

FPA2017-84543-P

Elementary Particles: the Standard Model and Beyond

Equipo de Investigación:

- Oscar M. Vives Garcia (IP1)
- Sergio Palomares Ruiz (IP2)
- Gabriela Barenboim (IP GVPROMETEO2017-033)
- José Manuel Bordes Villagrasa
- Francisco Campanario Pallás (50%) (IP SEJI2017-019)
- Vicent Giménez Gómez
- Joannis Papavassiliou
- Jose Antonio Peñarrocha Gantes
- Armando Pérez Cañellas
- Miguel Angel Sanchis Lozano
- Arcadi Santamaria Luna
- Jordi Vidal Perona

Equipo de trabajo local:

- Pablo Arnault (PD)
- Julian Alcaide
- Leonardo Coito
- Carlos Faubel
- Fei Gao (PD)
- Ivan Marquez
- Aurora Melis
- Isabel Oldengott (PD)
- Ivan Rosario Bonastre
- Alejandro Segarra Tamarit

(NEW 2019)

- Andreu Anglés
- Pablo Martinez Miravé

Colaboración estrecha en **MOEDAL** a través de **GVPROMETEO2017-033**

FPA2017-84543-P

Elementary Particles: the Standard Model and Beyond

Equipo de trabajo externo:

- CESAREO DOMÍNGUEZ
- KARL SCHILCHER
- WANIL PARK
- JUAN ANDRÉS HERRERO GARCÍA
- NURIA CARRASCO VELA
- MARGARIDA HINAREJOS DOMÉNECH
- MIKAEL RODRIGUEZ CHALA
- MARIA LUISA LOPEZ IBAÑEZ
- JOEL JONES PÉREZ
- WILLIAM KINNEY
- PARIDE PARADISI
- DIPANKAR DAS
- NICOLÁS BERNAL HERNÁNDEZ
- MARI CARMEN BAÑULS POLO
- DANIELLE BINOSI
- GIUSEPPE DI MOLFETTA
- CRISTINA AGUILAR
- INES DE VEGA
- HONG-MO CHAN

- EDWARD SARKISYAN-GRINBAUM
- SHEUNG TSUN TSOU
- GABRIEL GONZÁLEZ SPRINBERG
- STEFANO BERTOLINI
- JOSÉ WUDKA
- ANTONIO MASIERO
- NIKOLAOS MAVROMATOS
- JOSEPH LYKKEN
- WILLIAM BARDEEN
- MARÍA DE LOS ANGELES MOLINÉ
- GAUTAM BHATTACHARYYA
- MICHAEL JAY PEREZ
- ALBERTO APARICI

También participamos en:

ITN project (H2020-MSCA-ITN-2015//674896-ELUSIVES)

RISE project (690575-InvisiblesPlus-H2020-MSCA-RISE-2015)

Cost Action 15108

Cost Action 18108

Research Lines

A. QCD

J.A. Peñarrocha, J.M. Bordes, F. Campanario, V. Giménez, J. Papavassiliou, F. Gao, D. Binosi, C. Aguilar, C. Domínguez, K. Schilcher H.M. Chan, S.T. Tsun, N. Carrasco, D. Palao en colaboración con la ETMC

A.1 Reglas de suma de energía finita y QCD perturbativa

A.2 QCD en el retículo

A.3. Métodos funcionales

B. Interacciones débiles en el Modelo Estándar y sus extensiones

G. Barenboim, F. Campanario, V. Giménez, S. Palomares, M. A. Sanchis, A. Santamaria, J. Vidal, O. Vives, I. Oldengott, A. Segarra, J. Alcaide, C. Faubel, A.Melis, L. Coito, W. Bardeen, S. Bertolini, D. Das, M. J. Perez, M. L. Lopez Ibañez, J. Lykken, J. Wudka, J.A. Herrero, J. Jones, J.H. Park, W. Park, G. González-Sprinberg, E. Sarkisyan-Grinbaum, A. Masiero, P. Paradisi, N. Mavromatos, N. Bernal, M.A. Moliné

B.1. Neutrinos y violación del sabor leptónico

B.2. Higgs y nuevos bosones escalares

B.3. Momentos Dipolares de fermiones

B.4. Nueva física en LHC y futuros aceleradores

B.5. El problema del sabor

B.6. Astropartículas y Cosmología

C. Información Cuántica

A. Pérez, Iván Márquez, M.C. Bañuls, I. De Vega, P. Arnault, G. Di Molfetta

QCD

A.1 Reglas de suma de energía finita y QCD perturbativa

A.1.1. Determinaciones precisas de masas de quarks mediante QCD Sum rules.

A.1.2 Determinaciones precisas de las constantes de desintegración de resonancias piónicas y kaónicas, vectoriales pesadas y de mesones pesados Ds y Bc.

A.1.3 Contribuciones fuertes a la anomalía del momento magnético del muón (g-2)

A.1.4. Estudio de la convergencia de QCD con la constante de acoplamiento

A.1.5. Correcciones NLO en QCD en producción VV jet jet

A.2 QCD en el retículo con fermiones twisted mass

A.2.1 Determinación del espectro mesónico y bariónico con fermiones twisted mass-clover $N_f=2$.

A.2.2 Determinación del valor de las constantes de bajas energías de χ PT.

A.2.3 Determinación de diversos parámetros físicos con fermiones tm para $N_f = 2+1+1$.

A.2.4 Correcciones electromagnéticas a procesos hadrónicos en lattice QCD.

A.3 Métodos funcionales

A.3.1 Funciones de correlación con ecuaciones de Schwinger-Dyson y Bethe-Salpeter

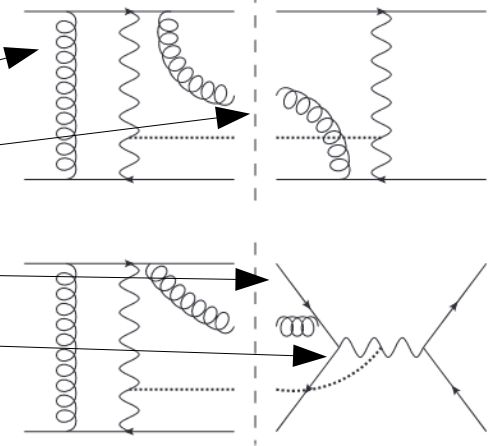
A.3.2 Transición de grados de libertad fundamentales (quarks, gluones) a estados observables (mesones, hadrones)

Stress-testing the VBF approximation in Higgs plus multijet final states

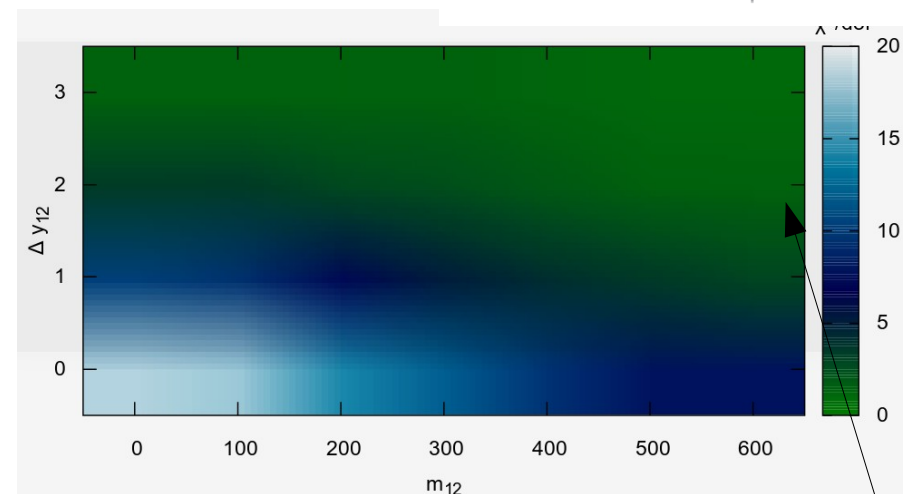
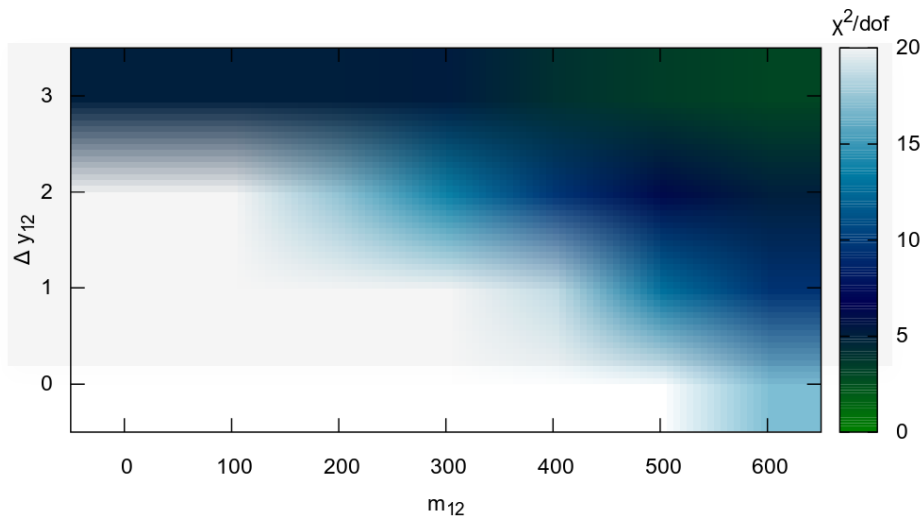
F.Campanario, T.M.Figy, S.Plätzer, M.Rauch, P.Schichtel and M.Sjödahl
 Phys.Rev.D 98, no. 3, 033003 (2018). [arXiv:1802.09955 [hep-ph]].

VBF Approximation: 2 Protons live in two equal but independent QCD groups

- 1) Not interaction within upper and lower line
- 2) No interference terms
- 3) No s-channel contributions



Full Calculation 1), 2) and 3) included: F.Campanario, T.M.Figy, S.Plätzer, and M.Sjödahl,
 Phys.Rev.Lett. 111 (2013) no.21, 211802



Compatibility (Green) of Full vs approximation: Right (s-channel remove via cuts); left (no cuts to suppress s-channel)

Results:

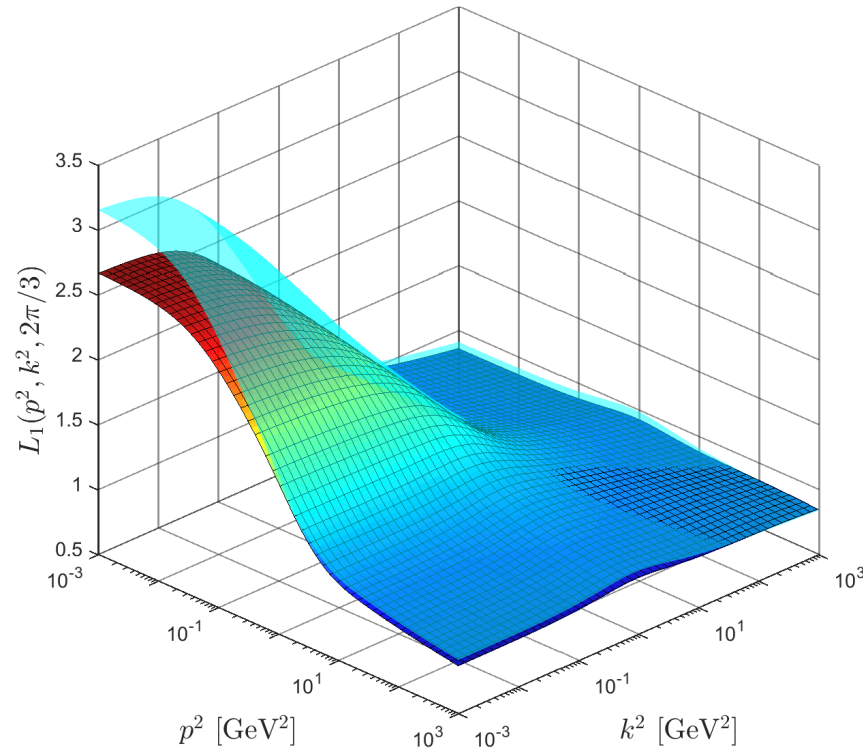
Large jet separations guarantee that VBF is a good approximation if s-channel contributions are filtered via cuts (Right)

Future:

Ivan Rosario Bonastre (Ph.D): Stress-testing VBF approximation in other VVjj channels (Relevant for anomalous quartic coupling measurements at LHC)

Kaleidoscope – Physical Review D, July 2018

A. C. Aguilar, J. C. Cardona, M. N. Ferreira, J. Papavassiliou, **Quark gap equation with non-Abelian Ball-Chiu vertex**, Phys. Rev. D98 (2018) no.1, 014002



The nonperturbative behavior of the form factor which accompanies the tree-level tensorial structure of the quark-gluon vertex (colorful surface) compares with the no-ghost limit (cyan surface)

Weak Inter. in the SM and Beyond

B.1. Neutrinos y violación del sabor leptónico

B.1.1 Determinación masas y mezclas de los neutrinos.

B.1.2 Análisis de los datos presentes y futuros de telescopios de neutrinos.

B.1.3 Modelos radiativos de masas de neutrinos.

B.1.4 LFV mediante operadores efectivos y modelos.

B.1.5 Modelos de neutrinos con invariancia de escala a nivel clásico.

B.2. Higgs y nuevos bosones escalares

B.2.1 Nueva física en 2HDM y supersimetría.

B.2.2 Violación del sabor en las desintegraciones del Higgs.

B.2.3 Estudio de los acoplamientos trilineales del Higgs.

B.2.4 Estudio de la dispersión de W_L (vector boson fusión) para comprobar la SSB del SM.

B.3. Momentos Dipolares de fermiones

B.3.1 Momentos dipolares y modelos.

B.3.2 Momentos dipolares del quark top.

B.3.3 Momentos dipolares de neutrinos en contextos astrofísicos.

Weak Inter. in the SM and Beyond

B.4. Nueva física en LHC y futuros aceleradores

B.4.1 Análisis de modelos supersimétricos en el LHC

B.4.2 Sectores ocultos y correlaciones de partículas en el LHC

B.4.3 Factores de forma de los acoplamientos de quarks en el LHC

B.4.4 Contribuciones BSM a vector boson fusion mediate operadores efectivos

B.4.5 Producción y detección de escalares simple y doblemente cargados en el LHC

B.5. El problema del sabor

B.5.1 Estudio sistemático del sabor en extensiones del Modelo Estándar

B.5.2 FCNC en el LHC

B.5.3 CP y FCNC en experimentos a bajas energías

B.6. Astropartículas y Cosmología

B.6.1 Análisis de las incertidumbres en la detección no gravitatoria de materia oscura

B.6.2 Inflación con condensados de neutrinos

B.6.3 Inflación y supersimetría

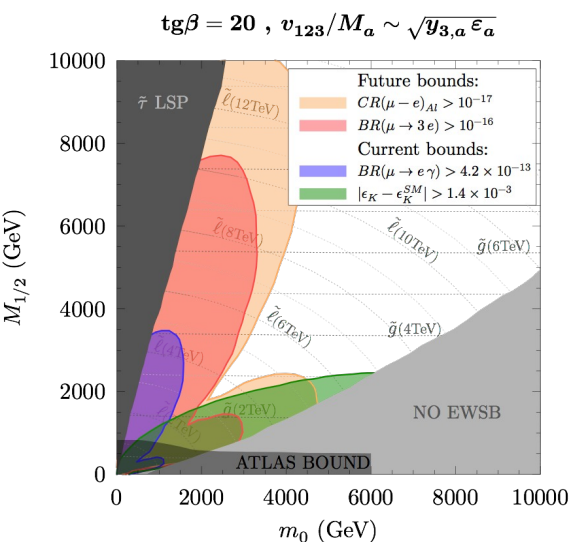
B.6.4 Producción de la asimetría bariónica del Universo en modelos Supersimétricos

B.6.5 Estudio del campo gravitatorio combinado generado por una Masa y por la Constante Cosmológica

B.6.6 Detección de materia oscura en el LHC

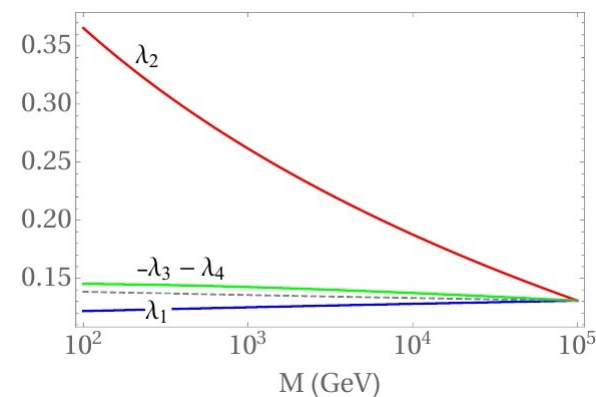
B.6.7 Ondas gravitacionales a partir de transiciones de fase de primer orden

I. d. M. Varzielas, M. L. López-Ibañez, A. Melis, O. Vives,
Controlled flavor violation in the MSSM from a unified $\Delta(27)$ flavor symmetry,
 JHEP 1809 (2018) 047



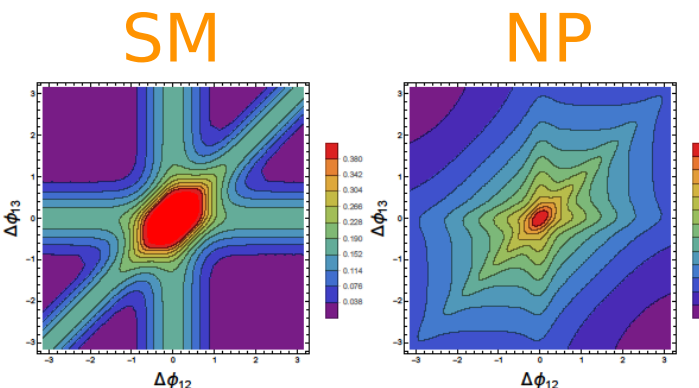
Lepton flavor violation observables, with the sfermion masses fixed by the flavor symmetry are sensitive to very large SUSY masses.

G. Bhattacharyya, D. Das, M. Jay Pérez, I. Saha, A. Santamaría, O. Vives,
Can measurements of 2HDM parameters provide hints for high scale supersymmetry?,
 Phys. Rev. D97 (2018) no.9, 095018



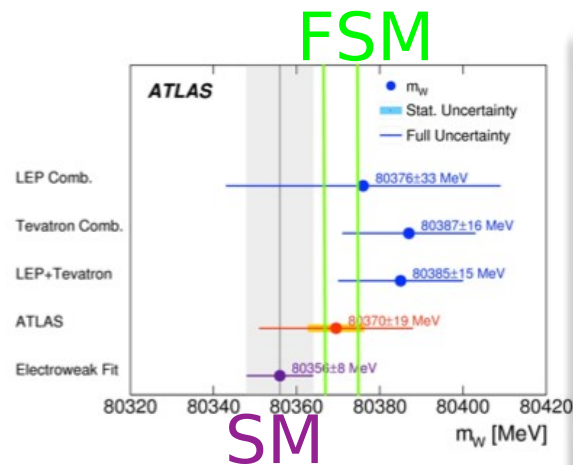
Unification of 2HDM couplings in high-scale SUSY

M.-A. Sanchís-Lozano, E. K. Sarkisyan-Grinbaum
Searching for new physics with three-particle correlation in pp collisions at the LHC,
 Phys. Lett. B781 (2018) 505



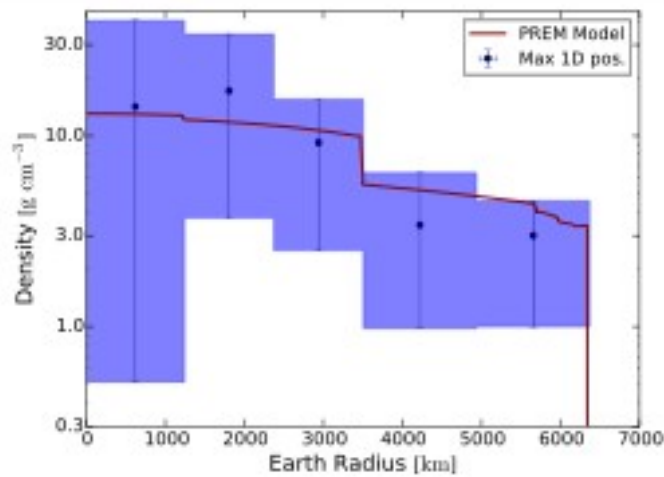
New physics from hidden sectors would manifest as long-range azimuthal correlations in multi particle production

J. Bordes, H. M. Chan, S. T. Tsou,
The Z boson in the Framed Standard Model,
 Int. J. Mod. Phys. A33 (2018) no.32, 1850190



Modifications of SM predictions by the presence of hidden sector particles

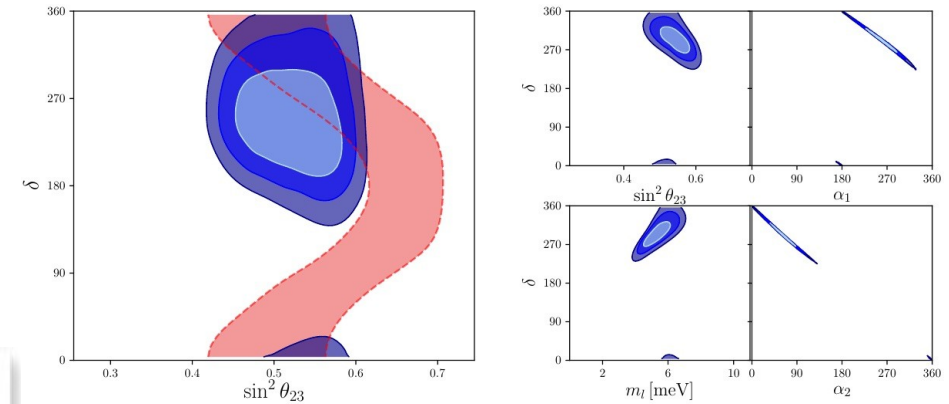
A. Donini, S. Palomares-Ruiz, J. Salvadó, **Neutrino tomography of Earth**, Nature Physics 15, 37 (2019)



First neutrino tomography of the Earth: using atmospheric neutrinos detected by IceCube

J. Alcaide, J. Salvadó, A. Santamaría, **Fitting flavor symmetries: the case of two-zero neutrino mass textures**, JHEP 1807 (2018) 164

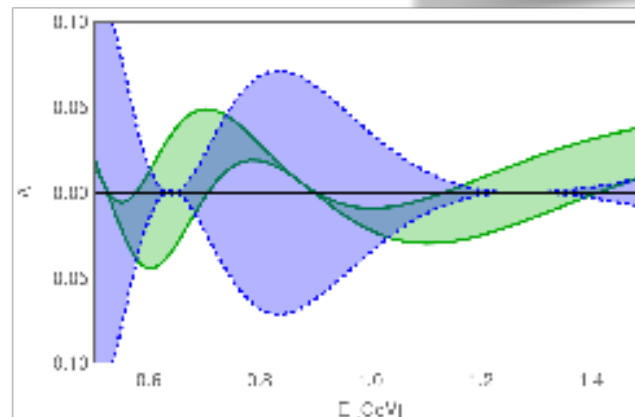
Fit to the A2 texture ($M_{11}=M_{13}=0$)



Method for the analysis of the fermion mass matrices predicted in flavor models

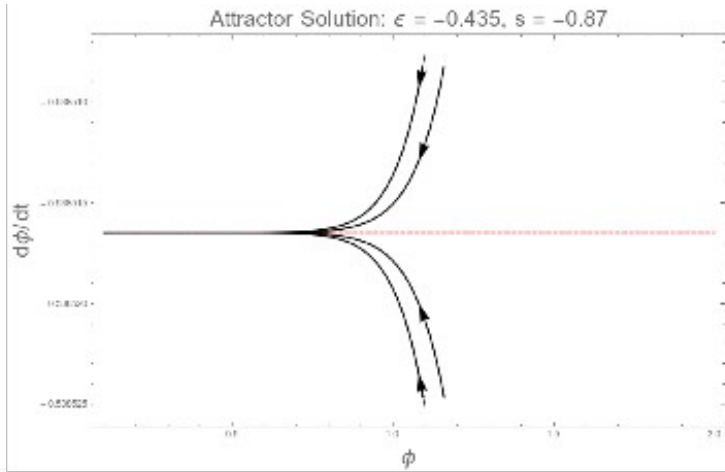
J. Bernabéu, A. Segarra, **Disentangling genuine from matter-induced CP violation in neutrino oscillations**, Phys. Rev. Lett. 121 (2018) no.21, 211802

Signatures of the genuine and matter-induced components of the CP violation asymmetry in neutrino oscillations, JHEP 1811 (2018) 063



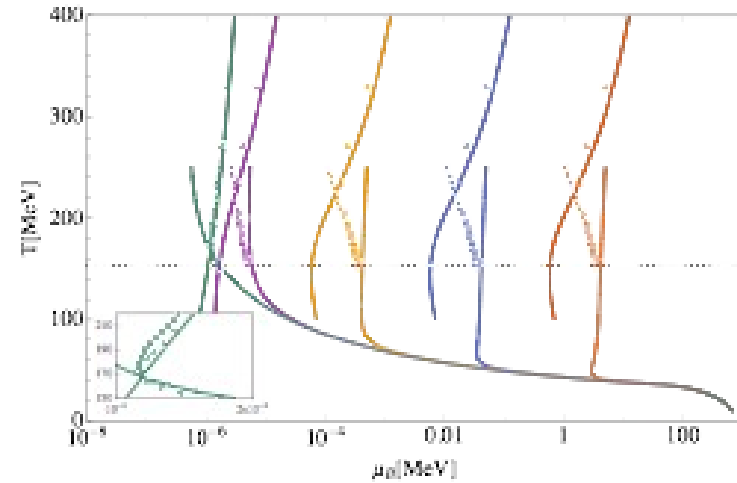
Conceptual basis for disentangling genuine from matter-induced CP violation in the observable CP asymmetry

G. Barenboim, W. H. Kinney, M. J. P. Morse,
Phantom Dirac-Born-Infeld dark energy,
 Phys. Rev. D98 (2018), no.8, 083531



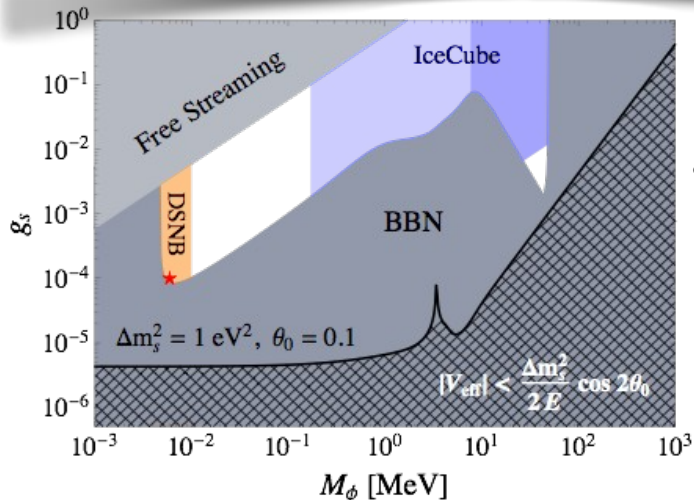
Phantom dark energy model ($p/\rho < -1$) to reconcile Hubble constant measurements at large and small redshifts

M. M. Wygas, I. M. Oldengott, D. Bödeker, D. J. Schwarz,
Cosmic QCD epoch at nonvanishing lepton asymmetry,
 Phys. Rev. Lett. 121 (2018), no.20, 201302



— $l = -(5/28)b$ — $l = -1 \times 10^{-8}$ — $l = -1 \times 10^{-5}$ — $l = -1 \times 10^{-4}$ — $l = -1 \times 10^{-2}$

Study of how large lepton asymmetries impact the cosmic trajectory in the QCD phase diagram: important to compute the DM abundance



Y. S. Jeong, S. Palomares-Ruiz, M. H. Reno, I. Sarcevic,
 • **Probing secret interactions of eV-scale sterile neutrinos with the diffuse supernova neutrino background**, JCAP 1806 (2018), no.6, 019

Astrophysical and cosmological tests of sterile neutrinos with self-interactions

Quantum Information

C.1 Comportamiento dinámico de una partícula con espín en una red mediante funciones de Wigner.

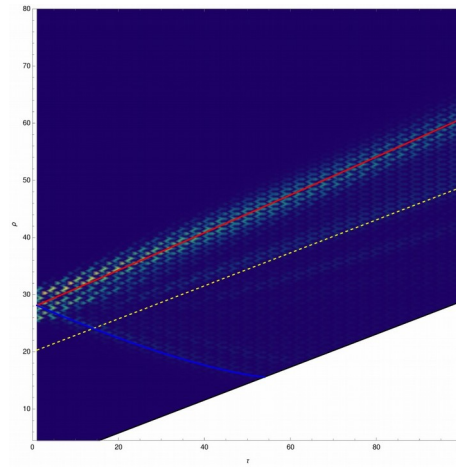
C.2 Estudio del proceso de decoherencia en el camino cuántico.

C.3 Relaciones de dispersión en dos dimensiones, para el diseño de estados extensos en la red.

C.4 Sistemas cuánticos abiertos

C.5 Termodinámica Cuántica.

**Quantum Walks:
Simulation of the
Dirac equation (flat
or curved spacetime)
Lattice gauge
theories**

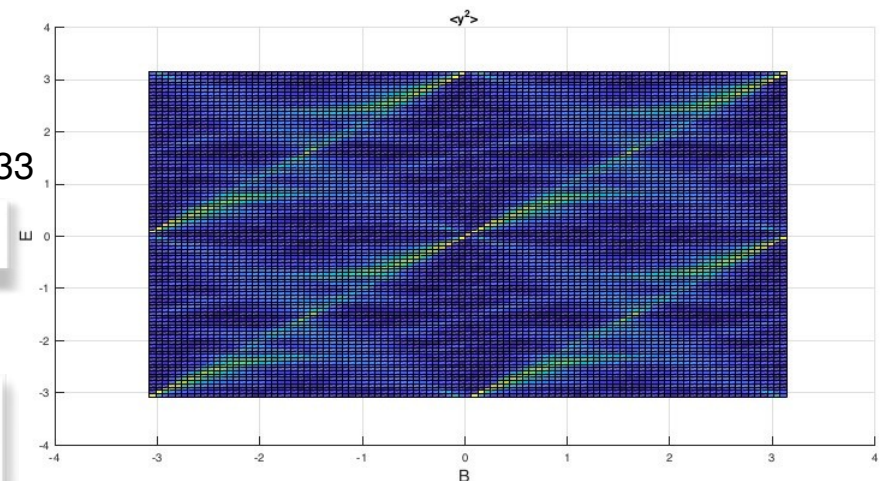


**Simulating the quantum motion
of a particle on a lattice with
given metric: particle around a
black hole**

P. Arrighi, G. Di Molfetta, I. Márquez-Martín, A. Pérez,
*Dirac equation as a quantum walk over the
honeycomb and triangular lattices*,
Phys. Rev. A97 (2018) no.6, 062111

I. Márquez-Martín, P. Arnault, G. Di Molfetta, A. Pérez,
*Electromagnetic lattice gauge invariance in two dimensional
discrete-time quantum walks*, Phys. Rev. A98 (2018) no.3, 032333

Dispersion of the Quantum Walk on a E+B field



P. Arnault, A. Pérez, P. Arrighi, T. Farrelly, *Discrete-time quantum
walks as fermions of lattice gauge theory*, arXiv:1807.08303

Lattice gauge theories and Quantum Walks

Outreach

Miguel Angel Sanchis

- Vicepresidente de la Real Sociedad Española de Física,
- Diversas Conferencias de divulgación.
- Varios artículos de divulgación.
- Coordinación y participación en el Pint of Science, "De los átomos a las galaxias"
- Libro: "Los límites del Universo. Exporando lo desconocido", colección "Un paseo por el cosmos", RBA

Gabriela Barenboim

- Ciclo "Si ellas pudieron, tu tambien" financiado por la Ramon Areces
- Charla TED "¿Cambiará mi vida la energía oscura del universo?"

Oscar Vives

- Libro: "Física más allá del Modelo Estándar", colección "Un paseo por el cosmos", RBA

Sergio Palomares Ruiz

- *Charlas, Dia la de la materia oscura en el Hemisfèric.*
- *Entrevistas en Onda Cero (Aparici en órbita - Más de uno), Radio Exterior- RNE (A ciencia cierta - Marca España) y Radio Santa María de Toledo (Luciérnagas), por motivo del artículo que publicamos en Nature Physics, que también ha sido mencionado en diferentes periódicos y revistas (nacionales e internacionales).*

Spin off

Vicent Giménez

A LQCD spin-off: sub-minute high performance Monte Carlo calculations for accelerator physics, radiotherapy and nuclear medicine

Uso de la experiencia en simulaciones Monte Carlo adquirida en los estudios de Lattice QCD para estudiar el transporte y absorción de radiación a través de materia con geometrías arbitrarias.

Implementar la física de PENELOPE para conseguir que puedan ejecutar las simulaciones en tiempo real.

Aplicaciones en física de aceleradores, radioterapia y medicina nuclear.