

**CARRERA DEL INVESTIGADOR CIENTÍFICO Y  
TECNOLÓGICO**  
**Informe Científico<sup>1</sup>**

**PERIODO <sup>2</sup>: 2013-2014**

Legajo N°:

**1. DATOS PERSONALES**

*APELLIDO: SCHAPOSNIK*

*NOMBRES: FIDEL ARTURO*

*Dirección Particular: Calle: N°:*

*Localidad: LA PLATA CP: 1900 Tel:*

*Dirección electrónica (donde desea recibir información): fidel@fisica.unlp.edu.ar*

**2. TEMA DE INVESTIGACION**

*Teoría de Campos y partículas. Aplicaciones a Mecánica Estadística y Materia condensada*

**3. DATOS RELATIVOS A INGRESO Y PROMOCIONES EN LA CARRERA**

*INGRESO: Categoría: Independiente Fecha: 1/9/1978*

*ACTUAL: Categoría: Superior desde fecha: 1/7/1995*

**4. INSTITUCION DONDE DESARROLLA LA TAREA**

*Universidad y/o Centro: UNLP*

*Facultad: Ciencias Exactas*

*Departamento: de Física*

*Cátedra:*

*Otros:*

*Dirección: Calle: 49 y 115 N°:*

*Localidad: La Plata CP: 1900 Tel: 4839061*

*Cargo que ocupa: Profesor Titular*

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

*Apellido y Nombres:*

*Dirección Particular: Calle: N°:*

*Localidad: CP: Tel:*

*Dirección electrónica:*

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

<sup>2</sup> 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.*

Durante el período cubierto por este informe, en colaboración con estudiantes graduados y colegas del grupo que dirijo en la Universidad de La Plata y también del exterior, desarrollé una serie de trabajos centrados en el estudio de teorías campos y partículas que están en la base de la unificación de todas las interacciones conocidas en la Naturaleza. Se trata, por ello, de un tema central en la comprensión de las leyes de nuestro Universo y que por ello es promovido en los principales centros de investigación científica y tecnológica del mundo como son por ejemplo el Massachusetts Institute of Technology o el Institute for Advanced Study de Princeton, USA.

A continuación resumiré los principales logros de cada uno de los trabajos realizados en el período utilizando para referirme a ellos la numeración de la lista de publicaciones del punto 7.1

En los trabajos 1 y 2 se estudian teorías del tipo "Lifshitz" en las que el sistema tiene propiedades diferentes frente a cambios de escala de espacio y de tiempo. Estas teorías son relevantes tanto para el estudio de transiciones de fase en sistemas de interés en la física de la materia condensada como también en el campo de teorías gravitatorias con posibilidades de una formulación cuántica. En el trabajo 1 construimos soluciones del tipo vórtice para un modelo de Chern-Simons-Higgs y las relacionamos con las fases de sistemas condensados Lifshitz y en el trabajo 2, basados en la conjetura de Maldacena de una teoría Lifshitz de Yang-Mills-Higgs, analizamos comportamientos críticos en la frontera holográfica

En los trabajos 3 y 4 discutimos dualidades entre teorías bosónicas y fermiónicas en dos dimensiones espaciales relevantes tanto en modelos gravitatorios como en física de materia condensada planar.

En el trabajo 5 obtenemos fórmulas de bosonización en dos dimensiones de espacio tiempo para sistemas fuera del equilibrio

El trabajo 6 discute soluciones de teorías con un sector visible y otro llamado "escondido", de interés para estudios cosmológicos de materia oscura y cuerdas cósmicas. Las soluciones topológicas que encontramos corresponden a vórtices con flujos magnéticos cuantificados por lo que también pueden relacionarse con los que aparecen en modelos fenomenológicos de superconductividad del tipo Ginzburg-Landau.

Finalmente el trabajo [7] presenta una prueba matemáticamente rigurosa de la existencia de soluciones tipo vórtice magnético con carga eléctrica en teorías no-abelianas con dinámica de Chern-Simons.

## 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] Gauged Lifshitz model with Chern-Simons term.

International Journal of Modern Physics A28 (2013) 1350025

G. Lozano, F.A. Schaposnik, G.Tallarita.

Abstract: We present a gauged Lifshitz Lagrangian including second and forth order spatial derivatives of the scalar field and a Chern-Simons term, and study non-trivial solutions of the classical equations of motion. While the coefficient beta of the forth order term should be positive in order to guarantee positivity of the energy, the coefficient alpha of the quadratic one need not be. We investigate the parameter domains finding significant differences in the field behaviors. Apart from the usual vortex field behavior of the ordinary relativistic Chern-Simons-Higgs model, we find in certain parameter domains oscillatory solutions reminiscent of the modulated phases of Lifshitz systems.

[2] Lifshitz holography with a probe Yang-Mills field.

Physics Letters B720 (2013) 393

F. A. Schaposnik, G. Tallarita.

Abstract: Taking as a probe an SU(2) gauge field with Yang-Mills action in a 3+1 dimensional Lifshitz black hole background, we use the gauge/gravity correspondence to discuss finite temperature effects in the dual theory defined on the boundary. In order to test the dependence of results on the anisotropic scaling exponent  $z$  we consider two analytical black hole solutions with  $z=2$  and  $z=4$ . Apart from solving the equations of motion in the bulk using a numerical approach, we also apply an analytical approximation allowing the determination of the phase transition character, the critical exponent and the critical temperature behavior as a function of  $z$ .

[3] Dualities and bosonization of massless fermions in 3-dimensional space-time.

Physical Review D88 (2013) 025033

E. Moreno, F. A. Schaposnik.

Abstract: We study the bosonization of massless fermions in three-dimensional space-time. Using the path-integral approach as well as the operator formalism, we investigate new duality relations between fermionic and bosonic theories. In particular, we show that a theory of massless fermions is dual, within a quadratic approximation in the fields, to three different but equivalent bosonic theories: a nonlocal Maxwell-Chern-Simons-type theory, a nonlocal self-dual-type vector

theory, and a local free massless bosonic theory. The equivalence is proven at the level of current correlation functions and current algebra analysis.

- [4] Bosonization of fermions coupled to topologically massive gravity.  
Physics Letters B730 (2014) 284 (2014)  
E. Fradkin, E. Moreno, F.A. Schaposnik.

Abstract: We establish a duality between massive fermions coupled to topologically massive gravity (TGM) in  $d=3$  space-time dimensions and a purely gravity theory which also will turn out to be a TGM theory but with different parameters: the original graviton mass in the TGM theory coupled to fermions picks-up a contribution from fermion bosonization. We obtain explicit bosonization rules for the fermionic currents and for the energy-momentum-tensor showing that the identifications do not depend explicitly on the parameters of the theory. These results are the gravitational analog of the results for 2+1 Abelian and non-Abelian bosonization in flat space-time.

- [5] Duality and bosonization in Schwinger-Keldysh formulation.  
Journal of Statistical mechanics 1409 (2014) 9, P09034  
R. E. Gamboa Sarav, C. M. Naón, F. A. Schaposnik.

Abstract. We present a path-integral bosonization approach for systems out of equilibrium based on a duality transformation of the original Dirac fermion theory combined with the Schwinger–Keldysh time closed contour technique, to handle the non-equilibrium situation. The duality approach to bosonization that we present is valid for  $D=2$  space–time dimensions leading for  $D = 2$  to exact results. In this last case we present the bosonization rules for fermion currents, calculate current–current correlation functions and establish the connection between the fermionic and bosonic distribution functions in a generic, nonequilibrium situation.

- [6] Vortex solutions of an Abelian Higgs model with visible and hidden sectors  
Paola Arias, Fidel A. Schaposnik  
Journal of High Energy Physics 12 (2014) 011

Abstract: We study vortex solutions in a theory with dynamics governed by two weakly coupled Abelian Higgs models, describing a hidden sector and a visible sector. We analyze the radial dependence of the axially symmetric solutions constructed numerically and discuss the stability of vortex configurations for different values of the model parameters, studying in detail vortex decay into lower energy configurations. We find that even in a weak coupling regime vortex solutions strongly depend on the parameters of both the visible and hidden sectors. We also discuss on qualitative grounds possible implications of the existence of a hidden sector in connection with superconductivity and dark matter (dark strings).

- [7] Existence theorems for non-Abelian Chern–Simons–Higgs vortices with flavor  
Shouxin Chen, Xiaosen Hana, Gustavo Lozano, Fidel A. Schaposnik  
Journal of Differential Equations 259 (2015) 2458 (sometido en 2014)

Abstract: In this paper we establish the existence of vortex solutions for a Chern–Simons–Higgs model with gauge group  $SU(N) \times U(1)$  and flavor  $SU(N)$ . These symmetries ensure the existence of genuine non-Abelian vortices through a color–flavor locking. Under a suitable ansatz we reduce the problem to a 2 × 2 system of nonlinear elliptic equations with exponential terms. We study this system over the

full plane and over a doubly periodic domain, respectively. For the planar case we use a variational argument to establish the existence result and derive the decay estimates of the solutions. Over the doubly periodic domain we show that the system admits at least two gauge-distinct solutions carrying the same physical energy by using a constrained minimization approach and the mountain-pass theorem. In both cases we get the quantized vortex magnetic fluxes and electric charges

**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.*

**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.*

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

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

**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.*

## **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.*

**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.*

**8.3 PROYECTOS POTENCIALMENTE TRASNFERIBLES, 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.*

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

**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.*

**10. PUBLICACIONES Y DESARROLLOS EN:**

**10.1 DOCENCIA**

**10.2 DIVULGACIÓN**

En el período publiqué el siguiente libro de divulgación:

Qué es la física cuántica?  
Fidel A. Schaposnik  
Editorial Paidós. Buenos Aires 2014  
ISBN 978-950-12-0143-7

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

Gianni Tallarita  
Beca posdoctoral CONICET en el Depto. de Física de la UNLP  
abril 2012-2013

**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.*

**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.*

- "Verão Quântico 2013 "Encontro em Gravitacao e Cosmologia Quanticas", Ubu, Brasil, Febrero 2013.

1 conferencia plenaria sobre "Dualities and bosonization in  $d > 2$  space-time"

- "A Festschrift honouring Prof. Jorge Alfaro". Pontificia Universidad Católica de Santiago de Chile. Marzo 2014.

1 conferencia plenaria sobre "Dualities and bosonization in  $d > 2$  space-time"

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

- Viaje de trabajo (15 días, octubre 2014) a la Universidad de Illinois at Urbana-Champaign para continuar con los trabajos de Investigación en colaboración con el Prof. E. Fradkin. Financiado parcialmente por el grant de la National Science Foundation (USA) del Prof. Fradkin y el subsidio para investigadores de la CIC.

- Viaje de trabajo (1 semana, Junio 2013) al Departamento de Física la Universidad de Oxford, UK, invitado para dictar el seminario "Dualities and Bosonization of massless fermions in  $d>2$  dimension". Financiado parcialmente por un proyecto PICT-ANPCyT y el subsidio para investigadores de la CIC.

-Viaje de trabajo (15 días, octubre 2014) en el marco de un proyecto de colaboración MINCyT/RMKI-Hungría para continuar con trabajos en colaboración con el Prof. Peter Forgacs del Instituto Wigner de Budapest. Dictado de dos seminarios: "Bosonization in 2+1 dimensions" en el Instituto Wigner y "Bosonization of fermions coupled to topological gravity, Universidad Eotvost de Budapest (Hungría).

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

- Responsable de un proyecto PICT-2011, 2012-2015, total: 280.800 \$.
- Responsable de un proyecto PIP-2011, 2012-2015, total: 300.000 \$.
- Subsidio para investigadores CIC 2013
- Subsidio para investigadores CIC 2014

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

**17. DISTINCIONES O PREMIOS OBTENIDOS EN EL PERIODO.**

**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.*

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

Dictado de clases teóricas de la Licenciatura y el doctorado de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP en los siguientes 4 cuatrimestres del período que cubre este informe:

- Mecánica cuántica I (materia cuatrimestral de grado. 1 cuatrimestre, 6 horas semanales)
- Mecánica cuántica II (materia cuatrimestral de grado. 1 cuatrimestre, 6 horas semanales)
- Solitones (materia cuatrimestral de posgrado. 1 cuatrimestre, 6 horas semanales)
- Introducción a los métodos del conocimiento científico(materia cuatrimestral de posgrado. 1 cuatrimestre, 6 horas semanales)

**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.*

El número de las citas de otros autores a mis trabajos es de 3217, y el factor h-27 según la base de datos de la Universidad de Stanford, USA: <http://inspirehep.net/author/profile/F.A.Schaposnik.1> y según Google Scholar de 4129 y h=86 respectivamente

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

TITULO: Teoría de Campos y partículas. Aplicaciones a Mecánica Estadística y Materia condensada

PLAN DE TRABAJO

El plan de trabajo para el próximo período es la continuación natural del que he desarrollado en los períodos pasados como investigador de la CICBA. Apunta, por un lado a describir todas las interacciones conocidas en la Naturaleza de manera unificada. Este es un tema que ocupa a los físicos de partículas y campos de todo el mundo pues representa el nudo central para la comprensión de todos los fenómenos físicos. Es el equivalente, al día de hoy pero en un dominio aún mas amplio, al problema que planteaba la física atómica a principios del siglo pasado. En este último caso, debió construirse la mecánica cuántica para dar cuenta de todos los fenómenos descubiertos hasta entonces. En el presente, buscamos construir una teoría unificada para incluir todos los fenómenos básicos en que interviene materia y radiación.

Por otra parte, el plan se propone aplicar métodos de la teoría de campos a problemas de mucho interés y actividad hoy en la física de partículas y la materia condensada. Esos métodos, que por ejemplo llevaron a la solución de problemas de transiciones de fase que valieron al físico de partículas Keneth Wilson la obtención del premio Nobel de física en 1982, han evolucionado desde entonces incorporando técnicas y herramientas de la teoría de cuerdas y la gravitación a la solución de problemas de superfluidos, superconductores, polímeros, nanotubos, etc.

Más específicamente nos proponemos los siguientes objetivos para el próximo período

1-Modelos con sectores visible y escondido: soluciones de vórtice y monopolo y sus aplicaciones.

Las mayoría de las extensiones del llamado Modelo estándar a una teoría más amplia como por ejemplo supersimétrica, de supergravedad o de cuerdas predice la existencia de un sector "escondido" de partículas que por su muy débil interacción con el sector visible sólo puede testearse de manera indirecta. Por otra parte, la materia oscura (que no ha podido medirse de manera directa, de ahí su nombre) representa el 28% de la masa-energía conocida del Universo, planteando esto un problema central de la física de partículas.

Entre otras propuestas, los bosones de gauge de una teoría de gauge  $U(1)$  podrían originar parte de esa materia oscura. El objetivo de nuestra propuesta es estudiar modelos en los que tanto en el sector visible como en el escondido la dinámica de los campos esté gobernada por un modelo de bosones de gauge  $U(1)$  y escalares acoplados a través de un término que contiene a los tensores de campo del sector visible y del sector escondido.

2-Aplicaciones de la conjetura de Maldacena al estudio de transiciones de fase en sistemas superconductores y superfluidos.

Continuando con una de las líneas investigación del período pasado, estudiaremos aspectos no perturbativos de teorías cuánticas de campos en  $d$  dimensiones de espacio tiempo a partir de cálculos perturbativos semiclásicos en la teoría dual con un fondo gravitatorio en  $d+1$  dimensiones. En particular planeamos obtener soluciones de tipo vórtice y monopolo en teorías de gauge no abelianas en métricas de agujeros negros AdS (cargados y rotantes) para determinar el tipo de transiciones de fase de la teoría cuántica definida en la frontera del espacio.

3- Utilizando el método de Schwinger-Keldysh para tratar sistemas fuera del equilibrio, planeamos extender nuestra formulación para el caso de modelos en  $d=2$  dimensiones de espacio tiempo vía integral funcional a esa situación, comenzando por el caso de fermiones en  $d>2$  dimensiones de espacio tiempo para luego pasar al caso, de interés en el estudio de loops de Wilson y confinamiento de quarks en el área de la materia condensada y en la descripción de propiedades de modelos planares de materia condensada como los que describen el efecto Hall.

---

#### **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:
- Una copia en papel A-4 (puntos 1 al 21).
  - 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 .....".
  - Informe del Director de tareas (en los casos que corresponda), en sobre cerrado.
- B. Envío por correo electrónico:
- Se deberá remitir por correo electrónico a la siguiente dirección: [infinvest@cic.gba.gov.ar](mailto:infinvest@cic.gba.gov.ar) (puntos 1 al 21), en formato .doc zipeado, configurado para papel A-4 y libre de virus.
  - 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.