

Nombre y miembros del grupo.

Memoria.

Solicitud de inclusión en programa FPI.

Presupuesto de costes marginales.

Complementos Salariales.

CAMPOS Y CUERDAS EN ESPACIOS-TIEMPO NO CONMUTATIVOS

FPA2008-04906

IP: Carmelo Pérez Martín

Departamento de Física Teórica I
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
Madrid

Programa Nacional de Física de Partículas
Acto de presentación oral de proyectos 2008
26-27 Mayo 2008.

CONTENIDO

1 Nombre y miembros del grupo.

2 Memoria.

- Introducción.
- Objetivos del proyecto.
- Beneficios del proyecto, difusión y explotación, en su caso, de los resultados.
- Historial del equipo solicitante en el tema propuesto.
- Financiación 2003-2007.

3 Solicitud de inclusión en programa FPI.

4 Presupuesto de costes marginales.

- Costes de ejecución: equipamiento científico...
- Costes de ejecución: material fungible.
- Costes de ejecución: viajes y dietas.

5 Complementos Salariales.

Nombre y miembros del grupo.

Nombre del Grupo: Grupo de Campos y Cuerdas de la UCM.
Grupo UCM-CAM No. 910770.

Miembros:

● Doctores:

- Carmelo Pérez Martín. Profesor Titular de Universidad. FTI. UCM.
- María Jesús Rodríguez Plaza. Profesora Contratada Doctora. FTI. UCM.
- Fernando Ruiz Ruiz. Profesor Titular Universidad. FTI. UCM.
- Carlos Tamarit Degenhardt. Colaborador Honorífico. FTI. UCM.

● Doctorando:

- Guillermo Horcajada Reales. Becario FPU. FTI. UCM.

CONTENIDO

1 Nombre y miembros del grupo.

2 **Memoria.**

- **Introducción.**

- Objetivos del proyecto.
- Beneficios del proyecto, difusión y explotación, en su caso, de los resultados.
- Historial del equipo solicitante en el tema propuesto.
- Financiación 2003-2007.

3 Solicitud de inclusión en programa FPI.

4 Presupuesto de costes marginales.

- Costes de ejecución: equipamiento científico...
- Costes de ejecución: material fungible.
- Costes de ejecución: viajes y dietas.

5 Complementos Salariales.

Introducción

- Desde 1999, las teorías de campos y cuerdas sobre espacios-tiempo no conmutativos, son objeto de profunda y amplia investigación.
- En Noviembre de 1999, aparece el artículo de Seiberg y Witten: "String Theory and Noncommutative Geometry"; en el se establece: NC QFT como límite de baja energía de ciertas teorías de cuerdas abiertas.
- En 2004, en el KITP, en el congreso titulado "THE FUTURE OF PHYSICS", se estableció que la investigación en tales teorías sobre espacios-tiempo NC son importantes para el desarrollo futuro de la Física de las Partículas Elementales: conferencias de Polchinski y Witten en <http://online.itp.ucsb.edu/online/kitp25/>

Introducción: FT & ST on NC S-T

- **Qué son?** Son teorías sobre espacios-tiempo en los que las coordenadas no comutan: $[X^\mu, X^\nu] = i\theta^{\mu\nu}$, el concepto de punto deja de tener sentido; Geometría NC de Connes (1984).
- **Puntos débiles de estas teorías:**
 - Teorías de campos NC, formalismo estándar –i.e., teorías de campos sobre espacio-tiempo NC en el formalismo estándar–:
 - Los únicos grupos gauge admisibles son productos finitos de $U(n)$'s. Materia sólo en la (anti)-fundamental, adjunta y bi-fundamental: **NO $SU(5)$, $SO(10)$...i.e., NO GUTS.**
 - Las teorías sin anomalías gauge tienden a ser vectoriales, de acuerdo con la condición de cancelación de anomalías gauge NC obtenida por primera vez por integrantes del grupo **[PLB 479 (2000) 321, 110 citas en Spires]**. ¡ Pero, la Naturaleza es quiral, al menos hasta unos pocos TeV !

Introducción: FT & ST on NC S-T

- Teoría de cuerdas:
- No se ha obtenido una versión NC de GRAVEDAD a partir de cuerdas: no se han obtenido las ecuaciones de Einstein NC –al contrario de lo que ocurre con YM–, ni variedades NC que deformen las soluciones clásicas no triviales a las ecuaciones clásicas de Einstein.

Soluciones

- Entre 2000 y 2003, Wess y colaboradores propusieron y desarrollaron un formalismo que permite definir teorías de campos sobre Minkowsky NC, para cualquier grupo gauge, en cualquier representación.
 - En este formalismo los campos NC se definen, a través del mapa de Seiberg-Witten, en términos de los campos clásicos, i.e., es decir a partir de los grados de libertad que habitualmente asociamos a fotones, gluones, W's, Z, electrones, quarks...
 - Matemáticamente los campos gauge NC pertenecen, no álgebra de Lie, sino al álgebra envolvente del álgebra de Lie del grupo gauge: "Enveloping-algebra formalism".
 - Se construyeron así el NC SM y GUTS: SU(5), SO(10).
 - Nadie creía en estos modelos debido a que se pensaba que tenían anomalías gauge NC. Pero el trabajo realizado por miembros del grupo les llevó a la conclusión de que no tenían dichas anomalías **[NPB 652 (2003) 72, JHEP07 (2003)068]**.
 - Se han investigado las consecuencias experimentales de estos modelos y su detección en el LHC: nueva fenomenología, $Z \rightarrow \gamma\gamma$, $Z \rightarrow gg$.
Más en [PRD75:097701\(2007\)](#), [PRD74:096004\(2006\)](#).

Soluciones: Y SUSY?

- **¡SIN EMBARGO, NO HAY VERSIÓN SUSY! –Hoy día parece que SUSY es relevante en la descripción de la Naturaleza y, desde, luego en Teoría de Cuerdas.**
- **¡LA SUPERSIMETRIZACIÓN ES, AQUÍ, MUCHO MÁS COMPLICADA QUE EN EL CASO ORDINARIO!**

Soluciones que aportará el proyecto

Soluciones que aportará el proyecto:

- Construir un formalismo de álgebra envolvente en términos de supercampos que permitirá construir deformaciones NC de los modelos SUSY usuales: MSSM, SGUTS... Para ello hay que construir un mapa de Seiberg-Witten para supercampos: aparecen dificultades con los supercampos chirales.
- Como un primer paso para la construcción de Gravedad NC, se generalizará los métodos de cuantificación de las teorías de cuerdas en NPB 550 (1999) 151, que condujeron a la emergencia del espacio de Minkowski NC en teoría de cuerdas, para el caso de cuerdas en backgrounds no triviales: pp waves, etc....

Puntos a investigar: 1–5

Puntos a investigar:

- **P1.** Construcción de la aplicación de Seiberg-Witten, en el formalismo de supercampos, para teorías no conmutativas con grupos gauge arbitrarios y con supersimetría $N=1$. La aplicación Seiberg-Witten en el gauge de Wess-Zumino.
- **P2.** La acción de Dirac-Born-Infeld no conmutativa y supersimétrica y la aplicación de Seiberg-Witten supersimétrica.
- **P3.** Formulación de teorías gauge no conmutativas con supersimetría para grupos $SU(n)$ y $U(1)$. Construcción del MSSM no conmutativo y otros modelos supersimétricos como $SO(10)$ y $E6$.
- **P4.** Estudio de las propiedades UV de las teorías del punto anterior: renormalizabilidad y teoremas de no renormalización perturbativa.
- **P5.** Modos de ruptura de supersimetría en las teorías gauge no conmutativas con supersimetría. Términos de ruptura suave de supersimetría.

Puntos a investigar: 6-10

- **P6.** Cálculo de la anomalía ABJ en teorías de superYang-Mills no conmutativas para grupos arbitrarios. Estudio de las consecuencias físicas de dicha anomalía.
- **P7.** Obtención de soluciones tipo instantón y multiinstantón en teorías de Yang-Mills no conmutativas con supersimetría $N=1$.
- **P8.** Cálculo de los efectos cuánticos de las soluciones tipo instantón y multiinstantón en teorías de Yang-Mills no conmutativas con supersimetría $N=1$: formulación del formalismo de cálculo instantónico.
- **P9.** Aplicación del formalismo de cálculo instantónico al análisis de las propiedades de dichas teorías: computo de condensados de gluinos y estructura cuántica de vacíos; cálculo de superpotenciales.
- **P10.** Cálculo de la anomalía Konishi y estudio de sus aplicaciones.

Puntos a investigar: 11–12

- **P11.** Teoremas de no renormalización no perturbativa: simetrías y holomorfía del superpotencial efectivo de teorías gauge no conmutativas con supersimetría $N=1$. Cálculo del superpotencial efectivo y obtención de la estructura de fases de superQCD no conmutativa con n colores y f sabores. Análisis de la existencia de dualidad eléctrica-magnética en dichas teorías.
- **P12.** Estudio de la emergencia en teoría de cuerdas de espacio-tiempos no conmutativos de tipo pp. Cabe recordar que toda geometría que sea solución exacta en teoría de cuerdas se aproxima a lo largo de una geodésica nula a una geometría pp, por lo que la emergencia de no conmutatividad en espacios de este tipo sería un paso importante para dilucidar el papel de ésta en relación con gravedad. En este sentido disponemos ya de resultados para espacios-tiempo pp no singulares.

Puntos a investigar: 13–14

- **P13.** Analizar el límite de teoría de campos para cuerdas que definan espacios pp no conmutativos. Las propiedades de los espacios pp no conmutativos de clase no singular sugieren un límite muy rico.
- **P14.** Dependiendo del campo de Kalb-Ramond que define la teoría de cuerda en cuestión, la no conmutatividad puede afectar sólo a un subconjunto de las componentes del operador posición . Para llegar a dimensión cuatro es necesario algún tipo de compactificación o de mecanismo de Randall-Sundrum. Esto significa que, si las dimensiones que se compactifican son las direcciones no conmutativas del operador de posición, la contribución de los modos de Kaluza-Klein correspondientes no será la usual y guardará memoria de la no conmutatividad. Pretendemos estudiar la contribución de estos modos y las posibles modificaciones no conmutativas a las constantes de acople usuales.

CONTENIDO

1 Nombre y miembros del grupo.

2 Memoria.

- Introducción.
- **Objetivos del proyecto.**
- Beneficios del proyecto, difusión y explotación, en su caso, de los resultados.
- Historial del equipo solicitante en el tema propuesto.
- Financiación 2003-2007.

3 Solicitud de inclusión en programa FPI.

4 Presupuesto de costes marginales.

- Costes de ejecución: equipamiento científico...
- Costes de ejecución: material fungible.
- Costes de ejecución: viajes y dietas.

5 Complementos Salariales.

Objetivos: 1, 2

- **O1.** Construcción de la aplicación de Seiberg-Witten, en el formalismo de supercampos, para teorías no conmutativas con grupos gauge arbitrarios y con supersimetría $N=1$. La aplicación Seiberg-Witten en el gauge de Wess-Zumino. La acción de Dirac-Born-Infeld no conmutativa y supersimétrica y la aplicación de Seiberg-Witten supersimétrica. Formulación de teorías gauge no conmutativas con supersimetría para grupos $SU(n)$ y $U(1)$. Construcción del MSSM no conmutativo. Construcción de $SO(10)$ y $E6$ supersimétrico no conmutativo.
- **O2.** Estudio de las propiedades UV de las teorías del punto anterior: renormalizabilidad y teoremas de no renormalización perturbativa. Modos de ruptura de supersimetría en las teorías gauge no conmutativas con supersimetría. Términos de ruptura suave de supersimetría. Cálculo de la anomalía ABJ en teorías de superYang-Mills no conmutativas para grupos arbitrarios. Estudio de las consecuencias físicas de dicha anomalía. Obtención de soluciones tipo instantón y multiinstantón en teorías de Yang- Mills no conmutativas con supersimetría $N=1$.

Objetivos: 3

- **O3.** Cálculo de los efectos cuánticos de las soluciones tipo instantón y multiinstantón en teorías de Yang-Mills no conmutativas con supersimetría $N=1$: formulación del formalismo de cálculo instantónico. Aplicación del formalismo de cálculo instantónico al análisis de las propiedades de dichas teorías: computo de condensados de gluinos y estructura cuántica de vacíos; cálculo de superpotenciales. Cálculo de la anomalía Konishi y estudio de sus aplicaciones. Teoremas de no renormalización no perturbativa: simetrías y holomorfía del superpotencial efectivo de teorías gauge no conmutativas con supersimetría $N=1$. Cálculo del superpotencial efectivo y obtención de la estructura de fases de superQCD no conmutativa con n colores y f sabores. Análisis de la existencia de dualidad eléctrica-magnética en dichas teorías.

Objetivos: 4 y 5

- **O4.** Estudio de la emergencia en teoría de cuerdas de espacio-tiempos no conmutativos de tipo pp. Analizar el límite de teoría de campos para cuerdas que definan espacios pp no conmutativos.
- **O5.** Estudios de los modos de Kaluza-Klein en teorías de campos gauge -con y sin supersimetría- con direcciones extra compactas y no conmutativas, y de las propiedades de estas teorías.

Importancia de los objetivos

- **Campos NC**: contrucción de modelos con posible relevancia en la descripción de la **Naturaleza**: pueden ser necesarios para explicar datos obtenidos en el **LHC**. Dependencia de los resultados exactos obtenidos mediante los métodos de Seiberg-Witten de la estructura conmutativa del espacio-tiempo.
- **Cuerdas**: Primeros pasos hacia Gravedad NC. Origen en Cuerdas del mapa de Seiberg-Witten: acciones DBI supersimétricas ordinarias y NCs.

CONTENIDO

1 Nombre y miembros del grupo.

2 Memoria.

- Introducción.
- Objetivos del proyecto.
- **Beneficios del proyecto, difusión y explotación, en su caso, de los resultados.**
- Historial del equipo solicitante en el tema propuesto.
- Financiación 2003-2007.

3 Solicitud de inclusión en programa FPI.

4 Presupuesto de costes marginales.

- Costes de ejecución: equipamiento científico...
- Costes de ejecución: material fungible.
- Costes de ejecución: viajes y dietas.

5 Complementos Salariales.

Beneficios

- Contribuciones importantes al entendimiento del comportamiento de la Naturaleza a altas energías. Posible relevancia en la explicación de los fenómenos que se observen en el LHC.
- Participación de un grupo de investigación nacional en un tema que es considerado internacionalmente de gran relevancia para el futuro de la Física.

CONTENIDO

1 Nombre y miembros del grupo.

2 Memoria.

- Introducción.
- Objetivos del proyecto.
- Beneficios del proyecto, difusión y explotación, en su caso, de los resultados.
- **Historial del equipo solicitante en el tema propuesto.**
- Financiación 2003-2007.

3 Solicitud de inclusión en programa FPI.

4 Presupuesto de costes marginales.

- Costes de ejecución: equipamiento científico...
- Costes de ejecución: material fungible.
- Costes de ejecución: viajes y dietas.

5 Complementos Salariales.

Historial

El grupo tiene capacidad colectiva e individual para alcanzar los objetivos propuestos:

- Desde finales de 1998 su labor se ha desarrollado, casi exclusivamente, en el área que nos ocupa.
- Pionero, en cierto sentido: **PRL 83 (1999) 476** (Julio), cuatro meses antes del artículo de Seiberg y Witten de 1999.
- Contribuciones importantes al campo: **2** “Very well-known papers”, **110 y 180**, respectivamente, citas en Spires, y “Well-known paper”, con **78** citas en Spires.

Historial, continuación

- **Desde 1998, 23** artículos publicados; la inmensa mayoría en las mejores revistas del area de Partículas Elementales:
 - Physical Review Letters: 1
 - Journal of High Energy Physics: 4
 - Nuclear Physics B: 7
 - Physics Letters B: 6
 - Physical Review D: 3
 - Journal of Physics A: 1
 - Modern Physics Letters A: 1

Historial: Spires data

- Número total de citas recibidas, en Spires, por estos artículos: **700**.
Número medio de citas por artículo: **30**.
- Número medio de autores por artículo: **1.9**.
- Número de artículos con un solo autor: **7**. (NPB: 4, PLB: 1, JPA: 1, MPLA: 1).
- Algunos de nuestros artículos han sido citados por **E. Witten, N. Seiberg y J. Wess**.

CONTENIDO

1 Nombre y miembros del grupo.

2 **Memoria.**

- Introducción.
- Objetivos del proyecto.
- Beneficios del proyecto, difusión y explotación, en su caso, de los resultados.
- Historial del equipo solicitante en el tema propuesto.
- **Financiación 2003-2007.**

3 Solicitud de inclusión en programa FPI.

4 Presupuesto de costes marginales.

- Costes de ejecución: equipamiento científico...
- Costes de ejecución: material fungible.
- Costes de ejecución: viajes y dietas.

5 Complementos Salariales.

Financiación

- Proyecto "Campos cuánticos no conmutativos". MEC. FIS2005-02309, 2005–2008. [42840 euros]
- Proyecto "Campos cuánticos no conmutativos". MEC. BFM2002-00950, 2003–2005. [39376 euros]
- Acción Complementaria Internacional "Campos cuánticos no conmutativos, supersimetría y la aplicación SW. MEC. PCI2005-A7-0153, 2006–2008. [13000 euros]
 - Con S.N. Bose National Centre for Basic Sciences (Calcuta, India), Indian Institute of Science (Bangalore, India).
- Proyecto CCG07-UCM/ESP-2910. CAM-UCM, 2008. [4909 euros].
- Proyectos CAM-UCM 910770, 2007 [6900 euros].
- Proyectos CAM-UCN 910770, 2006 [3850 euros].

¡EL PROYECTO QUE SE PROPONE NO ES, ESTRICAMENTE HABLANDO, CONTINUACIÓN DE LOS ANTERIORES YA QUE EN EL SE ABORDAN NUEVOS TEMAS!

Solicitud prog. FPI. Capacidad de formación del grupo:

- Proyecto de investigación daría lugar a **más de una tesis**, además de la de que, ya en curso, esta siendo realizada por G. Horcajadas.
- Tesis leidas en los **4 últimos años**: **2**. Una, en 2004, con premio extraordinario de doctorado, y otra en 2007, con Doctorado Europeo –uno de los miembros del tribunal fue J. Wess–.
- Número de artículos asociados a las tesis leidas: **9; 4 (2 NPB, 1 PRL y 1 PRD) y 5 (3 JHEP, 1 PRL, 1 PRD)**. Número de artículos de la tesis en curso: **1 (NPB)**.
- Número total de citas: **260**.

CONTENIDO

1 Nombre y miembros del grupo.

2 Memoria.

- Introducción.
- Objetivos del proyecto.
- Beneficios del proyecto, difusión y explotación, en su caso, de los resultados.
- Historial del equipo solicitante en el tema propuesto.
- Financiación 2003-2007.

3 Solicitud de inclusión en programa FPI.

4 Presupuesto de costes marginales.

- **Costes de ejecución: equipamiento científico...**
- Costes de ejecución: material fungible.
- Costes de ejecución: viajes y dietas.

5 Complementos Salariales.

Compra de material de escritura....

- **17600 euros** para compra, durante el periodo del proyecto, de nuevos ordenadores de sobremesa y portátiles, impresoras, scanners y software: Reduce, Maple, Windows, WOffice..
- $17600 \text{ euros} / 5 = 3520$ euros por miembro durante los tres años del proyecto.

CONTENIDO

1 Nombre y miembros del grupo.

2 Memoria.

- Introducción.
- Objetivos del proyecto.
- Beneficios del proyecto, difusión y explotación, en su caso, de los resultados.
- Historial del equipo solicitante en el tema propuesto.
- Financiación 2003-2007.

3 Solicitud de inclusión en programa FPI.

4 Presupuesto de costes marginales.

- Costes de ejecución: equipamiento científico...
- Costes de ejecución: material fungible.**
- Costes de ejecución: viajes y dietas.

5 Complementos Salariales.

Nombre y miembros del grupo.

Memoria.

Solicitud de inclusión en programa FPI.

Presupuesto de costes marginales.

Complementos Salariales.

Costes de ejecución: equipamiento científico.

Costes de ejecución: material fungible.

Costes de ejecución: viajes y dietas.

Compra de ordenadores....

- **1859 euros** para compra, durante el periodo del proyecto, de material de escritura, pendrives, toner....

CONTENIDO

1 Nombre y miembros del grupo.

2 Memoria.

- Introducción.
- Objetivos del proyecto.
- Beneficios del proyecto, difusión y explotación, en su caso, de los resultados.
- Historial del equipo solicitante en el tema propuesto.
- Financiación 2003-2007.

3 Solicitud de inclusión en programa FPI.

4 Presupuesto de costes marginales.

- Costes de ejecución: equipamiento científico...
- Costes de ejecución: material fungible.
- Costes de ejecución: viajes y dietas.**

5 Complementos Salariales.

Viajes y dietas

- **71400 euros** para viajes y dietas, durante el periodo del proyecto, a congresos y estancias en centros de investigación, y pago de viajes y dietas a investigadores con los que colaboremos:
 - $71400 \text{ euros} / 3/5 = 4760 \text{ euros}$ por miembro y año.

Complementos salariales

- **31500 euros** para Complementos Salariales
 - $31500 \text{ euros} / 3/5 = 2100$ euros por miembro y año.

Nombre y miembros del grupo.

Memoria.

Solicitud de inclusión en programa FPI.

Presupuesto de costes marginales.

Complementos Salariales.

TOTAL

- 148044 euros.

Cronograma

- **O1.** CPM, MJR, CTD, 1er año.
- **O2.** CPM, FRR, CTD, 2do año.
- **O3.** CPM, MJR, CTD, 3er año.
- **O4.** FRR, GHR, CPM, 1er año.
- **O4.** FRR, GHR, MJR, 2do año.
- **05.** FRR, GHR, MJR, 3er año.