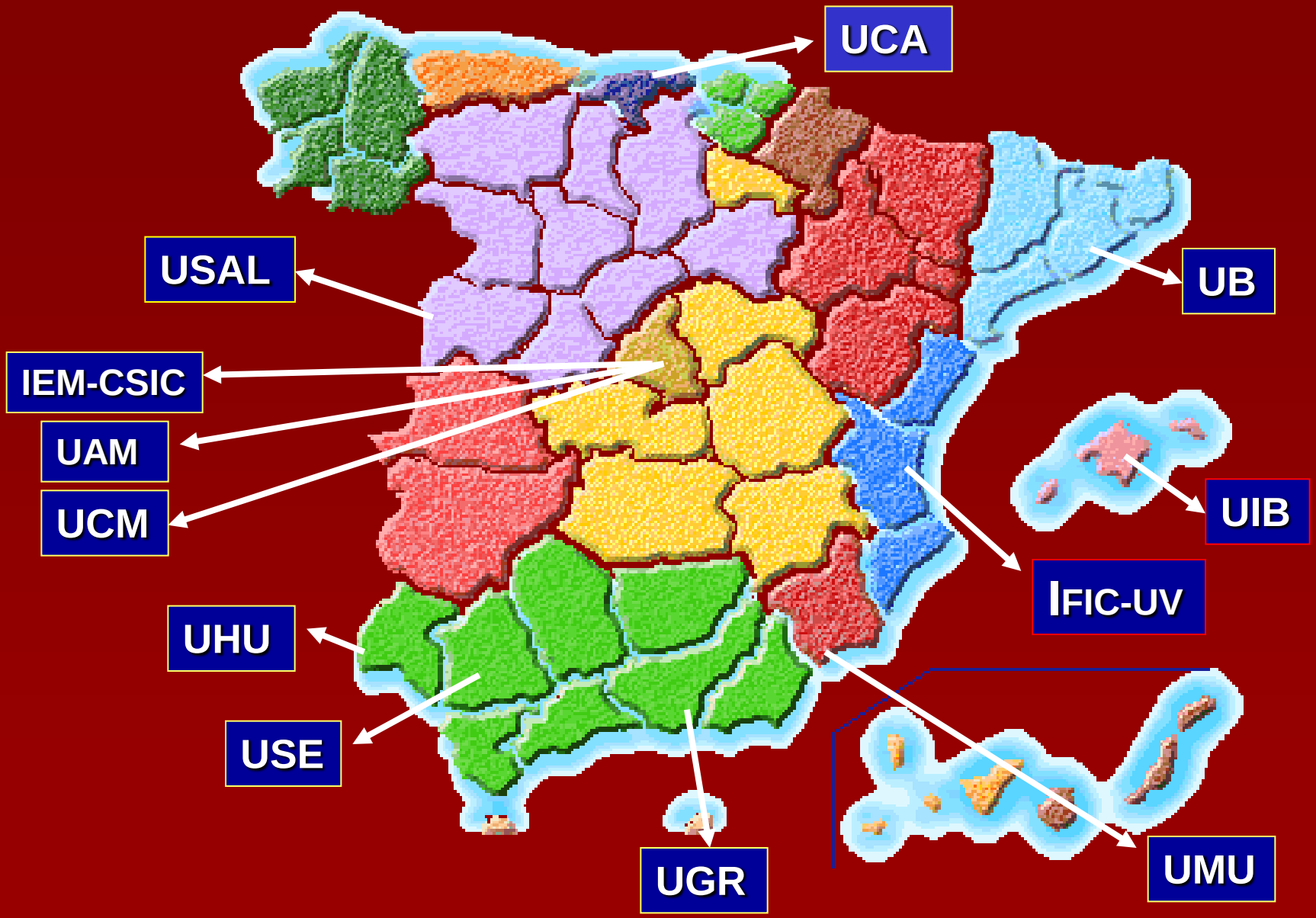
Física Nuclear Teórica

III Jornadas CPAN

Barcelona, 2-4 Noviembre, 2011

Juan Antonio Caballero
Universidad de Sevilla


UCA
USAL
UB
IEM-CSIC
UAM
UCM
UIB
IFIC-UV
UHU
USE
UGR
UMU

GRANDES ÁREAS

- **Reacciones Nucleares:**

  [USE, IEM-CSIC, UHU, …]

- **Estructura Nuclear:**

  [UAM, IEM-CSIC, UCM, USE, UB, UCA, …]

- **Energías Intermedias:**

  [UCM, USE, IEM, UGR, IFIC-UV, UB,…]

- **Física Hadrónica:**

  [UB, IFIC-UV, UCM, USAL, USE, UGR, …]

GRUPO FÍSICA NUCLEAR TEÓRICA
IEM-CSIC, MADRID

Sistemas de tres cuerpos en el continuo: Estructura y reacciones

(E. Garrido, R. de Diego, C. Romero)

✓ **Resonancias y modos de desintegración**

- Resolución de las ecuaciones de Faddeev en el espacio de coordenadas
- Aplicación del método de rotación compleja para obtener simultáneamente los estados ligados y las resonancias del sistema

PRC 79 (2009) 054009, PLB 684 (2010) 132, PRC 82 (2010) 034001

✓ **Reacciones a muy baja energía**

- Desarrollo de relaciones integrales para extraer la matriz S de la reacción a partir de la parte interna de la función de onda
- Aplicación a átomos ultrafríos

PRL 103 (2009) 090402, PRC 81 (2010) 034002, PRA 83 (2011) 022705

✓ **Procesos de captura radiativa**

- Aplicación de las técnicas de tres cuerpos al estudio de reacciones de interés astrofísico
- Reacción triple alfa y tasa de producción de ^{12}C en el medio estelar

JPG 37 (2010) 064027, EPL 90 (2010) 52001, JPG 37 (2010) 115105, EPJA 47 (2011) 102

FNT – IEM – CSIC – Madrid

P. Sarriguren, R. Rodríguez-Guzmán, J. Rodríguez-Vignote

Electroweak Processes in Nuclei (+ UCM: E. Moya, J.M. Udías, O. Moreno)

- Electron scattering from exotic nuclei **(PRC80, NIMA637, PRC84)**
- Parity violating electron scattering **(NPA288, JPG36, JPG36, JPG37)**

  Isospin mixing in N=Z nuclei. Strangeness content of the nucleon

  Neutron distributions. Neutron skins
- Beta decay and GT strength **(PLB 680, PRC79, PRC81, PRC81, PRC83)**

  Nuclear Structure: Nuclear deformation, BGT(β)

  Charge exchange reactions

  Astrophysics: Weak decay rates for r, rp processes

  Particle Physics: Double beta decay

Structural evolution from Gogny-HFB calculations (+ UAM: L.M. Robledo)

(JPG36, PRC81, PLB691, PRC82, PRC82, PRC83, PRC83, PRC83)

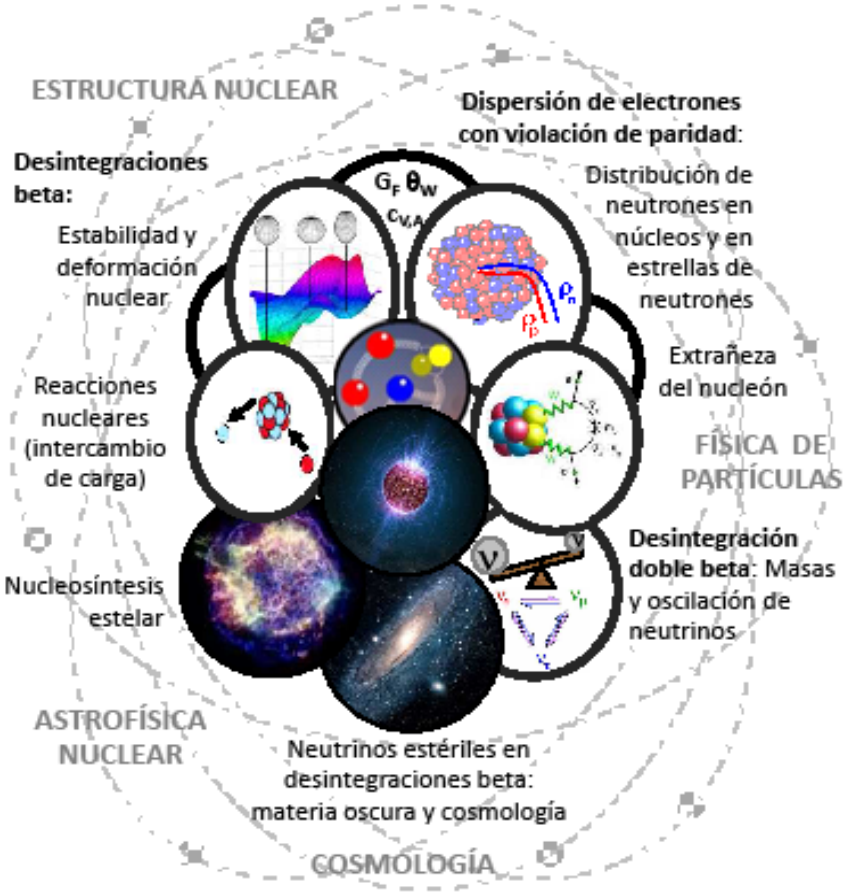
- Microscopic justification of critical point E(5) and X(5) symmetries
- Onset of nuclear deformation. Axial and triaxial shapes
- Experimental signatures of shape transitions
- One-quasiparticle configurations in odd-A nuclei
- Mappings to IBM Hamiltonians

GRUPO FÍSICA NUCLEAR
UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID

ÁREA DE FÍSICA NUCLEAR TEÓRICA

- TEORÍAS MICROSCÓPICAS DEL NÚCLEO ATÓMICO
- PROCESOS NUCLEARES ELECTRODÉBILES
- ANÁLISIS DE LAS IMPLICACIONES EN DIVERSOS TEMAS CANDENTES DE LA FÍSICA MODERNA:



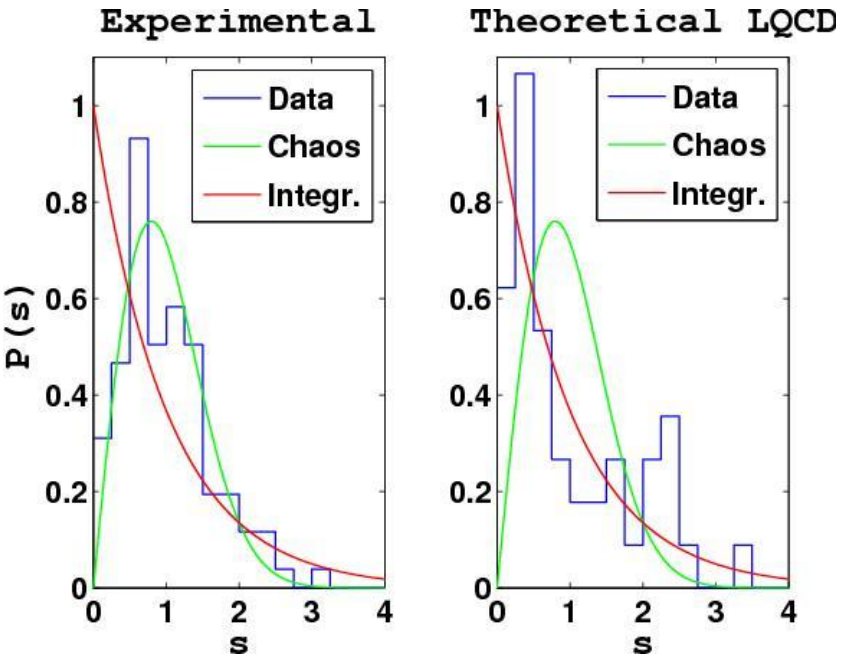
- ***Gamow-Teller strength distributions and beta+ half-lives in the lead region.***
- ***Two-neutrino double-beta decay matrix elements.***
- ***Parity-violation asymmetry in electron-nucleus scattering and its relation to neutron distribution (PREX exp.).***
- ***Analysis of beta-decay electron spectrum in a search for keV sterile neutrinos as dark matter candidates (MARE & KATRIN exp.).***

Intermediate Energies & Chaos in Hadrons

•Electron & Neutrino Reactions (USE, UGR, Experiments…)

•Application of spectral statistical techniques inherited from Quantum Chaos to the experimental baryon spectrum. Most striking result: theoretical spectrum from lattice QCD calculation from the Hadron Spectrum Collaboration at JLab does not reproduce the statistical properties of the experimental spectrum [4].

[1] *Spectral-Fluctuations Test of the Quark-Model Baryon Spectrum,* C. Fernández-Ramírez and A. Relaño, *Phys. Rev. Lett.* **98**, 062001 (2007).
[2] *Chaos in hadrons,* L. Muñoz, C. Fernández-Ramírez, A. Relaño and J. Retamosa, *Proceedings of the Rutherford Centennial Conference on Nuclear Physics,* to be publised in the *Journal of Physics: Conference Series (JPCS)* by IOP Publising (2011).
[3] *Caos en hadrones,* L. Muñoz, C. Fernández-Ramírez, A. Relaño and J. Retamosa, *Resumen de las Comunicaciones de la XXXIII Reunión Bienal de la Real Sociedad Española de Física,* PubliCan Ediciones, Universidad de Cantabria, ISBN 978-84-86116-40-8 (2011).
[4] *Spectral-statistics properties of the experimental and theoretical light meson spectra,* L. Muñoz, C. Fernández-Ramírez, A. Relaño and J. Retamosa (submitted for publication to *Phys. Lett.* B).



GRUPO FÍSICA NUCLEAR
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA MADRID

Theoretical highlights

- Collective nuclei motion (superdeformation, superfluidity, etc.)
- Structure of exotic nuclei and weak interactions
- Neutrinoless double beta decay

Island of inversion around ^{64}Cr
S. M. Lenzi, F. Nowacki, A. Poves, and K. Sieja
Phys. Rev. C 82, 054301 (2010)

→ significant computational ***advance—involving matrix dimensions reaching ten billion—in shell-model calculations.***

Self-consistent mean field and beyond

- Nuclear properties described with an “universal” density-dependent force and state of the art beyond mean-field calculations
- Configuration mixing techniques & symmetry restored wave functions
- Applications: subshell closures, shape coexistence, transition probabilities, etc.

GRUPO FÍSICA NUCLEAR BÁSICA
UNIVERSIDAD DE SEVILLA

GRUPO ESTRUCTURA NUCLEAR

Phase transitions in quantum many-body systems within algebraic models:

Given two hamiltonians H_1 and H_2 that describe different system structures, a transitional hamiltonian can be constructed as $H = x\, H_1 + (1-x)\, H_2$

A QPT occurs at some critical value of the control parameter x that controls the relative weight of H_1 and H_2

Algebraic models are very well suited to study such hamiltonians since in that case H_1 and H_2 correspond to different dynamical symmetries.

QPT's in boson, fermion and mixed systems can be studied.

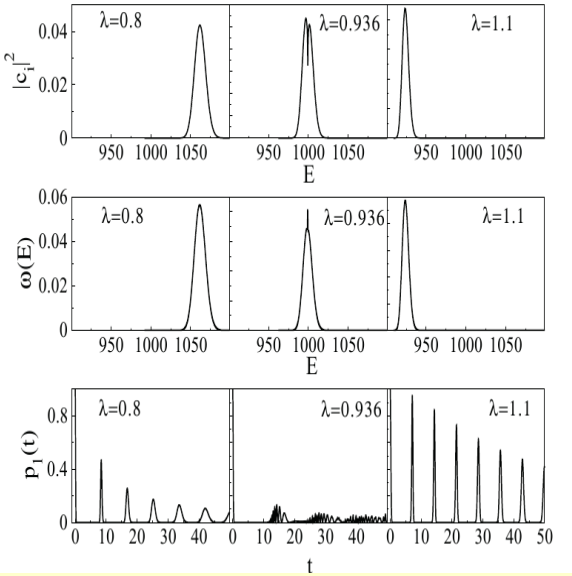
TOPICS (2011)

- Nuclei (collaboration with Padova and Huelva):
  - odd-even nuclei and critical point symmetries within IBFA.
  - effect of three-body terms within the IBA.

- Molecules (collaboration with Huelva):
  - finite size N effects in molecular systems within the vibron model.

- Lipkin model (collaboration with Huelva and CSIC Madrid):
  - phase transitions in excited states and its connection with quantum decoherence.

- Dicke model (collaboration with CSIC Madrid, Huelva and Prague):
  - phase transitions in excited states and the connection with quantum chaos.



P. Pérez-Fernández et al. Phys. Rev. E 83. 2011, 046208; Phys. Rev. A2011, 062125; J. Phys. Conf. Ser. 284. 2011, 012049. L. Fortunato et al., Int. J. Mod. Phys. 20. 2011, 207;J. Barea Muñoz et al., Phys. Rev. C83. 2011, 024307; L. Fortunato et al., Phys. Rev. C84, 2011, 014326; P. Pérez-Fernández et al., Phys. Rev. A83, 2011, 033802

GRUPO REACCIONES NUCLEARES. UNIVERSIDAD SEVILLA

•Efectos de polarización dinámica en dispersión de núcleos halo a energías en torno a la barrera.

• Tratamiento del continuo de sistemas de 2 y 3 cuerpos usando bases discretas.

• Inclusión de excitación del core en la dispersión de núcleos halo.

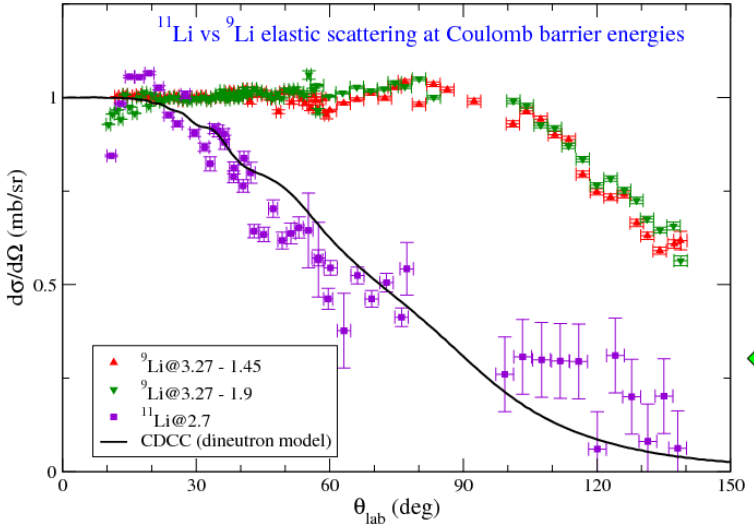
• Interpretación de experimentos con haces exóticos (RIBRAS, TRIUMF, ISOLDE, etc)

• Estudios de reacciones de transferencia de dos partículas y resonancias pigmeas en núcleos exóticos.

• Global, dispersive, coupled-channel optical model potential for nucleon-nucleus scattering

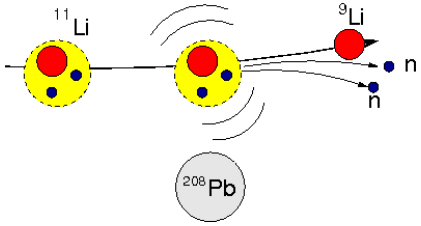
Resumen de publicaciones:

- 2010: 26 publicaciones
- 2011: ~6 publicaciones



Algunos resultados ilustrativos

Desarrollos en teoría de reacciones e interpretación de experimentos con haces radiactivos

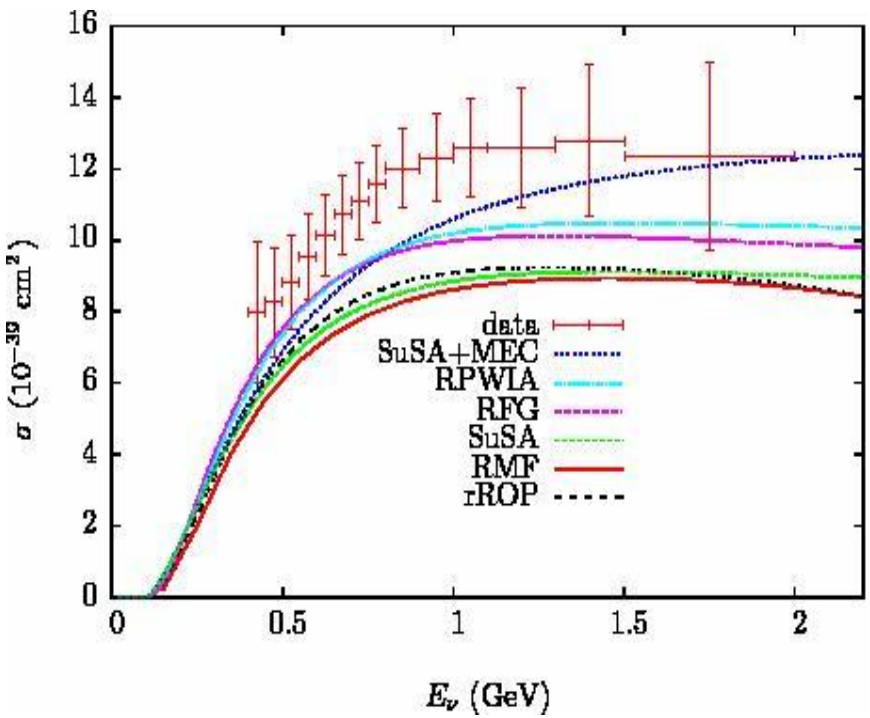


La sección eficaz elástica para ^{11}Li sobre ^{208}Pb muestra una reducción importante con respecto a ^{9}Li+^{208}Pb debido al fuerte acoplamiento a los canales de ruptura.

Electroweak Reactions at Intermediate Energies

- Beyond the Impulse Approximation: MEC, 2p-2h contributions, …
- Electron scattering on few-body systems: 3-He, 4-He
- Relativistic analyses of electron & neutrino scattering reactions
- Scaling phenomenon in lepton scattering
- Parity violation in electron scattering: strangeness in the nucleon
- MiniBooNE Collaboration,…

Colaboración con UCM y UGR

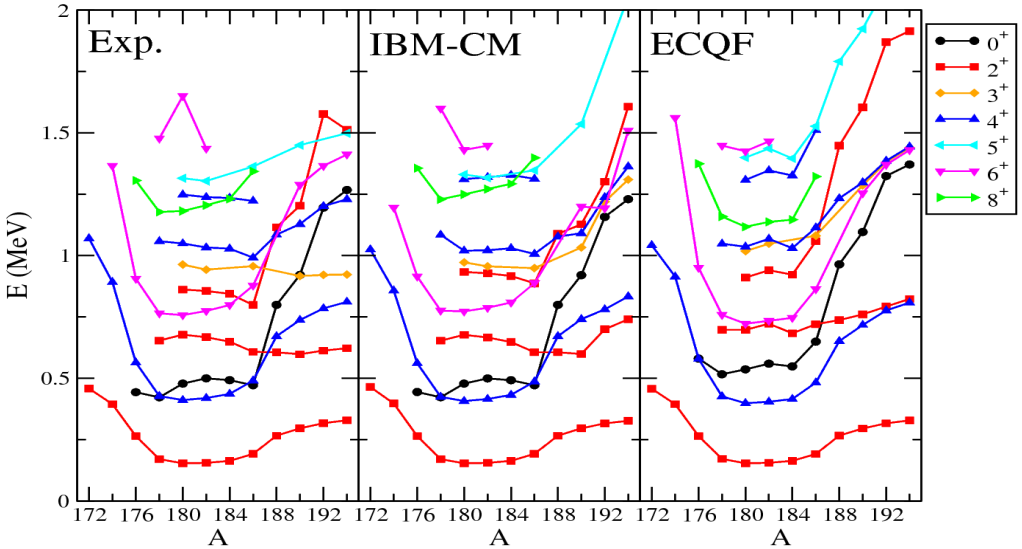


Universality of the scaling function: it can be used to predict neutrino-nucleus cross sections.

Essential to analyze neutrino oscillations: MiniBooNE, Minos, K2K.

GRUPO ESTRUCTURA MATERIA
UNIVERSIDAD DE HUELVA

1. Estudio de la coexistencia de forma en el Pt.
J.E. García-Ramos, V. Hellemans y K. Heyde, PRC **84**, 014331 (2011).



2. Triaxialidad en el IBM usando una interacción quadupolar bosónica a tres cuerpos
L. Fortunato, C.E. Alonso, J.M. Arias, J.E. García-Ramos y A. Vitturi, Phys. Rev. C 84, 014326 (2011)

3. Estudio de caos cuántico y "quantum quentch" en sistemas de interés en óptica cuántica.
P. Pérez-Fernández, P. Cejnar, J.M. Arias, J. Dukelsky, J.E. García Ramos y A. Relaño, Phys. Rev. A 83, 033802 (2011).
P. Pérez-Fernández, A. Relaño, J.M. Arias, J. Dukelsky, J.E. García Ramos y Phys. Rev. E 83, 046208 (2011).

4. Correcciones de tamaño finito en el punto crítico de un Hamiltoniano del modelo vibrónico U(3).
P. Pérez-Fernández, J.M. Arias, J.E. García-Ramos y F. Pérez-Bernal, Phys. Rev. A 83. 062125 (2011).
F. Pérez-Bernal, O. Alvarez-Bajo, J.M. Arias, M.Carvajal, J.E.García-Ramos, D.Larese y P. Pérez-Fernández, Journal of Physics: Conference Series 284 (2011) 012049.

GRUPO FÍSICA NUCLEAR
UNIVERSIDAD DE GRANADA

Activity in Granada (2011): Theory

Hartree-Fock and self-consistent continuum RPA with finite range interations

(*Anguiano, Lallena, De Donno, Co', collaboration Granada-Lecce)*

•Self-consistent continuum RPA calculations with finite-range interactions
[Phys. Rev. C 83 (2011) 044324]

•Tensor effective interaction in self-consistent RPA calculations.
[Physical Review C 83 (2011) 064306]

•Self-consistent continuum RPA calculations of ^{4}He electromagnetic responses. **[Phys. Rev. C 84 (2011) 037306]**

•Mean-field calculations of exotic nuclei ground states
[submitted to Phys. Rev. C]

Activity in Granada (2011): Theory

Atomic structure and correlations

(Buendía, Gálvez, Sarsa, Maldonado)

•Relativistic, numerically parameterized, optimized, effective potentials for the ground state of the atoms He through Ra

[At. D. Nuc. D. Tab. 97 (2011) 109-133]

•Relativistic quantum similarities in atoms in position and momentum spaces

[Physics Letters A 375 (2011) 2544-2549]

•Jastrow correlated and quantum Monte Carlo calculations for the low lying states of the carbon atom **[J. Chem. Phys. 134 (2011) 134102]**

Quantum Monte Carlo and Fermions

(Arias de Saavedra, Kalos, Pederiva)

•Cancellation time for correlated random walkers [Mol. Phys.

DOI:10.1080/00268976.2011.604647]

FÍSICA NUCLEAR A ENERGÍAS INTERMEDIAS - U. GRANADA

PROYECTO
FIS 2008-01143
"DINAMICA DE SISTEMAS HADRÓNICOS EN FÍSICA NUCLEAR A ENERGÍAS INTERMEDIAS"
RESPONSABLE:
E. RUIZ ARRIOLA

GRUPO FQM225
JUNTA DE ANDALUCÍA
RESPONSABLE:
J.E. AMARO

OTROS MIEMBROS:
JUAN NIEVES
ELVIRA ROMERA
MANOLO VALVERDE
ALVARO CALLE
EUGENIO MEGÍAS
MANOLO PAVÓN

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:

-RESPUESTA ELECTRODÉBIL NUCLEAR A ENERGÍAS INTERMEDIAS. DISPERSIÓN DE NEUTRINOS Y ELECTRONES

-INTERACCIÓN BARIÓN-BARIÓN, TEORÍAS DE CAMPO EFECTIVAS Y SIMETRÍA QUIRAL RENORMALIZACIÓN DE LA INTERACCIÓN, REACCIONES ASTROFÍSICAS,HIPERNÚCLEOS

-SIMETRÍA ESPÍN-SABOR Y RESONANCIAS MESÓNICAS ESCALARES. ECUACIONES RELATIVISTAS UNITARIAS EN CANALES ACOPLADOS

-ACCIÓN EFECTIVA QCD Y TEORÍAS DE QUARKS QUIRALES A TEMPERATURA FINITA

-DINÁMICA CUÁNTICA NO LINEAL EN SISTEMAS ATÓMICOS, MOLECULARES Y NUCLEARES

GRUPO FÍSICA NUCLEAR
UNIVERSIDAD CANTABRIA

Modelos relativistas de estructura nuclear

- Aproximación de Hartree-Fock (RHFA)
- Correlaciones pairing en BCS
- Términos de acoplamiento de mesones virtuales: pión y mesón sigma
- Radio cuadrático medio de carga en la cadena del Ca: efectos de energía de simetría
- Aplicaciones en estrellas de neutrones
- Simetría de pseudoespín

GRUPO FÍSICA NUCLEAR TEÓRICA
UNIVERSIDAD DE BARCELONA

UNIVERSITAT DE BARCELONA

Nuclear Physics @ the University of Barcelona

Participantes/Investigadores

Mario Centelles (TU)
Joan Martorell (CU)
Assumpta Parreño (PA)
Artur Polls (CU)
Àngels Ramos (CU)
Fco Javier Viñas (CU)
Volodymyr Magas (RyC)

Emmanuel Chang (PostDoc FIS2008-01661)
Bruno Juliá-Díaz (PostDoc ICFO)
Bharat K. Sharma (Postdoc CPAN)
Arianna Carbone (FI DGR 2011, Generalitat Catalunya)
Clara Estela Jiménez (Becaria FIS2005-03142)
Marina Melé (Becaria FIS2008-01661)
Axel Pérez-Obiol (Becario APIF, UB)

Colaboraciones:

Granada,Madrid, Valencia, Bergen,Saclay,Tübingen, Kiev,Torino,Catania, Orsay, Lublin, Milano, Roma, St. Louis, La Plata, NPLQCD-USA

Líneas de investigación y métodos

Física Hadrónica espectroscopía, interacción fuerte a dos cuerpos, resonancias hadrónicas
(lattice QCD, lagrangianos quirales, teorías efectivas, ec. Bethe-Salpeter con canales acoplados)

Estructura Nuclear y Sistemas Nucleares Exóticos núcleos al límite de la estabilidad, extrañeza y charm en el medio nuclear
(funcional de la densidad, funciones espectrales, Wigner-Kirkwood, OBE models, EFT)

EOS y aplicaciones en Astrofísica Nuclear y Colisiones de Iones Pesados
EOS de las estrellas de neutrones, materia nuclear simétrica y asimétrica, RHIC, LHC
(funcionales de la densidad, Funciones de Green autoconsistentes, BHF, DBHF, Modelo Multimodular para RHIC)

Gases atómicos ultrafríos mezclas bosón-fermión, dinámica de los condensados spinoriales
(teoría BCS, funciones de base correlacionadas, ecuación de Gross-Pitaevskii)

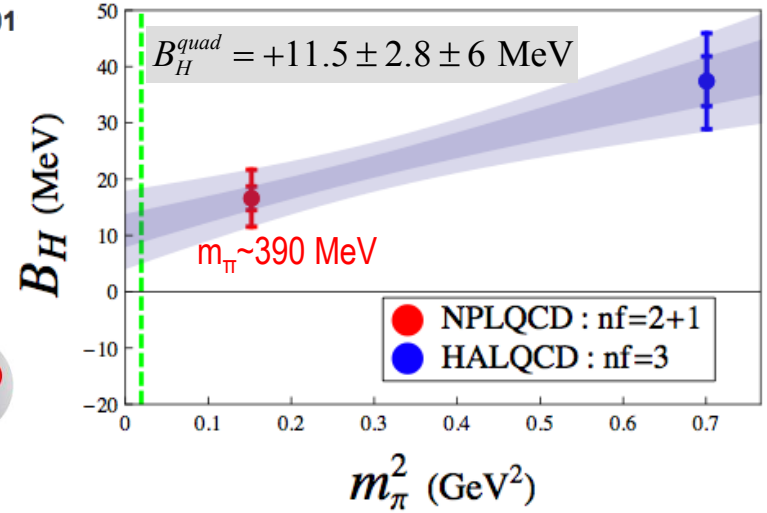
18 Publicaciones en revistas en 2011 + 17 contribuciones a *conference proceedings*

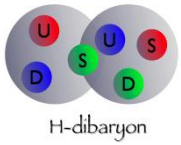
3 Phys. Rev. Lett. 4 Phys. Rev. D 5 Phys. Rev. C 1 Phys. Lett. B 1 Eur. Phys. Lett
1 Mod. Phys. Lett. A 1 New J. Phys 1 Mol. Phys 1 Ukrainian J. Phys

2011 highlights

Physics: Binding baryons on the lattice

April 26, 201



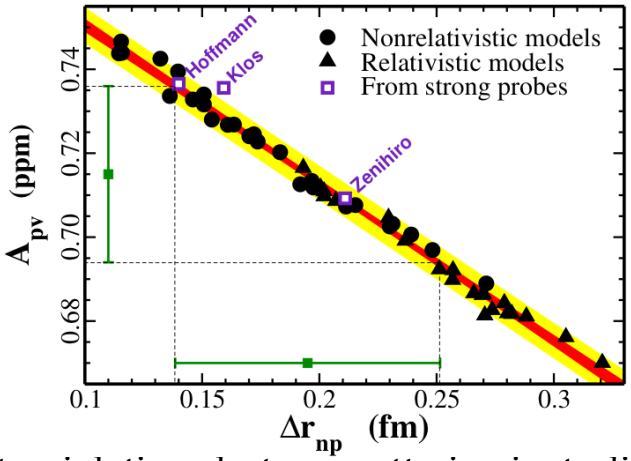


$(\Lambda\Lambda)^{I=0}_{J=0}$

State of the art computer simulations provide the first indication of a dibaryon bound state

S.R. Beane, E. Chang, W. Detmold, B. Joo, H.W. Lin, T.C. Luu, K. Orginos, A. Parreño, M.J. Savage, A. Torok, A. Walker-Loud
Phys. Rev. Lett. 106, 162001 (2011)

Neutron Skin of ^{208}Pb, Nuclear Symmetry Energy, and the Parity Radius Experiment



Parity-violating electron scattering is studied at conditions of the PREX experiment of JLab. The consequences for the determination of the neutron skin thickness of ^{208}Pb and for the density dependence of the nuclear symmetry energy have been analyzed

X. Roca-Maza, M. Centelles, X. Viñas, M. Warda
Phys. Rev. Lett. 106, 252501 (2011)

Sponsors:

GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN
Generalitat de Catalunya Departament d'Economia i Coneixement
ICCUB Institut de Ciències del Cosmos
CPAN Ingenio 2010
HadronPhysics2
BSC Barcelona Supercomputing Center Centro Nacional de Supercomputación

GRUPO FÍSICA NUCLEAR & HADRÓNICA
IFIC-CSIC, UNIVERSIDAD VALENCIA

GRUPO FÍSICA NUCLEAR TEÓRICA @ IFIC

E. Oset, M.J. Vicente-Vacas, J. Nieves, Luis Alvarez-Ruso, Raquel Peralta, Ignacio Ruiz (UGR), Javier Garzón, Ju-Jun Xie, Manuel Pavón-Valderrama, Bao Xi-Sun, Melahat Bayar, Francesca Aceti, Chu Wen Xiao, Huaxing Chen, En Wang, Carlos Hidalgo

- ✓ Estructura e interacción entre hadrones en el espacio libre
  - Teorías efectivas: simetría quiral, simetria de quarks pesados, límite de número de colores muy alto
  - Unitariedad y generación dinámica de resonancias
- ✓ Modificación de las propiedades de hadrones en el seno de un medio nuclear
  - Extrañeza y encanto en un medio denso
  - Respuestas nucleares a pruebas electrodébiles en procesos inclusivos

Dynamically generated resonances (mostly involving charm dynamics)

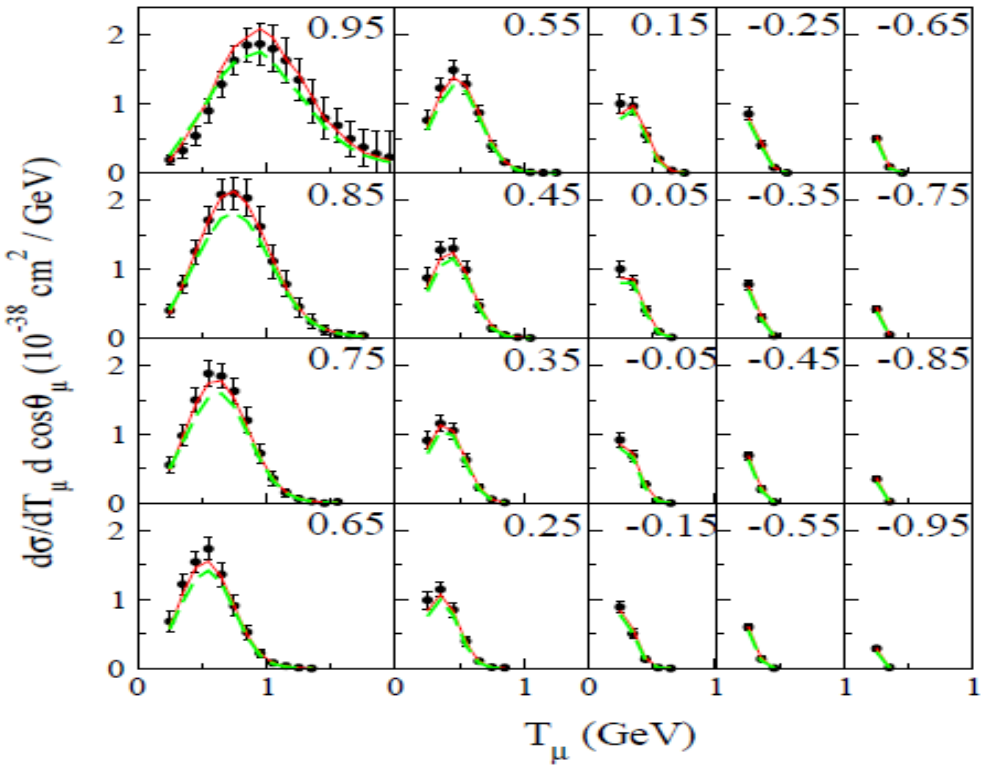
E. Oset, R. Peralta, E.J. Garzón, Bao-Xi Sun, Ju-Jun Xie, J. Yamagata-Sekihara, M.J. Vicente-Vacas & J. Nieves (IFIC) + A. Ramos (Barcelona), L.L. Salcedo & C. García-Recio (Granada), L. Roca (Murcia), B. Zou (Beijing), L.S. Geng (München), L. Tolos (Barcelona)+…

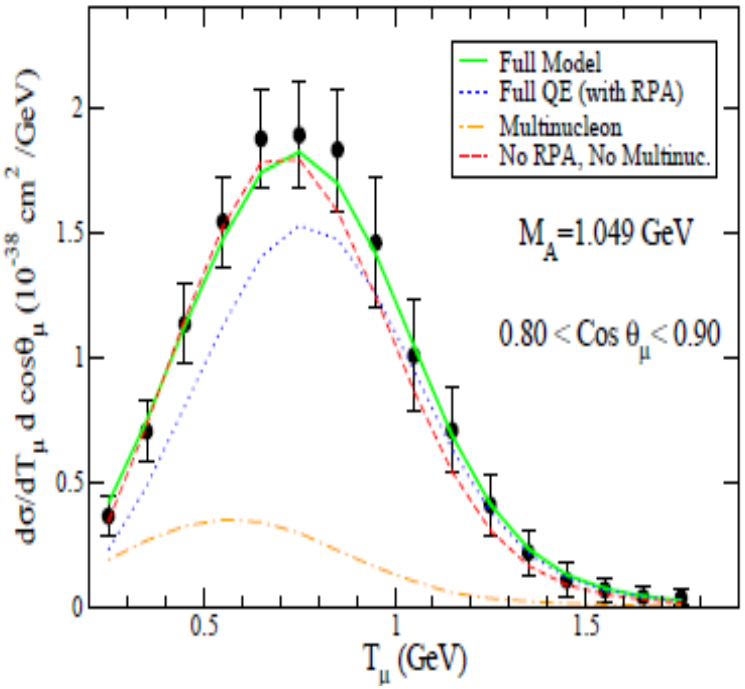
i) Prediction of novel exotic charmed mesons, ii) Dynamically generated N* and L* resonances in the hidden charm sector, iii) Charmed hadrons in nuclear matter, iv) Isospin breaking effects, v) Exotic dynamically generated baryons with charm -1, …

MINIBOONE CCQE XSECT

microscopial evaluation of 2p2h contributions

I. Ruiz-Simò (UGR), M.J. Vicente-Vacas & J. Nieves (IFIC)





GRUPO DE FÍSICA HADRÓNICA – MODELOS DE QUARKS

Departamento de Física Teórica e IFIC. Universidad de Valencia – CSIC

Pedro González Marhuenda, Santiago Noguera Puchol, Vicente Vento Torres, Javier Vijande Asenjo, Vincent Mathieu, Alejandro Martí Jiménez-Argüello

Espectroscopía hadrónica: construcción de modelos de quarks para mesones y bariones basados en QCD y fenomenología.

Phys. Rev. C (1), Phys. Rev. D (1), Phys. Lett. B (1), Few Body Syst (3), Int, J. Mod. Phys. (2), AIP Conf. Proc. (1).

Dispersión Profundamente Inelástica: cálculo de distribuciones generalizadas de partones (GPDs) y de amplitudes de transición (TDA's).

Phys. Lett. B (1), Scholarpedia (1), AIP Conf. Proc. (1)

Monopolium (estado ligado de monopolo-antimonopolo magnético): análisis de la posible producción de monopolium en el LHC mediante el mecanismo de fusión fotónica.

arXiv (hep-ph) (2).

GRUPO FÍSICA NUCLEAR
UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

UNIVERSIDAD SALAMANCA

Conrado A. Torres, T. Fernández, F. Fernández, E. Hernández, D. R. Entem, J. Segovia, A. Valcárce

Líneas de trabajo:

- ***Interacción barión-barión en modelos quarks***
- ***Espectroscopía de hadrones en modelos quarks***
- ***Transiciones electrodébiles en mesones y bariones con quarks pesados***
- ***Producción de piones en dispersión neutrino-núcleo y neutrino-nucleón***

Publicaciones:

2010: PRD82 054032; PLB693 305; PRD82 077303; EPJA46 223

2011: PLB699 291, Phys. Rep. 503 1; PRD83 114018; PLB696 352; PRD84 057902; PLB704 499

GRUPO FÍSICA de PARTÍCULAS Y TEORÍA NUCLEAR

UNIVERSIDAD MURCIA

Física de Partículas y Teoría Nuclear

- **Miembros:**

  J.A. Oller, L. Roca

  Colaboradores: Z. Guo, M. Albadalejo, L. Álvarez-Ruso, M. Verbeni

- **Líneas de investigación:**

  Interacción de mesones

  Interacción nucleón-nucleón

  Teorías efectivas quirales

  Física de neutrinos

GRUPO FÍSICA ATÓMICA, MOLECULAR Y NUCLEAR
UNIVERSIDAD ISLAS BALEARES

Universitat de les Illes Balears

Quantum Physics Group at Mallorca

- We investigate quantum transport at the nanoscale:

1. **Numerical Renormalization Group** calculations of strongly correlated quantum dots: J.S. Lim, D. Sanchez, R. Lopez *et al*., Phys. Rev. B 81, 235309 (2010); Phys. Rev. B 83, 155325 (2011)

2. **Nonequilibrium** fluctuation-dissipation theorems: R. Lopez, D. Sanchez et al., Phys. Rev. Lett. 104, 076801 (2010)

3. **Majorana fermions** in nanostructures: J.S. Lim, R. Lopez and Ll. Serra, in preparation (2011).

4. **Quantum information**: A. Borras, M. Casas *et al.*, Phys. Rev. A 79, 022112 (2009)

SUMMARY

Nuclear Structure and Reactions:

UAM, IEM, UCM, USE, UGR, UCA, UB,…

Hadronic/Intermediate Energies:

USAL, IFIC-UV, UGR, UB, UCM, USE,…

Close collaboration with experimental facilities and groups: BNL, RHIC, JLAB, KEK, Daphne-Frascati, MAMI-Mainz, ELSA-Bonn, GSI-FAIR, etc.

•12 Research Groups: ~60 staff researchers + ~40-50 (RyC, JdC,…) + PhD students

•9 PhD Thesis (2010/11) [UB, IEM-CSIC, UCM, UGR, USE]

RESEARCH TOPICS:

Nuclear Reactions

Description and treatment of continuum

Scattering, break-up and transfer reactions for halo nuclei

Reactions of astrophysical interest

Three-body systems in the continuum

Reactions with exotic beams

Heavy ion collisions

Beta decay, GT strength, ….

Nuclear Structure

Algebraic models & phase transitions
Chaos in nuclei
Large shell model calculations
RPA & correlations
Relativistic Mean Field
Self-consistent (deformed) mean field and beyond
Few-body systems
Shape coexistence, …

Intermediate Energies

- Electron scattering from exotic and few-body systems
- Meson-exchange-currents, correlations, multi-nucleon effects
- Scaling arguments applied to lepton scattering
- Neutrino-nucleus scattering: oscillations
- Parity-violation in electron scattering
- Structure of nucleons inside nuclei,…

Hadronic Physics

- PV electron scattering from nucleons
- Hadron-hadron interactions
- Hypernuclear Physics
- Hadron spectroscopy
- Neutrino Physics
- Deep inelastic scattering
- Lattice QCD & effective theories
- Hadron resonances,…