

# **GRUPO DE PRINCIPIOS PRINCIPIOS FUNDAMENTALES**

**LUIS URRUTIA**

**INSTITUTO DE CIENCIAS NUCLEARES-UNAM**

**Pachuca, 12 de noviembre, 2016**



**Reunión general de la Red-FAE**

**De una manera muy general los temas considerados se pueden agrupar de la siguiente manera:**

- (1) Problemas fundamentales de la mecánica cuántica y su relación con la gravitación:** (Y. Bonder, C. Chryssomalakos, T. Koslowski, E. Okon, C. Ramirez, M. Salgado, D. Sudarsky).
- (2) Estudio de simetrías espacio temporales:** (Y. Bonder, D. Delepine, P. Hess, E. Martinez, H Martínez L. Nellen, J. Toscano, L. Urrutia, D. Vergara).
- (3) Teorías no conmutativas:** (C. Chryssomalakos, D. Vergara)

**(4) Violación de CP: ( R. Juarez, P. Kielanowski, D.Delepine)**

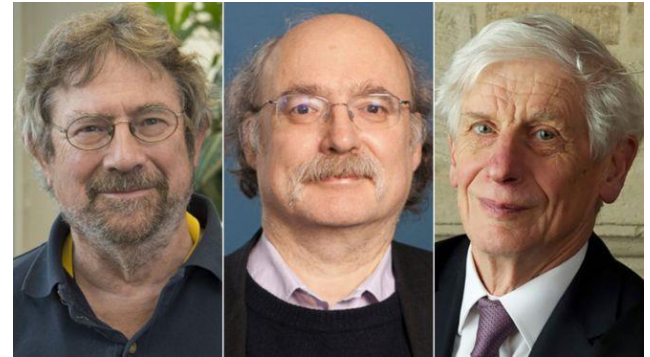
**(5) Gravedad cuántica: (T. Koslowski, C. Ramirez)**

**(6) Dimensiones extras: (E. Martinez, J. Toscano)**

**(7) Teoría de Cuerdas: (E. Cáceres, M. Chernicoff, H. García-Compeán, J. A. García Zenteno, A. Güijosa, O. Loaiza-Brito, L. Patiño, S. Ramos-Sánchez, M. Sabido)**

**(8) Grafeno: (A. Raya, L. Urrutia)**

- **Mayoritariamente se detectó la posibilidad de problemas comunes teóricos y con posibilidades de relación con la observación en el área de violaciones a las simetrías de espacio-temporales (HAWC, AUGER)**
- **También se detecto una intersección en el área de estructuras topológicas efectivas en materia condensada.**
- **Premio Nobel reciente, más interés recientes en el tema motivaron a centrar la sesión de trabajo en torno estos dos temas.**



# PARTICIPANTES

- **Yuri Bonder, ICN-UNAM**



- **Alberto Martín-Ruiz**



- **Humberto Martínez, Cinvestav**



- **Alfredo Raya, U. Michoacana**



- **David Vergara, ICN-UNAM**



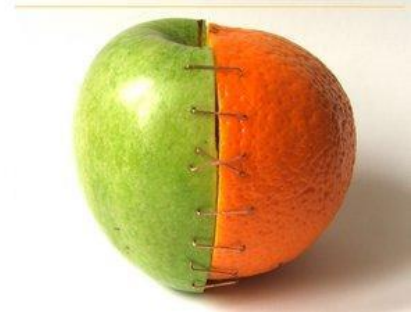
- **Luis Urrutia, ICN-UNAM**



# INVARIANCIA LOCAL DE LORENTZ Y TEORIAS DE CAMPO EFECTIVAS

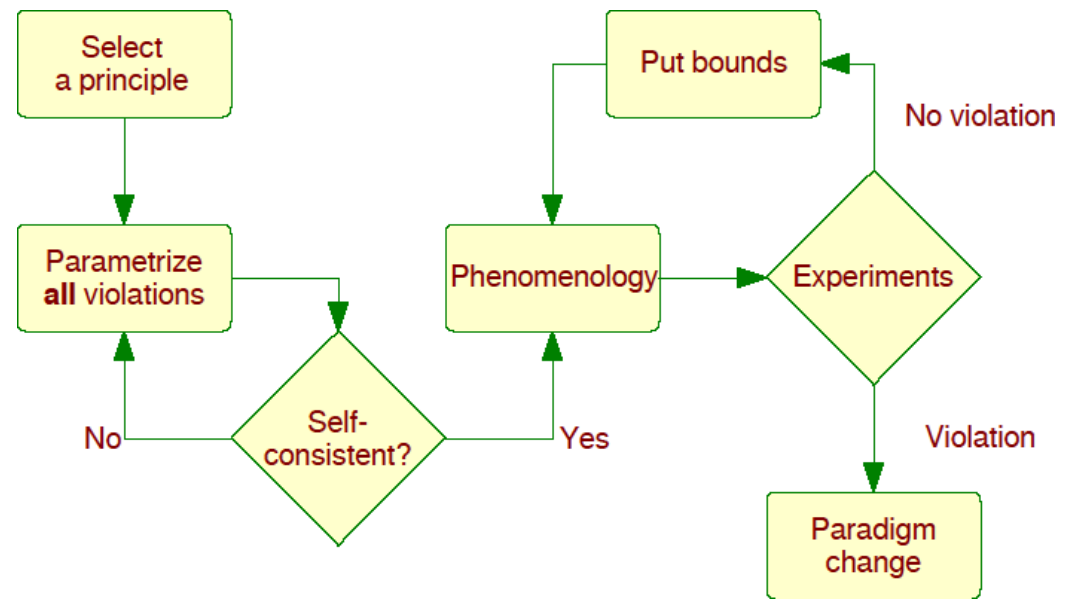


- **Física fundamental = GR + QM.**
- **Inconsistencia teórica.**



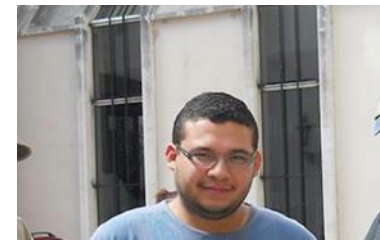
- **Violaciones de Lorentz es un camino interesante para buscar nueva física. Restricciones para la GQ.**
- **La teoría de campos efectiva da un marco robusto para parametrizar las posibles violaciones de Lorentz.**

- **RUTA A SEGUIR**



- **Hay inconsistencias teóricas; sobre todo en espacio-tiempos curvos:**
  - 1. Violaciones de Lorentz explícitas son incompatibles con la invariancia ante difeomorfismos.**
  - 2. Evidencia de que violaciones de Lorentz espontáneas no tienen buena formulación de valores iniciales (no son modelos predictivos).**

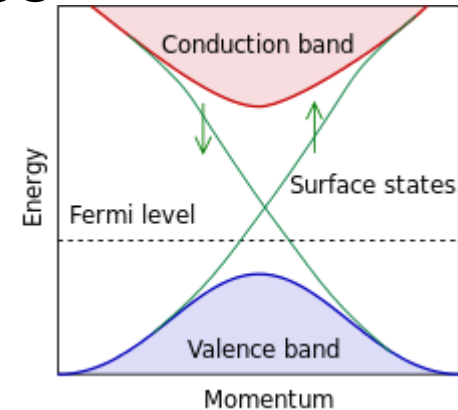
# RESPUESTA ELECTROMAGNETICA DE AISLANTES TOPOLOGICOS (AT).



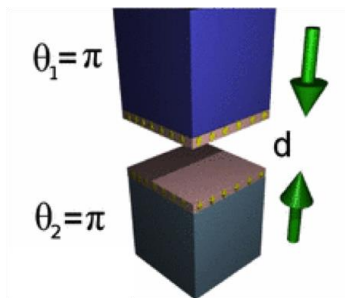
- Sistemas que son aislantes en el bulto pero conductores en la superficie.
- Efecto Hall cuántico en la superficie sin campo magnético.

- Teoría efectiva es

$$L = L_{ED} + \frac{\alpha}{4\pi} \theta \vec{E} \cdot \vec{B}$$

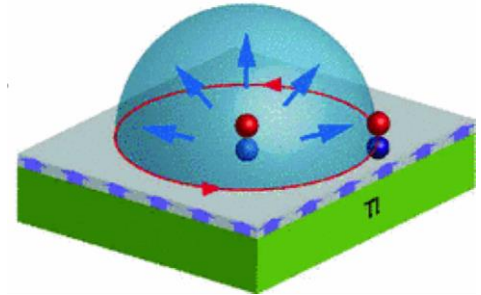
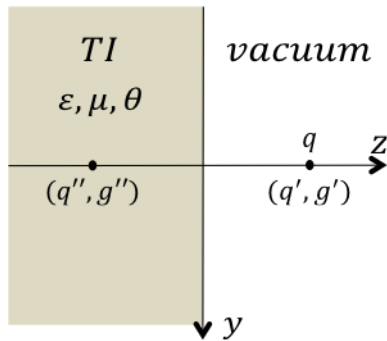


- $\theta$  es como otra propiedad dieléctrica del medio: constante por pedazos.





## • EFECTO MAGNETO-ELECTRICO



- Se calculó la función de Green del sistema para geometrías plana, cilíndrica y esférica.
- Esto reemplaza al método de imágenes empleado en la literatura para calcular la respuesta.
- Se calculó el efecto Casimir entre una placa metálica y la superficie de un aislante topológico.
- La FG permite usar la aproximación dipolar en la parte magnética, para calcular el efecto de un átomo frente a un AT.

# FERMIONES DE DIRAC EN EL PLANO



- La dinámica para los fermiones de Dirac en 2 dimensiones espaciales surge naturalmente cuando consideramos situaciones en la física de partículas en condiciones extremas, por ejemplo, en presencia de un baño térmico, de sistemas fermiónicos de alta densidad y/o sujetos a la influencia de un campo magnético
- En contraparte, en la física de la materia condensada, surgen naturalmente en la descripción efectiva a baja energía de superconductores de alta  $T_c$ , grafeno y la nueva era de materiales bidimensionales que recientemente han revolucionado esta área de la ciencia.
- Incluso en algunos escenarios de mundos brana y/o gravedad, estos sistemas surgen efectivamente.

- **Comenzando por la elección no trivial para una representación de las matrices de Dirac, el Lagrangiano para fermiones planares admite no solo la presencia de un término de masa tipo Dirac como el que conocemos en la física de partículas**
- **Permite un término de masa llamado de Haldane ( de naturaleza topológica), que además viola T,P.**
- **El efecto de dicha masa tiene implicaciones importantes tanto en la física de partículas, de materia condensada y posibles extensiones a gravedad en bajas dimensiones.**

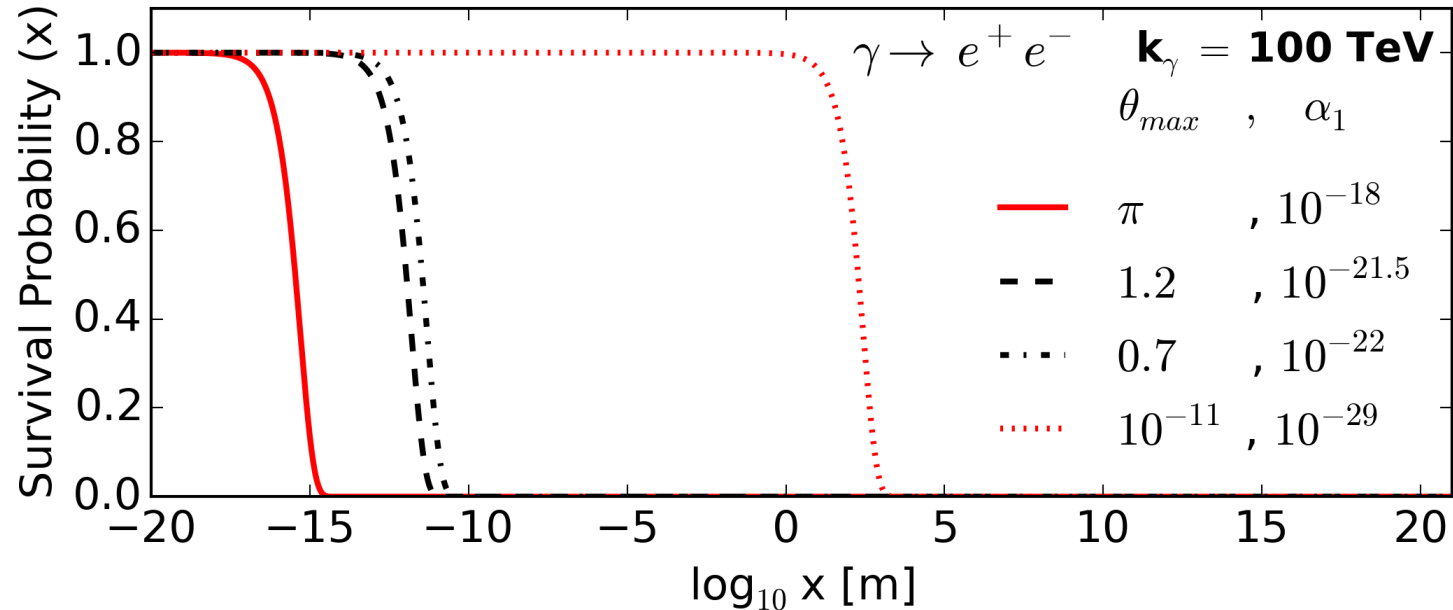
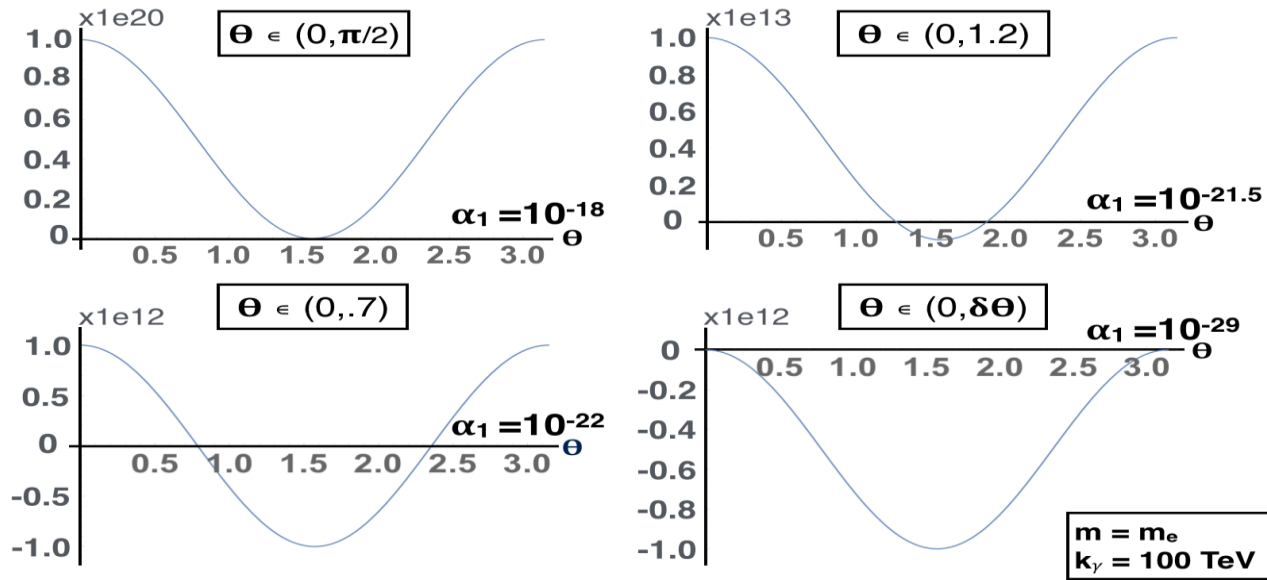
# RESTRICCIONES EN ASTROFISICA PARA LA VIOLACION GENERICA DE LA LIV



- Estudio cinemático de la LIV usando relaciones de dispersión genéricas para el fotón  $\omega^2 \approx k^2(1 + \alpha_n k^n)$ .
- La idea es que LIV permite procesos prohibidos en el caso usual (decaimiento del fotón, rad. Cerenkov en el vacío).
- Se aplica a fotones de muy alta energía (HAWC).
- Rayos cósmicos de muy alta energía (Auger)

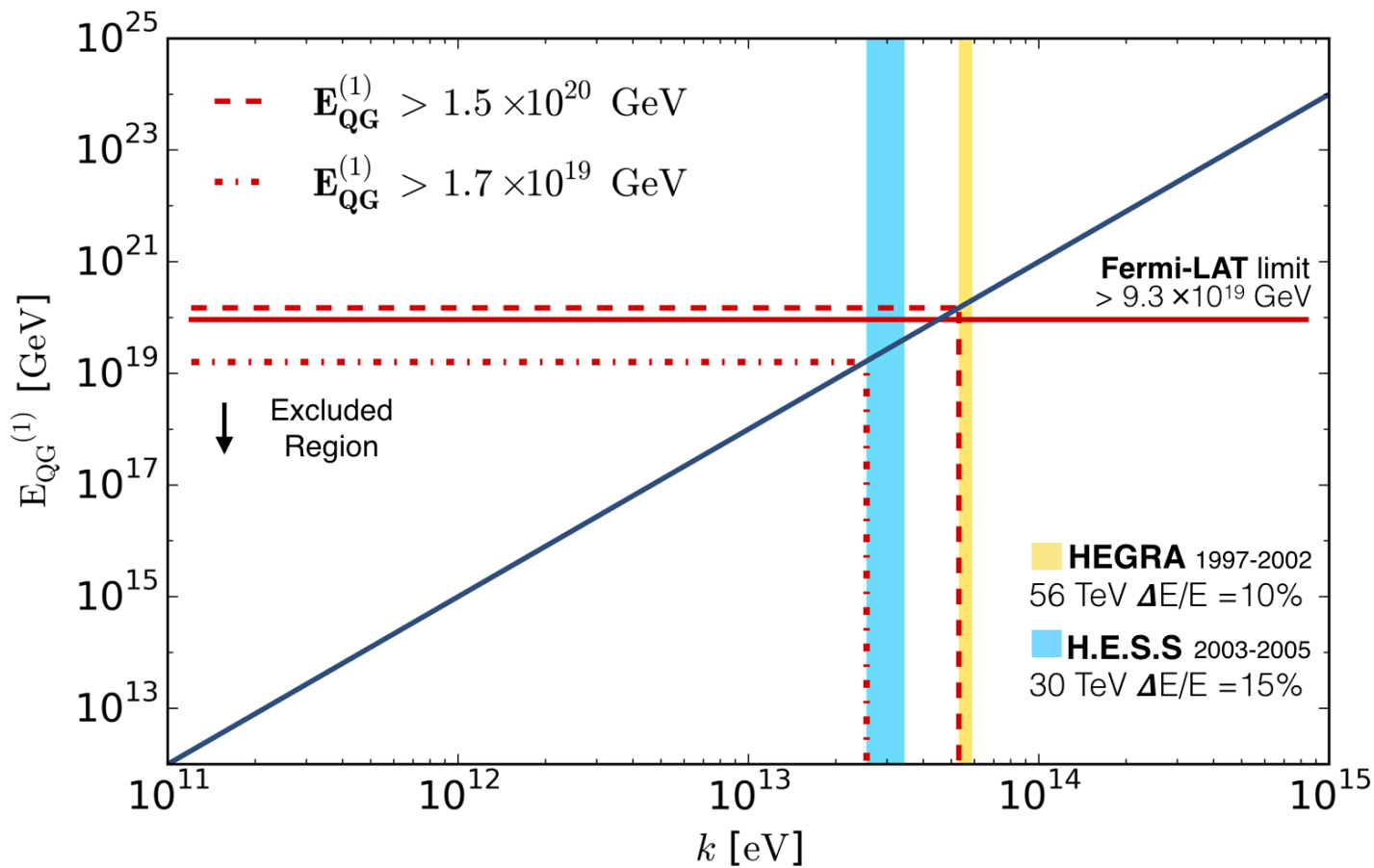


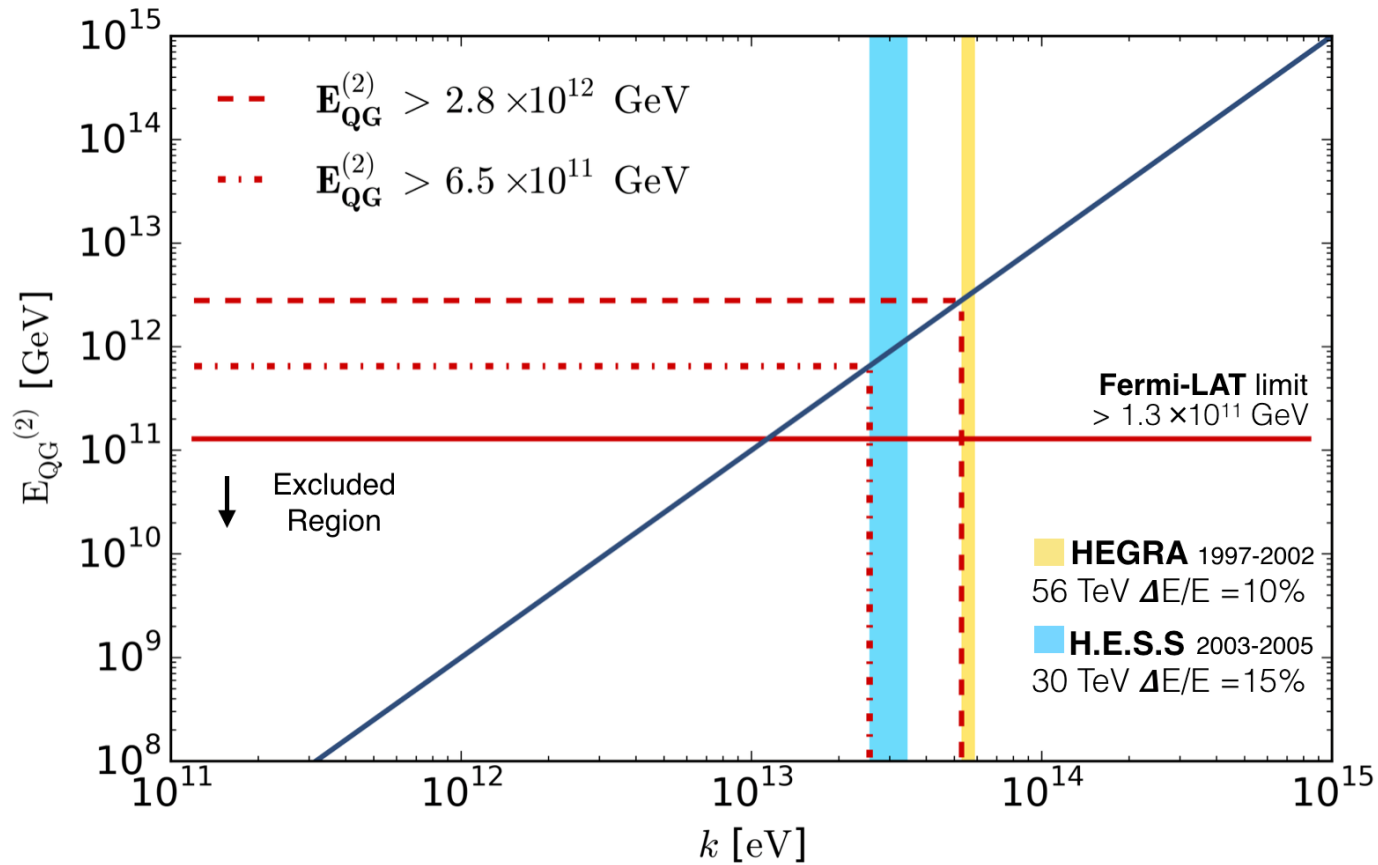
# Violación de Lorentz y fotones de alta energía.



**Turn off  
LIV Photon Decay**

$$\int_0^{\theta_{max}} \Gamma(k, m, \theta, \alpha_n) \xrightarrow{\delta\theta \sim 0} E_{QG}^n > k_{obs} \left[ \frac{k_{obs}^2 - 4m^2}{4m^2} \right]^{(1/n)}$$





Source	Experiment	Limit on $E_{\text{QG}}^{(1)}$	Limit on $E_{\text{QG}}^{(2)}$	Distance	$\Delta t$	$E_{\text{max}}$
Crab	VERITAS	$1.7 \cdot 10^{17}$ GeV	$7 \cdot 10^9$ GeV	2.2 kpc	100 $\mu$ s	120 GeV
GRB090510	Fermi/LAT	$9.1 \cdot 10^{19}$ GeV	$1.3 \cdot 10^{11}$ GeV	$z = 0.903$	combined methods	
PKS 2155-304	H.E.S.S.	$2.1 \cdot 10^{18}$ GeV	$6.4 \cdot 10^{10}$ GeV	$z = 0.116$	likelihood fit	
PG 1553+113	H.E.S.S., Fermi/LAT	$4.3 \cdot 10^{17}$ GeV	$2.1 \cdot 10^{10}$ GeV	$z = 0.49 \pm 0.04$	combined analysis	
HAWC Pulsar ref.	HAWC	$10^{17}$ GeV	$9 \cdot 10^9$ GeV	2 kpc	1 ms	500 GeV
HAWC GRB ref.	HAWC	$4.9 \cdot 10^{19}$ GeV	$1.1 \cdot 10^{11}$ GeV	$z = 1$	1 s	100 GeV

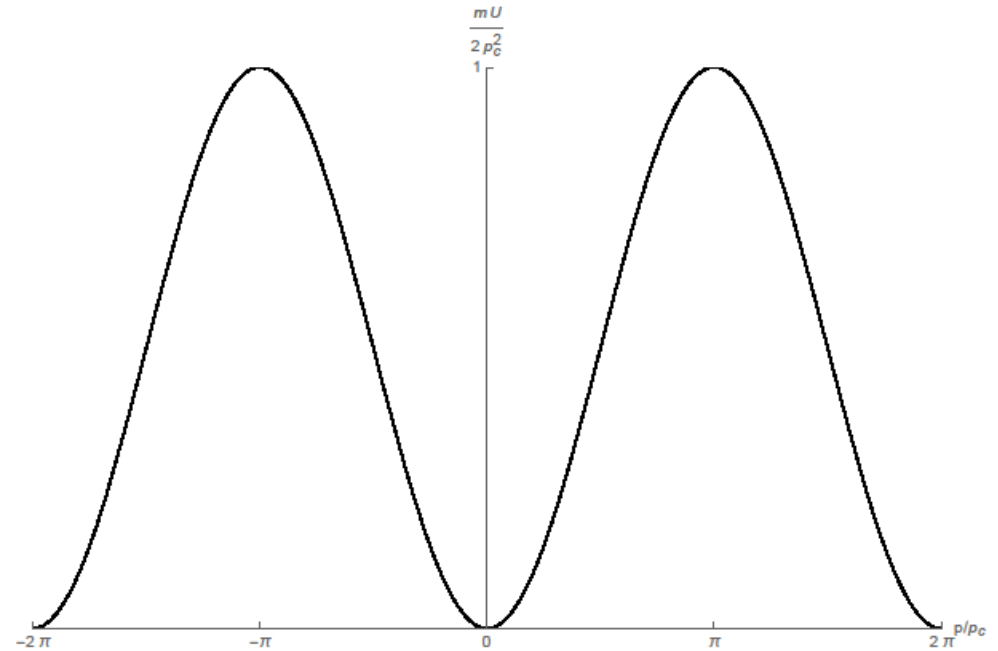
# INSTANTONES EN EL OSCILADOR ARMONICO POLIMERICO Y SU APLICACION A COSMOLOGIA



- En la mecánica cuántica estándar, la estructura de bandas del espectro de energía puede ser estudiada como un efecto túnel debido a Instantones.
- En el caso polimerico ( $\mu$ ) se calculó el propagador renormalizado del oscilador armónico.
- Las fluctuaciones cuánticas alrededor de la solución de instantón se utilizan para determinar la longitud de penetración.
- Se obtuvo el ancho de la banda correspondiente al estado fundamental,  $0 < \lambda < \mu / 2$ .
- Posible aplicación a la cosmología de FRW, con  $k=1$ .

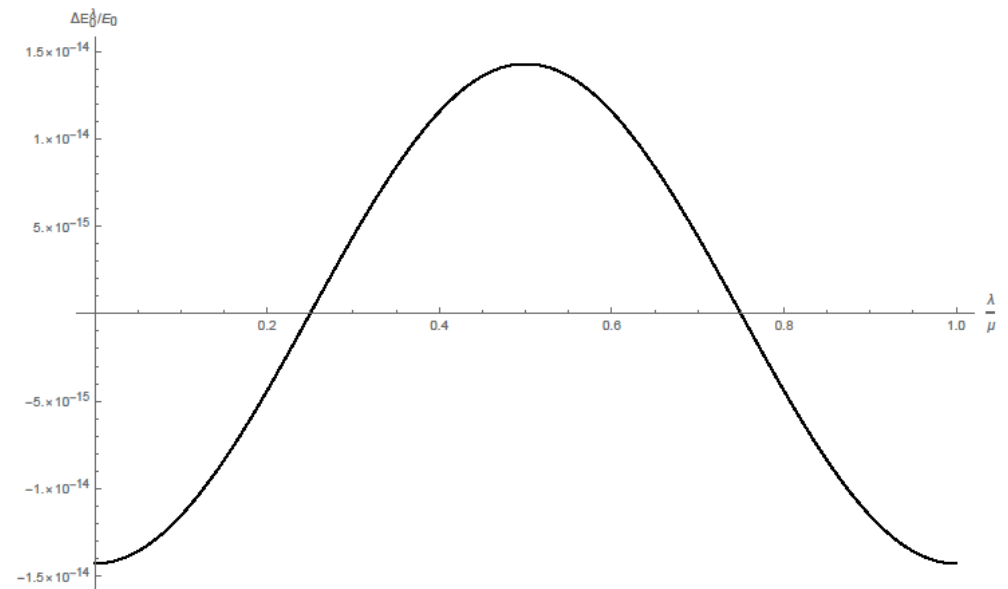


# POTENCIAL DEL O.A. POLIMERICO



$$\Delta E_0^\lambda = E_0^\lambda - E_0^{\lambda=0}$$

$$0 < \lambda < \left( \frac{h}{2\pi m\omega} \right)^{1/2} = \frac{\mu}{2}$$



# LIV E INTRODUCCION AL EFECTO HALL CUANTICO.

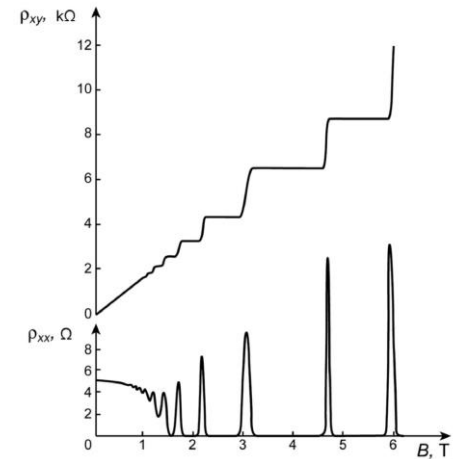
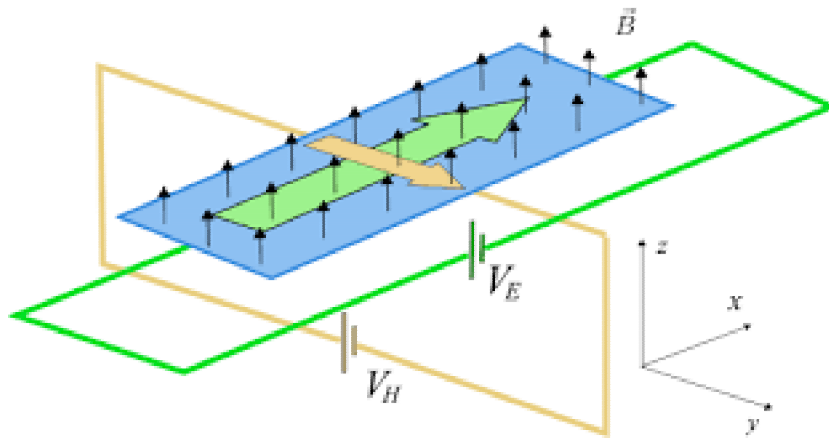


- **Los modelos de Nambu: posibilidad de identificar partículas de norma con los bosones de Goldstone de la LIV.**
- **El modelo abeliano (ANM)**

$$L = -\frac{1}{4} F^{\mu\nu} F_{\mu\nu} + J_{\mu} A^{\mu} \quad A^{\mu} A_{\mu} = n^{\mu} n_{\nu} M^2$$

- **Se recupera la ED imponiendo la ley de Gauss como una condición inicial . La dinámica del ANM garantiza la conservación de esta restricción**

- Se reportaron avances en el cálculo de la sección eficaz LIV del proceso  $\gamma + \gamma \rightarrow e^+ + e^-$  en el SME. El resultado requiere de clarificaciones.
- Se revisó el efecto Hall cuántico entero



- Se mostró que la conductividad  $\sigma_{xy}$  está cuantizada como  $N(e^2 / h)$  debido a la aparición de un invariante topológico: el primer número de Chern.

**MUCHAS GRACIAS**