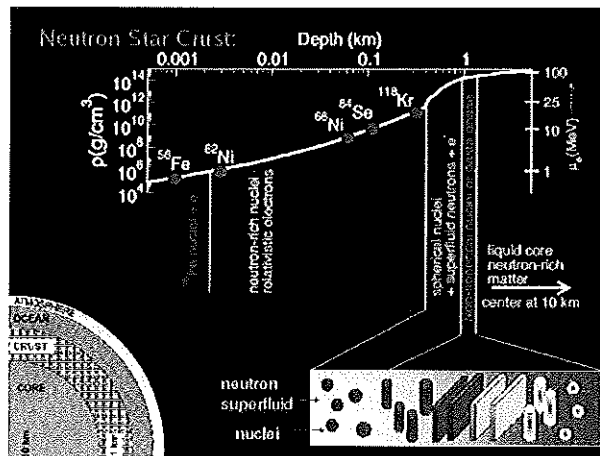


*[Handwritten signature]*

En este contexto nuestro objetivo es determinar las propiedades Termodinámicas y dinámicas de la Materia Nuclear infinita (Sistema neutro compuesto por Neutrones y protones sin potencial de coulomb) y de la materia de Estrellas de Neutrones (materia nuclear en la que los protones interactúan por coulomb pero que es neutra eléctricamente por la presencia de electrones) en condiciones de densidad y temperatura propios de la corteza (crust) de las estrellas de neutrones. En particular la dependencia de la "Pasta nuclear" (ver figura) en NS de la EOS (. Por otro lado, evidencias recientes sugieren la presencia de estructuras antecesoras de la Pasta Nuclear en NM. Finalmente intentaremos ligar estos resultados a la información asociada a la que se puedan obtener a partir de los resultados experimentales de colisiones entre isotopos raros a partir de la puesta en funcionamiento del acelerador FRIB (Facility for Rare Isotopes Beam) en construcción MSU)

[Gus84] H.A. Gustafsson et al., Phys.Rev Lett 52, 1590 (1984); [Poc95] J. Pochadzalla et al., Phys.Rev.Lett. 75, 1040 (1995); [Gil94] M.L. Gilkes et al., Phys. Rev. Lett. 73, 1590 (1994).

En breve decimos que usaremos el modelo clásico de dinámica molecular (CMD-Classical Molecular Dynamics) para estudiar los efectos de isospín en la NEoS



Nuestro objeto de estudio serán la NM y la NSM a partir de densidades de sub saturación. Las NS tienen un radio del orden de 10Km y la corteza ocupa aproximadamente los 2km más externos (50%) de la masa. Se supone que en la región de la corteza se produce el fenómeno llamado "Pasta Nuclear". Es decir para densidades bajas el sistema deja de ser homogéneo y aparecen heterogeneidades que han sido catalogadas como "lasagnas, spaghettis y gnocchis", (ver figura) Estas estructuras determinan la opacidad de la corteza ante el flujo de neutrinos que son los responsables del enfriamiento de la NS.



Este es un fenómeno regido por la energía de simetría del sistema. Este término incide además en la determinación del umbral de aparición del fenómeno de URCA inverso.

Continuaremos usando el modelo CMD (Classical Molecular Dynamics) con diversos juegos de parámetros con diferentes valores de la compresibilidad y del término de energía de simetría. De este modo podremos estudiar las propiedades dinámicas y termodinámicas de estos sistemas, de la formación de estas fases, de sus propiedades topológicas y morfológicas. De la evolución de las mismas con la temperatura. Del efecto de diversas condiciones de contorno, etc.

En un trabajo reciente hemos encontrado evidencia de la existencia de estructuras de este tipo para sistemas sin Culomb a las que hemos denominado "pastas falsas". En este momento se cuentan con dos parametrizaciones que permiten explorar dos valores de la energía de simetría (Medium y Stiff) y hemos generado un nuevo potencial con compresibilidad medium pero que reproduce mas apropiadamente la energías de unión de los nucleos.

Hemos realizado los siguientes trabajos con CMD

- "Topological characterization of neutron stars crust"  
C.O.Dorso P.Gimenez Molinelli, & J.lopez PRC 86, 055805 (2012)  
*Seleccionado para Physics (APS spotlighting exceptional research) synopses 2012*  
*Physical Review C editor suggestion*
- "Simulations of cold nuclear matter at sub-saturation densities"  
P. A. Gimenez Molinelli, J. I. Nichols, J Lopez & C.O.Dorso Nucl.Phys.A 923(2014) 31-50
- "Effect of Coulomb screening length on nuclear ``pasta" simulations"  
P. N. Alcain, P. A. Gimenez Molinelli, J. I. Nichols, & C.O.Dorso Phys Rev C 89 (2014) 055801
- "Finite size effects in Neutron Star and Nuclear matter simulations"  
P. A. Gimenez Molinelli & C.O.Dorso Nucl.Phys.A 933(2015)306-3024
- "The neutrino opacity in neutron rich matter"  
PN Alcain, CO Dorso  
Nuclear Physics A 961, 183-199 (2017)
- "Dynamics of Fragment Formation in Neutron Rich Matter"  
P Alcain, C Dorso  
arXiv preprint arXiv:1705.11084
- "Fragmentation of Neutron Star Matter 2017"  
PN Alcain, CO Dorso  
Nuclear Particle Correlations and Cluster Physics, 155

En este marco, durante las visitas a realizar en el sabático pretendemos:

Estudiaremos las propiedades morfológicas, topológicas y termodinámicas de sistemas infinitos de Materia de Estrellas de Neutrones (NSM) y Materia Nuclear (NM)

Estudiaremos este problema en colaboración con el Prof. Dr. J.Lopez (visita a Texas at El Paso Univ) utilizando el modelo CMD (Classical molecular Dynamics) y El modelo QCNM Quasi Classical Nuclear Model . Este ultimo incorpora el Potencial de Pauli desarrollado por C.O.Dorso y J.Randrup.



En NSM se considera que el sistema es neutro, pero por la presencia de electrones y por lo tanto Coulomb protónico puede considerarse que tiene un cut-off exponencial debido al apantallamiento (Debye)

Estudiaremos la curva calórica de estos sistemas (NM y NSM) para determinar la regiones en las que se producen la transformación de fase topológica (cambio de pendiente) y la termodinámica de primer orden (saltos). Desarrollaremos indicadores de apartamiento de la homogeneidad y aplicaremos el análisis según los coeficientes de Minkowski.

Estudiaremos la dependencia de la Energía de Simetría en la presencia de la pasta nuclear (para NM y NSM)

Desarrollaremos asimismo la metodología para calcular el coeficiente de difusión para sistemas infinitos con inhomogeneidades en el grado de isospin. Los resultados serán comparados con el análisis de simulaciones de colisiones nucleares entre núcleos altamente asimétricos para obtener estimaciones aplicables a los futuros experimentos con haces radioactivos en facilidades experimentales como el FRIB.

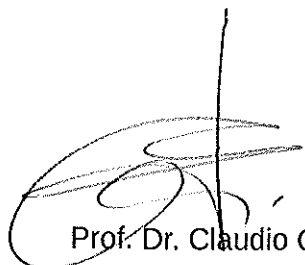
En estos estudios colaborara el Dr. G. Frank.

Visitare asimismo la Universidad de Texas A&M a fin de interactuar con la Prof. Serry Yenello y el investigador A.McIntosh. En este caso estudiaremos el efecto de la dinámica colisional en el calculo de la evolución de la equilibramiento del grado de libertad de isospin en colisiones nucleares a energías baja e intermedias

-Characterizing Neutron-Proton Equilibration in Nuclear Reactions with subzeptosend resolution  
A.Jedele et.al PRL 118 (2017)062501

-Detailed characterization of Neutron-Proton equilibration in dynamically deformed nuclear systems  
A. Rodríguez Manso et.al. PRC95(2017) 044604

Se participara del congreso : International Workshop on Multi facets of Eos and Clustering IWM-EC 2018. a realizarse en el INFN-Catania-Italia y se aprovechara para realizar una estadia corta interactuando con el grupo de Astrofísica nuclear del INFN.



Prof. Dr. Claudio O. Dorso



UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
EXPEDIENTE N° 504.722

Buenos Aires, 18 DIC 2017

VISTO la nota del Dr. Claudio Oscar DORSO por la cual solicita autorización para hacer uso de medio Año Sabático;

CONSIDERANDO:

el Currículum Vitae y el Plan de Trabajo presentado por el Dr. DORSO;  
la elevación del Departamento de Física que corre a foja 56 del presente expediente;  
lo establecido en el artículo 50° del Estatuto de la Universidad de Buenos Aires y en la Resolución CS N° 4518/93;  
lo aconsejado por las Comisiones de Enseñanza, Programas y Planes de Estudio;  
lo actuado por este Cuerpo en su sesión de la fecha;  
en uso de las atribuciones que le confiere el Art. 113° del Estatuto Universitario;

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

RESUELVE:

ARTÍCULO 1°.- Solicitar al Consejo Superior de la Universidad de Buenos Aires autorice al Dr. Claudio Oscar DORSO (Leg. 60.168), Profesor Regular Titular con dedicación exclusiva (SC. 93), del Departamento de Física de esta Facultad, a hacer uso de medio Año Sabático, entre el 1° de febrero del 2018 y el 15 de agosto de 2018 (Fuente de Financiamiento 11-Tesoro Nacional-Inciso 1-Gastos en Personal, Principal 1-1, Personal Permanente).

ARTÍCULO 2°.- Notificar al Dr. DORSO que deberá presentar por escrito informes de su labor, en los términos y plazos establecidos en el artículo 12° de la Resolución CS N° 4518/93.

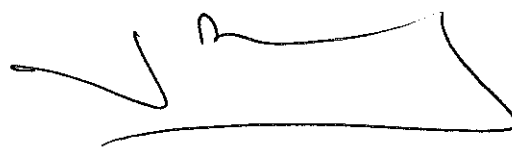
ARTÍCULO 3°.- Notifíquese al interesado, comuníquese al Departamento de Física y a la Dirección de Personal, elévese a la Universidad de Buenos Aires y cumplido, archívese.

RESOLUCIÓN CD N°: 3040

mci

Unanimidad. 15 votos afirmativos.

  
Dr. JORGE ZILBER  
SECRETARIO ACADEMICO ADJUNTO

  
Dr. JUAN CARLOS REBOREDA  
DECANO