

# er 3 festival de altas energías

Una instancia para conversar sobre nuestro trabajo e intereses.

Charlas  
breves (5 a 10  
minutos).

30 de octubre  
A partir de las 14  
horas  
Auditorio Jorge  
Krause

Profesores  
y alumnos

¿Buscas tema de  
tesis o práctica?  
Ven y aprende más  
sobre nuestras  
investigaciones.

Contacto:  
[hep@fis.uc.cl](mailto:hep@fis.uc.cl)

# ¡Bienvenidos!



INSTITUTO DE FÍSICA  
FACULTAD DE FÍSICA

# Experimental HEP at PUC

Gonzalo Leal

28 de octubre de 2015

# ¿Quieres un camino diferente? Ven al HEPLAB!

High Energy  
Physics?

???

Theory?



Experiment?

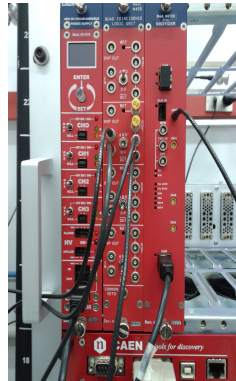
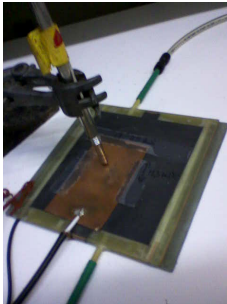
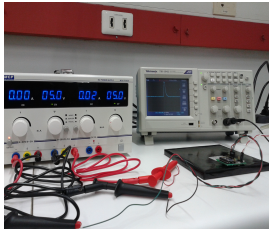
What should I do?

Estamos en el Edificio de Física Experimental...



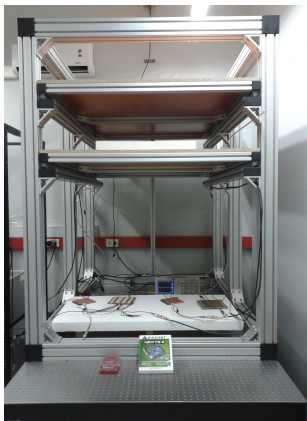
...siempre disponibles para aceptar nuevos alumnos!

Si te gusta la electrónica...

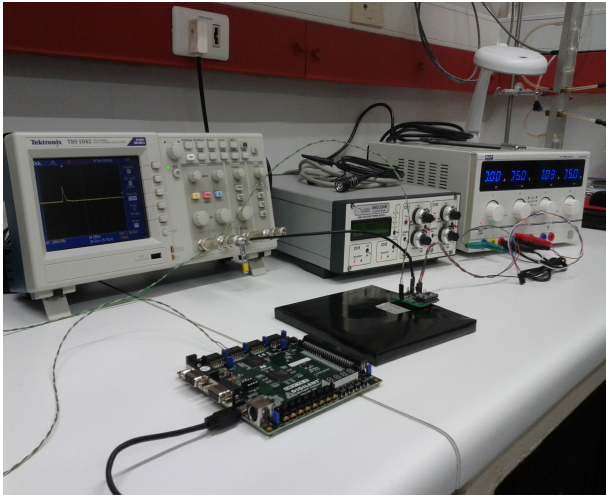




y también la computación...este es tu lugar!



- 1 Hodoscope for sTGC Testing
- 2 Uso de detectores de plástico centelleante (UTFSM)
- 3 Data analysis
- 4 Implementación de standard NIM (Electrónica)
- 5 Desarrollo de *read-out electronics*



# JOIN US!





# Física de Partículas Experimental con Daya Bay y ATLAS



**J. Pedro Ochoa**

Segundo Festival de Altas  
Energías, PUC

Santiago, Chile – Junio 2014

# ATLAS y Daya Bay

- ❖ En la PUC estamos involucrados en las dos áreas de física de partículas experimental con mayor actividad ahora:

Colisionadores  
(ATLAS)

Física de Neutrinos  
(Daya Bay)



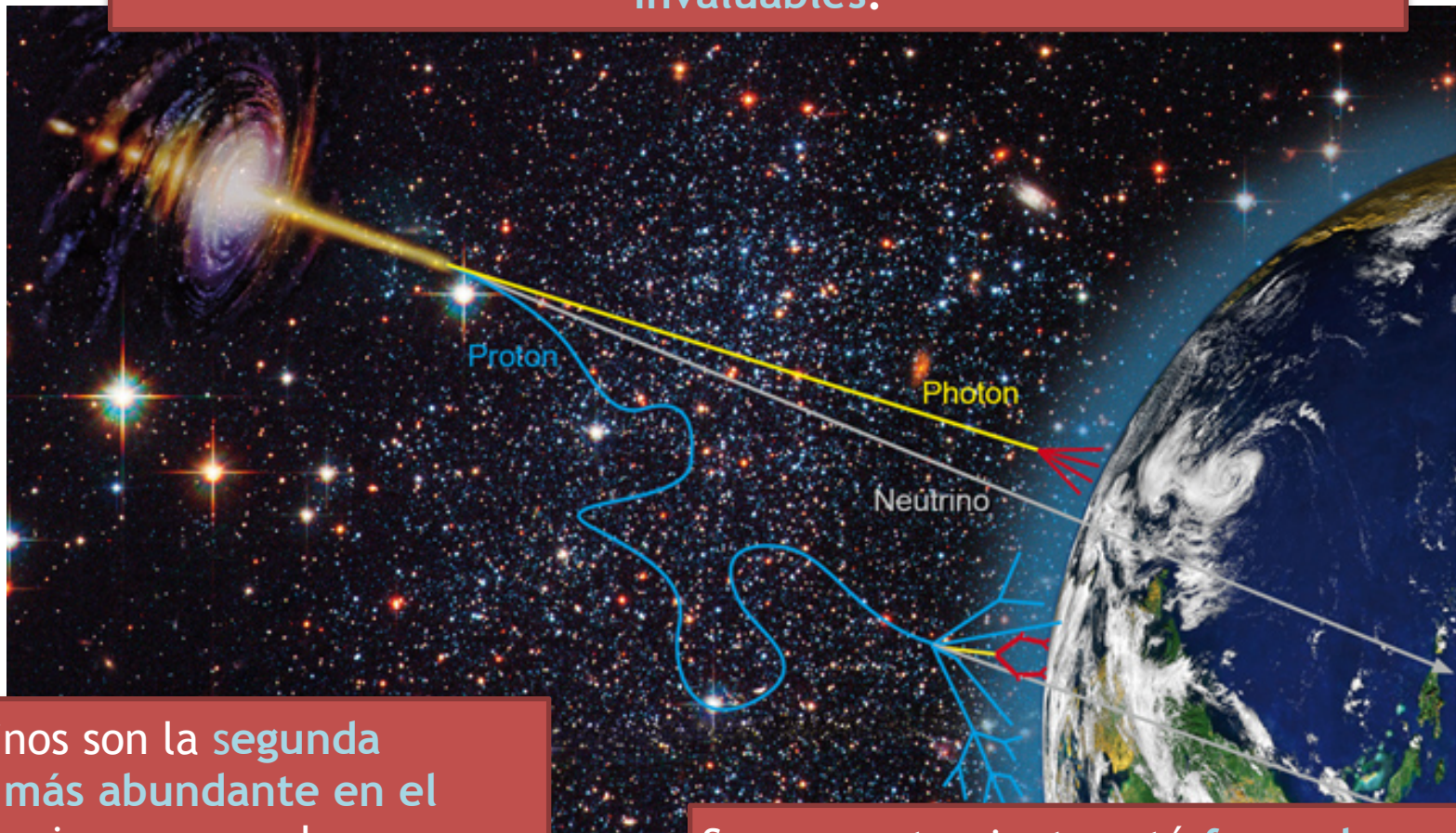
- ❖ Participamos en dos experimentos internacionales que tienen un muy alto impacto científico a nivel mundial: ATLAS y Daya Bay

- ✓ Me voy a concentrar en Daya Bay, pero el Prof. Marco Aurelio, Edson y Gonzalo van a hablar sobre nuestro trabajo en ATLAS

# ¿Por qué neutrinos?

- ❖ Si queremos comprender nuestro universo, necesitamos tener un buen entendimiento de los neutrinos:

Los neutrinos viajan sin ningún tipo de interferencia por el cosmos, lo que los hace **mensajeros astronómicos** **invaluables**.



Los neutrinos son la **segunda** **partícula más abundante** en el **universo**, y juegan un rol importante en procesos **cosmológicos**.

Su comportamiento está **fuera de nuestra** **mejor teoría** de la física de partículas (el **Modelo Estándar**)

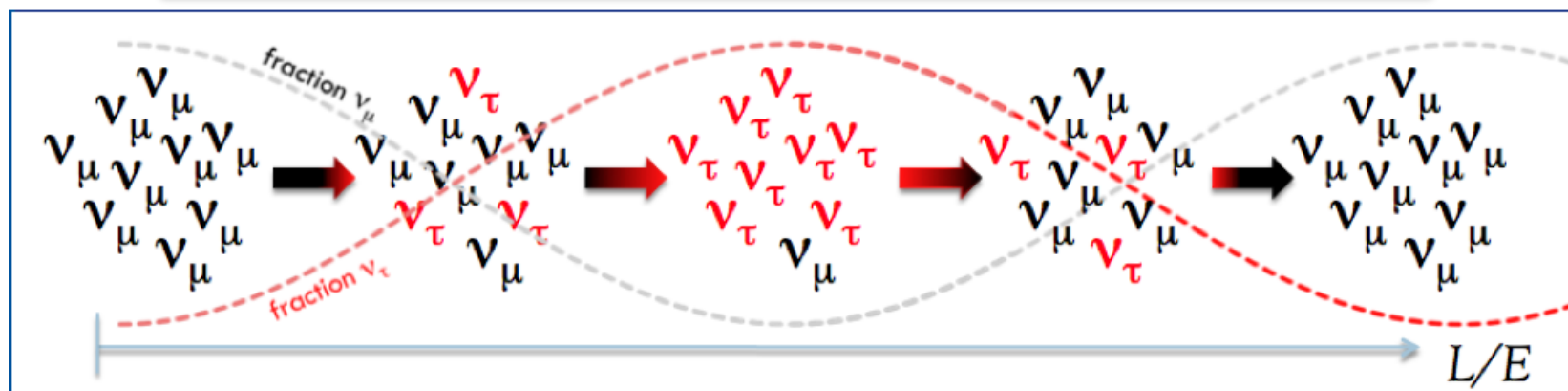
# ¿Por qué neutrinos?

- ❖ De entre todas las partículas fundamentales que se han detectado experimentalmente, los neutrinos son los **menos comprendidos**:

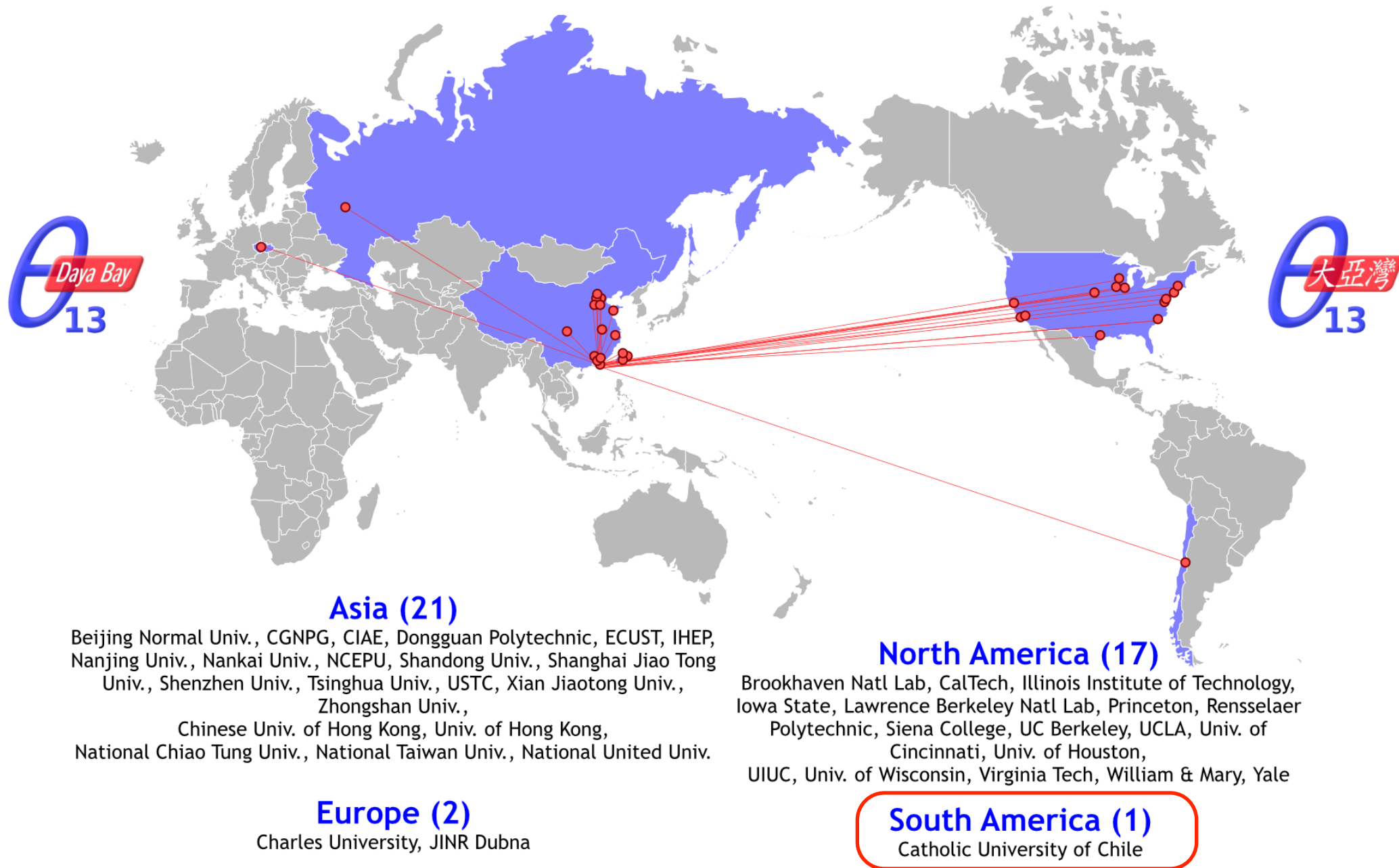


- ¿Cuál es su masa?
- ¿Obedecen CP, CPT?
- ¿Son su propia antipartícula?
- ¿Hay más de 3 neutrinos (como neutrinos estériles)?
- ¿Cuál es la jerarquía de masas?
- ... etc.

## Trastorno de Personalidad Múltiple (Oscilación de Neutrinos)



# Colaboración Daya Bay



**~230 Collaborators**

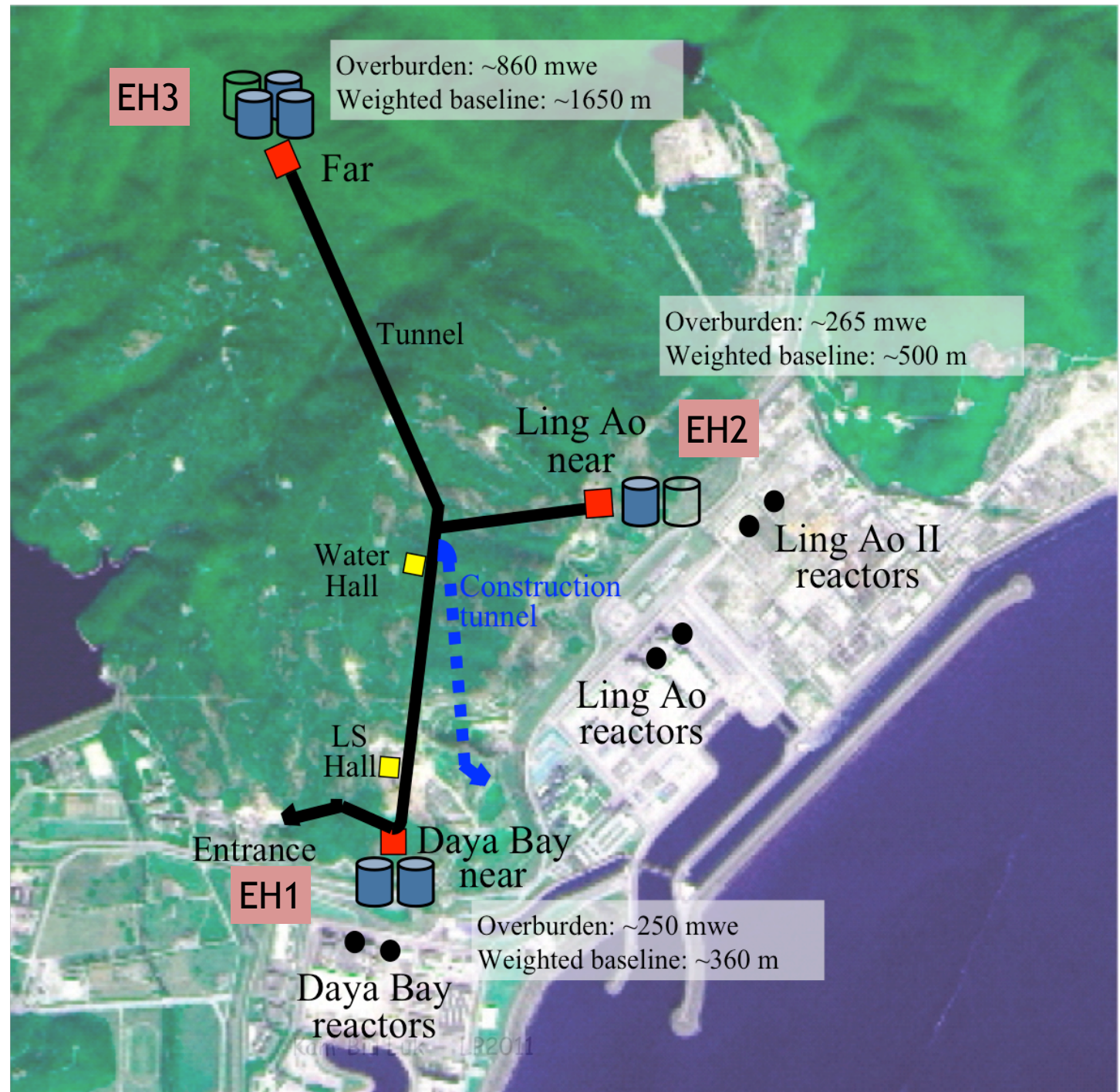
# El Experimento Daya Bay

❖ Anti-neutrinos de tipo electrón se producen abundantemente en reactores nucleares

❖ **Principio Básico:**

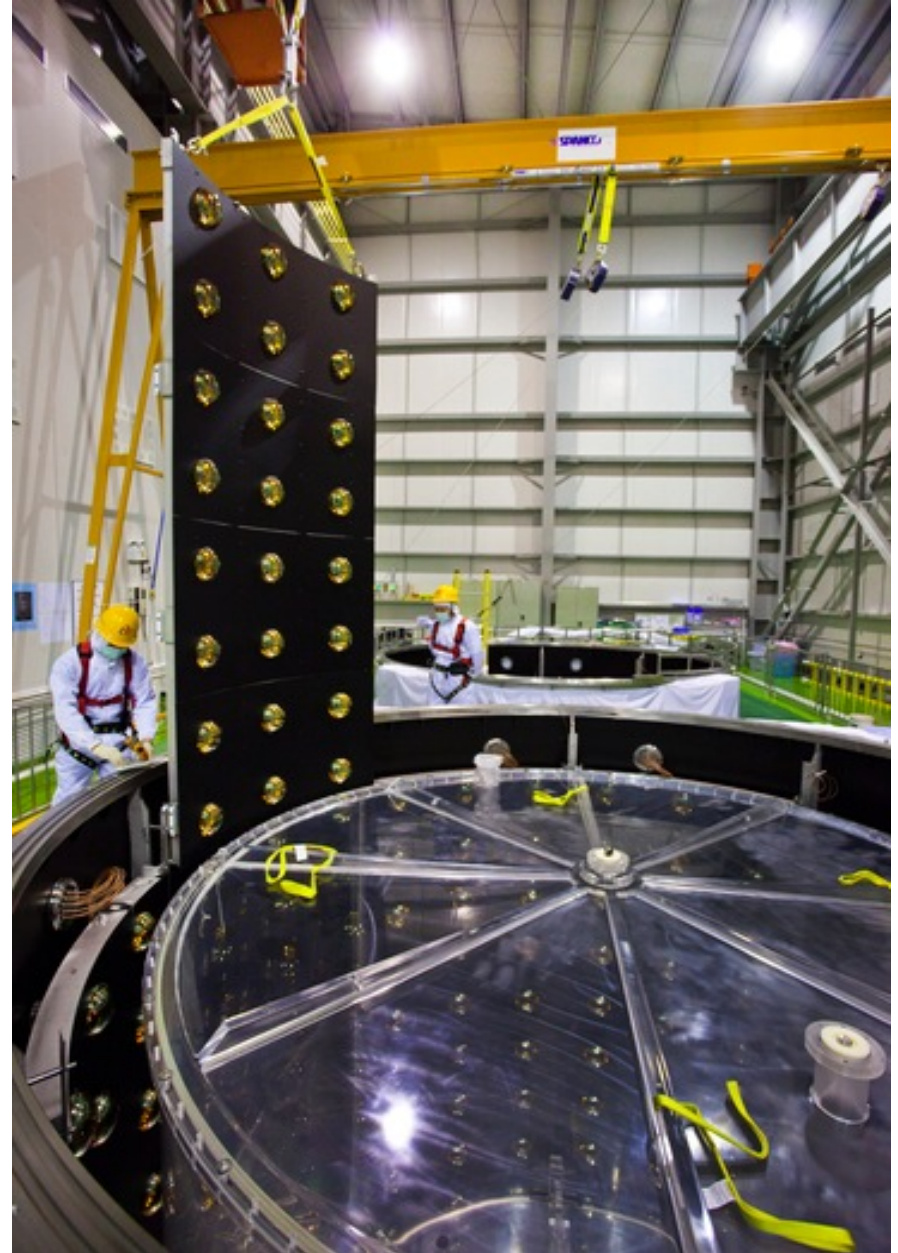
(i) medir el flujo de anti-neutrinos en dos locaciones cercanas (EH1, EH2) y una lejana (EH3)

(ii) estudiar como los anti-neutrinos se cambian de tipo



# El Experimento Daya Bay

- ❖ Un total de 8 detectores de mas de 100 toneladas cada uno, sumergidos en albercas de agua ultra-pura:

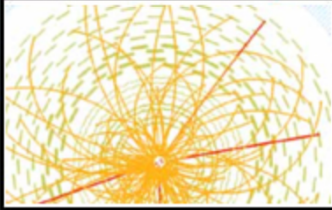


# Impacto

- ❖ Daya Bay tiene un impacto muy alto
- ❖ En 2012 por primera vez obtuvimos una medición definitiva de un parámetro que determina como los neutrinos se cambian de tipo
  - Este resultado fue reconocido como uno de los diez resultados científicos más importantes del año 2012

Paper: Observation of Electron-Antineutrino Disappearance at Daya Bay

- ❖ Acabamos (hace 3 días!) de sacar tres resultados nuevos.
  - Los voy a presentar el próximo miércoles a las 13.00 horas en la sala de física teórica, por si quieren saber más.



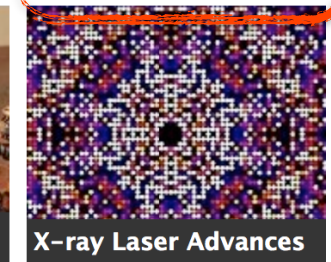
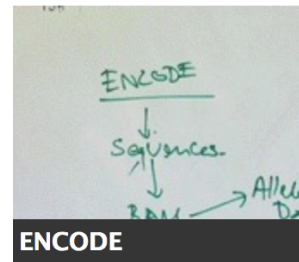
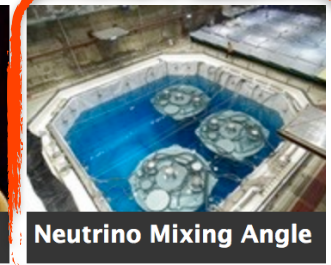
**FREE ACCESS**

## The Discovery of the Higgs Boson

A. Cho

Exotic particles made headlines again and again in 2012, making it no surprise that the breakthrough of the year is a big physics finding: confirmation of the existence of the Higgs boson. Hypothesized more than 40 years ago, the elusive particle completes the standard model of physics, and is arguably the key to the explanation of how other fundamental particles obtain mass. The only mystery that remains is whether its discovery marks a new dawn for particle physics or the final stretch of a field that has run its course.

[Read more about the Higgs boson from the research teams at CERN.](#)





# Conclusión

- Los neutrinos son unas partículas extremadamente interesantes:
  - Tienen unas propiedades únicas
  - Tienen un comportamiento “extraño” que nos permite adentrarnos en lo desconocido
- ¡Al estudiarlas podemos aprender mucho sobre el mundo en el que vivimos y sobre nuestro universo!

Los invito a trabajar con nosotros, en un grupo científico internacional de renombre

- Análisis de datos
- Trabajo experimental en el laboratorio (ver charla de Gonzalo)
- Reconstrucción, calibración... etc.

(ver charla de Nicolas sobre Daya Bay, y charlas sobre ATLAS a continuación)



# Trabajo de práctica

## Medición de la Desaparición de Antineutrinos Electrónicos en Daya Bay

Bruno Zerega

30 de Octubre de 2015

# ¿Qué es la oscilación de neutrinos?

¿Qué son los neutrinos?

- Partículas del Modelo Estándar
- Sólo interactúan mediante la fuerza gravitacional y la fuerza nuclear débil

Tres generaciones de la materia (fermiones)

	I	II	III	
masa →	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
carga →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
espín →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
nombre →	<b>u</b> arriba	<b>c</b> encanto	<b>t</b> cima	$\gamma$ fotón
	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
Quarks	<b>d</b> abajo	<b>s</b> extraño	<b>b</b> fondo	<b>g</b> gluón
	<2.2 eV	<0.17 MeV	<15.5 MeV	91.2 GeV
	0	0	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
	$\nu_e$ neutrino electrónico	$\nu_\mu$ neutrino muónico	$\nu_\tau$ neutrino tauónico	$Z^0$ bosón Z
	0.511 MeV	105.7 MeV	1.777 GeV	80.4 GeV
	-1	-1	-1	$\pm 1$
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
Leptones	<b>e</b> electrón	<b><math>\mu</math></b> muón	<b><math>\tau</math></b> tauón	<b><math>W^\pm</math></b> bosón W
				Bosones de gauge

# ¿Qué es la oscilación de neutrinos?

$$|\nu_\alpha\rangle = \sum_{i=1}^3 U_{\alpha i} |\nu_i\rangle$$

Autoestados débiles  
( $\alpha = e, \mu, \tau$ )

Matriz de mezcla

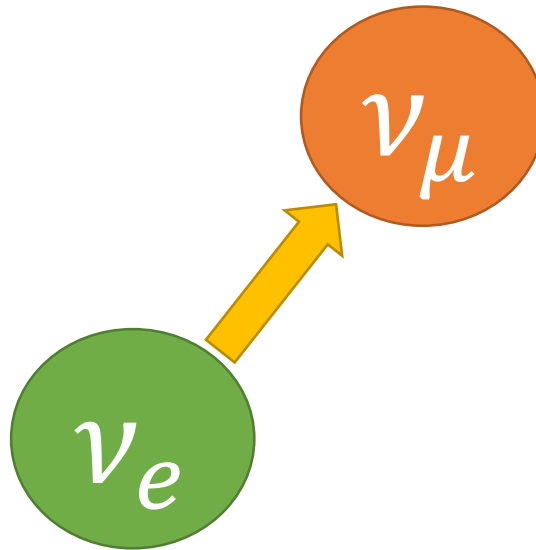
Autoestados de masa

- Los neutrinos no tienen masa determinada.
- La masa está dada por una superposición de estados.

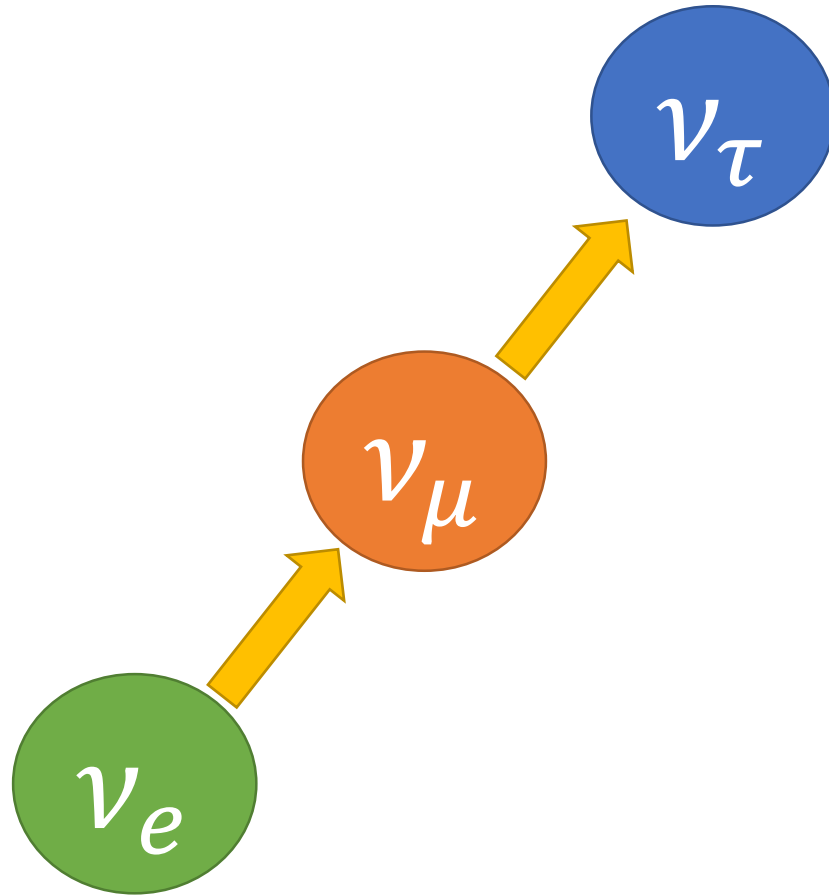
A medida que evolucionan la distribución de la superposición de masas cambia y el  $\nu$  puede cambiar de sabor



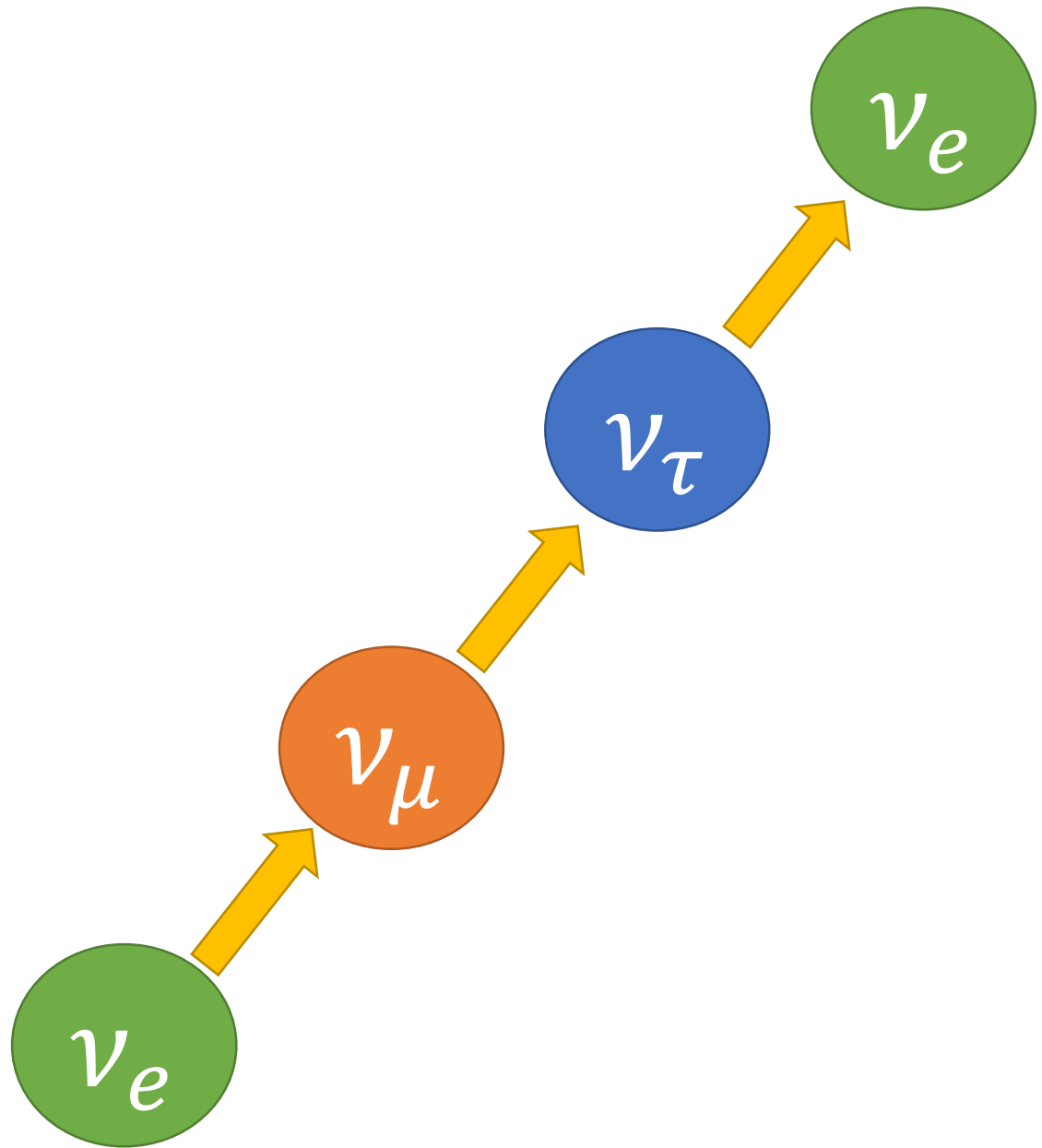
A medida que evolucionan la distribución de la superposición de masas cambia y el  $\nu$  puede cambiar de sabor



A medida que evolucionan la distribución de la superposición de masas cambia y el  $\nu$  puede cambiar de sabor



A medida que evolucionan la distribución de la superposición de masas cambia y el  $\nu$  puede cambiar de sabor

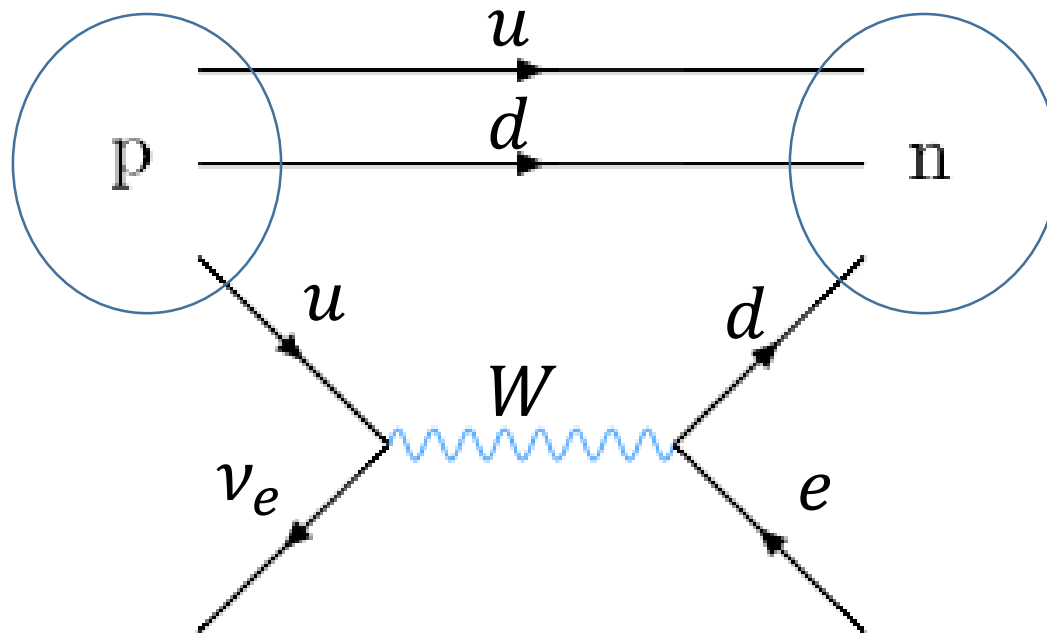




# Detección de $\bar{\nu}_e$

Decaimiento beta inverso (IBD)

$$\bar{\nu}_e + p = n + e^+$$

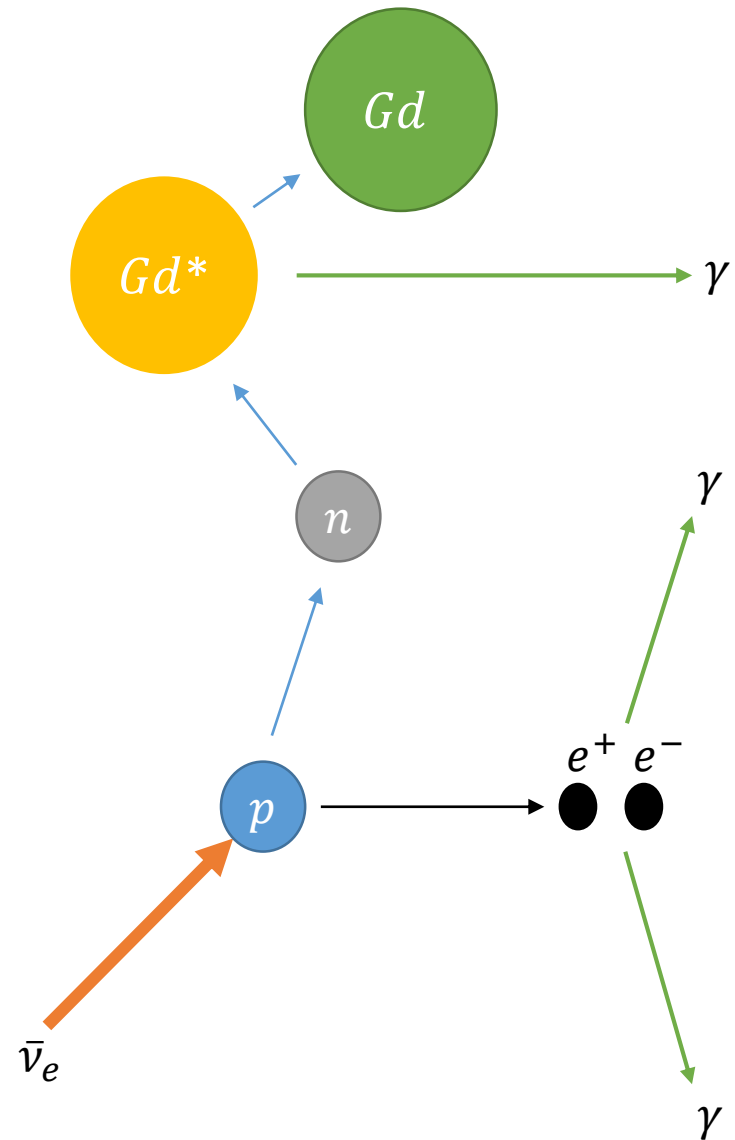


# Detección de $\bar{\nu}_e$

- Se detecta la señal del positrón.
- El neutrón es absorbido por un átomo (Gadolinio), dejándolo en un estado excitado.
- Al decaer a su estado fundamental emite una señal de  $\sim 8 \text{ MeV}$
- El tiempo entre prompt/delayed es  $\sim 30 \mu\text{s}$

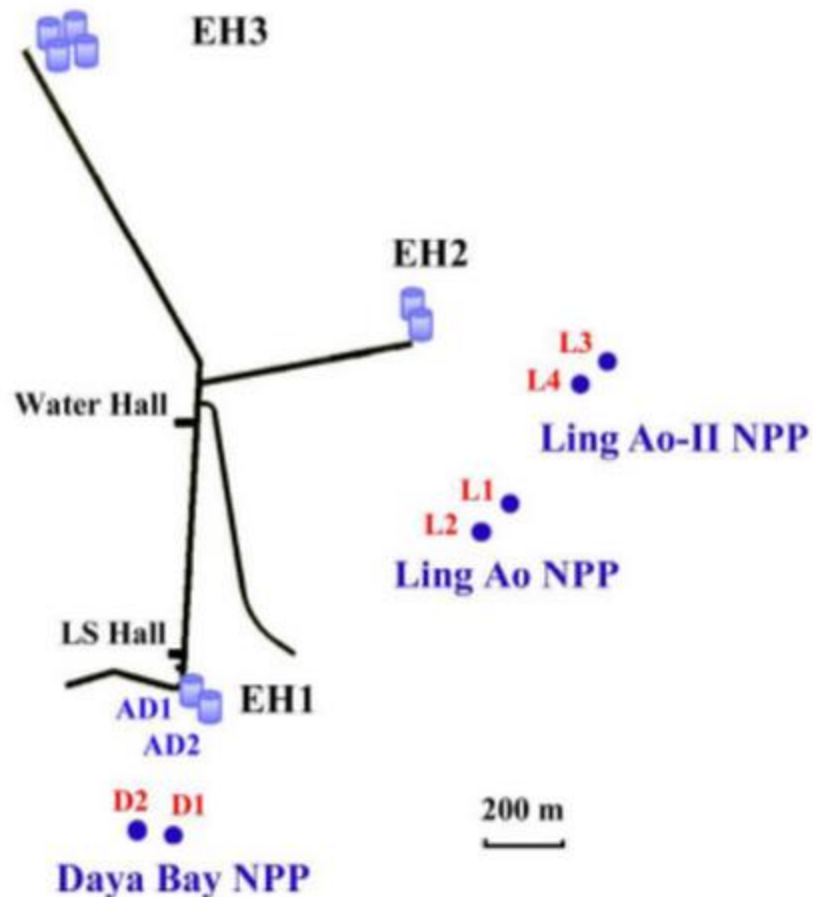
# Detección de $\bar{\nu}_e$

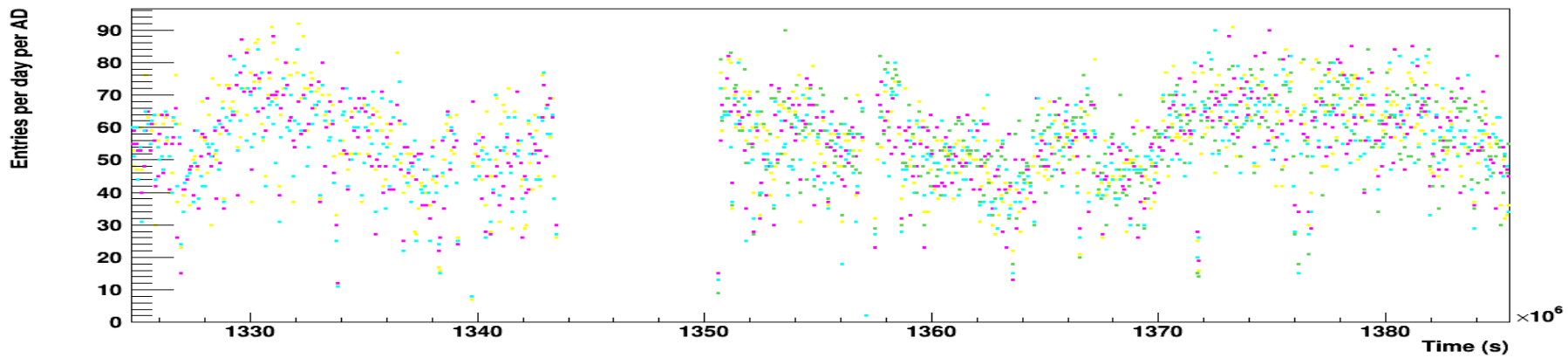
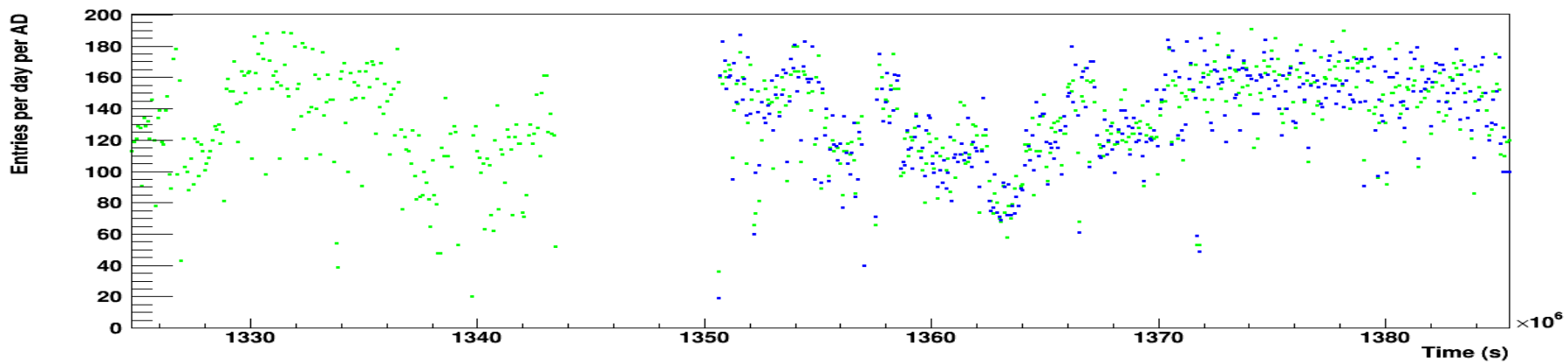
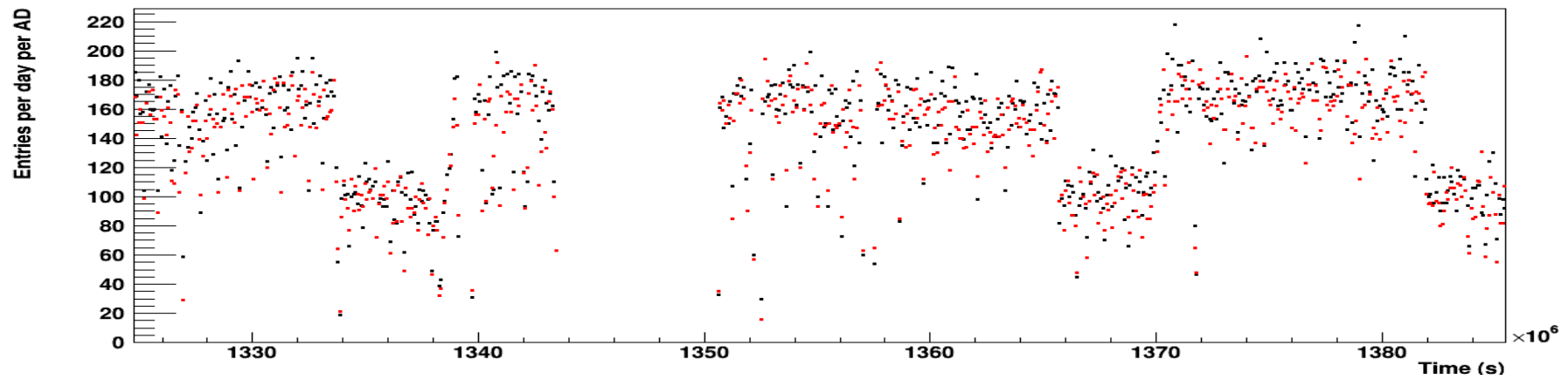
- Se detecta la señal del positrón.
- El neutrón es absorbido por un átomo (Gadolinio), dejándolo en un estado excitado.
- Al decaer a su estado fundamental emite una señal de  $\sim 8 \text{ MeV}$
- El tiempo entre prompt/delayed es  $\sim 30 \mu\text{s}$



# Experimento Daya Bay

- Ubicado en Guangdong, China
- 6 reactores nucleares de 2.9 GW cada uno
- 3 sitios de medición
- Se busca comparar el flujo de neutrinos entre los sitios cercanos y lejanos





Muchas Gracias

# Práctica de Licenciatura: Funcionamiento del Sistema de Trigger en ATLAS

Jorge Schellman

Pontificia Universidad Católica de Chile

Instituto de Física

Licenciatura en Física

Profesor Guía: Juan Pedro Ochoa-Ricoux

# Motivación

- En el LHC ocurren  $\sim 20$  colisiones por *bunch crossing*
- Los cruces se producen cada 25ns (*crossing rate* = 40MHz)

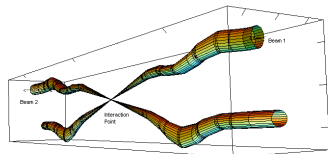
*Interaction Rate:*

$$R = \mu \cdot f_{BC} = \sigma \cdot \mathcal{L}$$
$$= 20 \times 40\text{MHz} \approx 1\text{GHz}$$

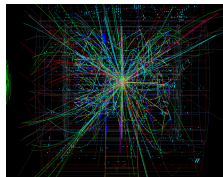
Y cada evento contiene 1.6MB de info...

$(1.6\text{MB} \times 20 \text{ eventos}) \times 40\text{MHz} = 1.28\text{PB}$  por segundo!

...y la tasa de almacenamiento disponible es de  $\sim 200\text{Hz}$ ...



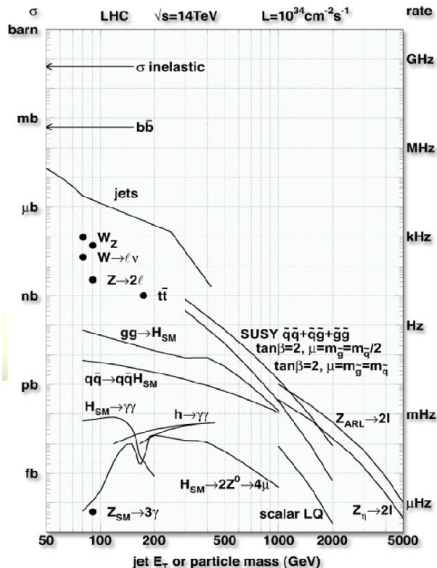
Relative beam sizes around IP1 (Atlas) in collision





# Motivación

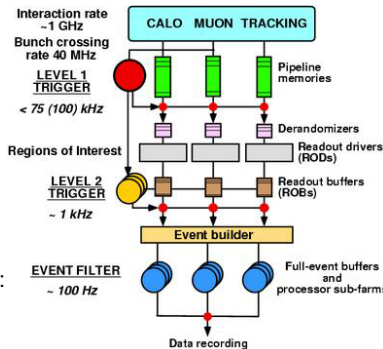
- Se debe reducir de 1GHz a 200Hz  
→ filtración de datos requerida,  
como un *trigger* que seleccione sólo  
eventos importantes
- Tomando en cuenta que no  
TODO lo que pasa son procesos  
físicos nuevos.
- Ej. Higgs: 1Hz ~ 0.1Hz



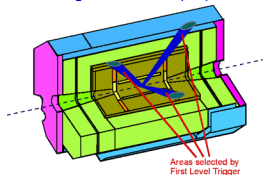
# Trigger Systems

## ATLAS Trigger

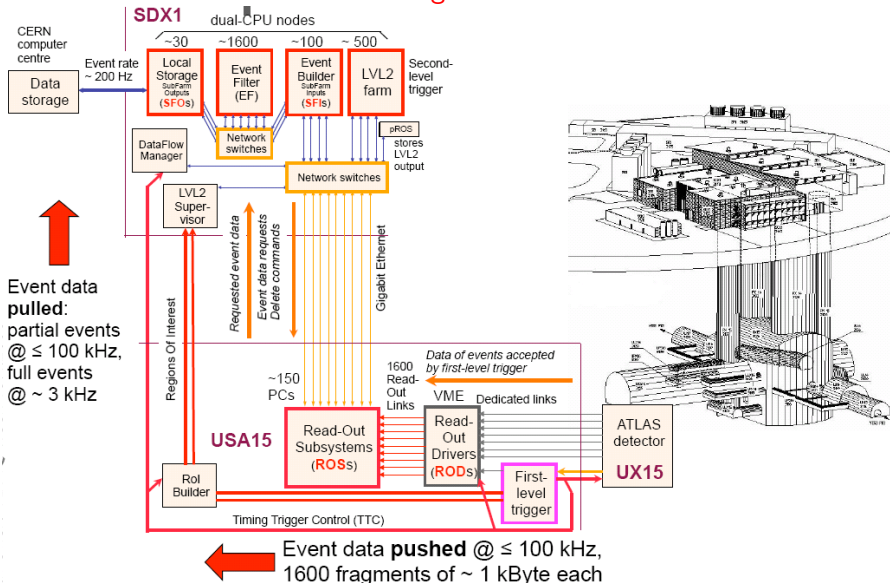
- ATLAS trigger system: reduce el flujo de datos producidos por las colisiones para poder ser guardados
- Altamente selectivo: reduce de un *interaction rate* de  $10^9$  Hz a  $\sim 100$  Hz  $\rightarrow$  online rejection: 99.9995%!
  - LVL1: *hardware based*. Trabaja con un subset de info. del calo. y muon detectors: thresholds sobre  $p_T$  y  $E_T^{miss}$ .
  - LVL2: *software based*. Procesa datos de los RoI generados por LVL1 y refina la selección.
  - EF: *software based*. Reconstrucción de eventos en Event Builder para ser procesados por *PC farms*, filtrados y registrados.



Regions of Interest (RoI)



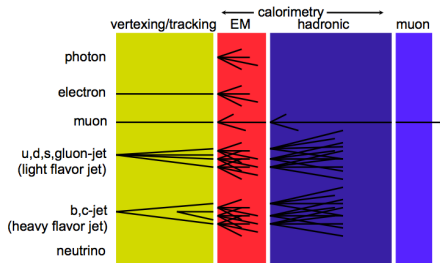
# LVL2 and EF run in large PC farms on the surface



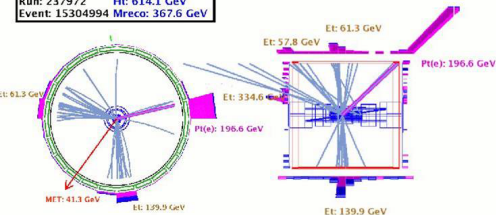
# Trigger Systems

## Selections

- Selección de trigger basado en trazas de partículas
- Aplicar thresholds de energía ( $E_T$ )/momentum ( $p_T$ ) en partículas identificadas
- Criterios de aislamiento para separar leptones de jets



CDF Run 2 Preliminary  
Run: 237972 Ht: 614.1 GeV  
Event: 15304994 Mreco: 367.6 GeV



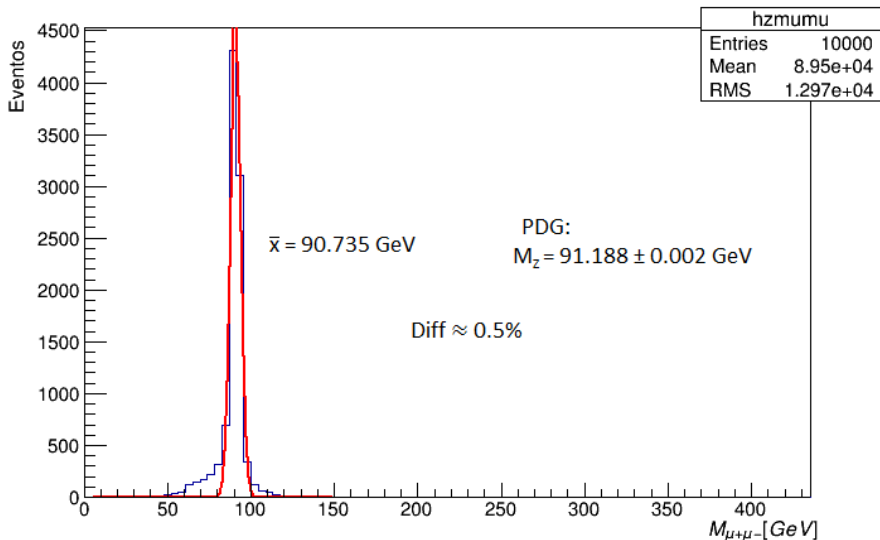
# Trigger Systems

## Trigger Menu

Priority List for >300 Hz		Unique rate	Unique rate	Unique rate	Sorted by
Chain		L1 (Hz)	L2 (Hz)	EF (Hz)	Problem level
EF_xe60_verytight_noMu	SUSY/Exotics	0	0	0.5	EF (pileup)
EF_j100_a4tc_EFFS_ht400	SUSY	0	0	2.5	EF
EF_4j45_a4tc_EFFS	↑ SUSY/SM	0	0	2	EF
EF_5j30_a4tc_EFFS	↓	0	5	3	EF
EF_j240_a10tc_EFFS		0	0	1	EF
EF_tau29_loose1_xs45_loose_noMu_3L1J10	Exotics/SM Higgs	0	40	5	EF
EF_b10_medium_4j30_a4tc_EFFS	Top/Higgs	0	4	10	EF
EF_2mu4_BmumuX	↑	0	7	0.9	EF
EF_2mu4_Jpsimumu	B-physics	0	6	1.7	EF
EF_mu4mu6_DiMu	↓	0	25	6.5	EF
EF_mu4mu6_DiMu_DY20	SM	0	10	5?	EF
EF_2MUL1_l2j30_HV_allMS	Exotics	0	?	?	EF
EF_mu20i_medium	5x10 <sup>33</sup> prep.	0	15	3	EF
EF_mu18_MG_medium		0	0	60	EF
EF_mu18_medium	↑ Many	0	0	60	EF
EF_e60_loose	↓ (Exotics)	0	5	7	EF,client
EF_mu15/18/22_njX?	SUSY???	100	10	?	EF,non-validated
EF_g22_hiptrt?	Exotics	0	?	< 1?	non-validated
EF_e15_medium_xe40_noMu	SUSY/Exotics	310	70?	1.3	L2 (pileup)
EF_j55_a4tc_EFFS_xe55_medium_noMu_dphi2j30xe10		70	210	1.5	L2
EF_e10_medium_mu6_topo_medium	Higgs	1200	9	1	L1
EF_tau20_medium_e15_medium	Higgs	3700	10	1	L1
EF_xe60_tight_noMu	SUSY	680?	150?	1	L1,L2 (pileup),EF
EF_e10_medium_mu6	Higgs/SUSY	1200	75	10	L1, EF
EF_l2j30_Trackless_HV_L1MU6	Exotics	1500?	0.5	0.5	L1
Total extra rate		6500	600	100	Peak at 3 × 10 <sup>33</sup>

# ROOT

## Histogramas



```

1 #include <iostream>
2 #include <cmath>
3 #include <vector>
4 #include "TROOT.h"
5 #include "TObject.h"
6 #include "TFile.h"
7 #include "TTree.h"
8
9 float inv_mass(float pt1, float pt2, float eta1, float eta2, float phi1, float phi2)
10 {
11     float M;
12     M = sqrt(2*pt1*pt2*(cosh(eta1 - eta2) - cos(phi1 - phi2) ));
13     return M;
14 }
15
16 void prueba()
17 {
18     TFile f("NTUP.TRUTH.01374258._000246.root");
19     TTree* t; f.GetObject("truth",t);
20
21     //Creo nuevo árbol para escribir datos de masa y guardarlo
22     //en un segundo árbol. éTambin se crea la Branch donde se
23     //guardan los datos de masa.
24     float M;
25     float pt1=0, pt2=0, eta1=0, eta2=0, phi1=0, phi2=0;
26     TFile *f2 = new TFile("INVMASS_Z.root", "update");
27     TTree *tMasa = (TTree*)f2->Get("tMasa");
28     tMasa->Branch("M.ee", &M);
29
30     Int_t n;
31     vector<float> *el_pt, *el_eta, *el_phi, *el_charge;
32     t->SetBranchAddress("el_n", &n);
33     t->SetBranchAddress("el_pt", &el_pt);
34     t->SetBranchAddress("el_eta", &el_eta);
35     t->SetBranchAddress("el_phi", &el_phi);

```

```

36 t->SetBranchAddress("el_charge", &el_charge);
37
38 Int_t len = t->GetEntries();
39
40 int c, p1, p2, ind1, ind2;
41 for(Int_t i=0; i<len ;i++)
42 {
43     ind1=0, ind2=0;
44     t->GetEntry(i);
45
46     if(n==2){
47         pt1 = (*el_pt)[0], pt2 = (*el_pt)[1];
48         eta1 = (*el_eta)[0], eta2 = (*el_eta)[1];
49         phi1 = (*el_phi)[0], phi2 = (*el_phi)[1];
50     }
51     else if(n==3){

```

.....

```

1
2     }
3     pt1=(*el_pt)[ind1], eta1=(*el_eta)[ind1], phi1=(*el_phi)[ind1];
4     pt2=(*el_pt)[ind2], eta2=(*el_eta)[ind2], phi2=(*el_phi)[ind2];
5     }
6 }
7 M = inv_mass(pt1,pt2,eta1,eta2,phi1,phi2);
8 tMasa->Fill();
9 }
10 f.Close();
11 tMasa->Write();
12 f2->Close();
13 }

```



# ROOT

## Algoritmo para histogramas

- Caso de electrones (para muones es igual). Criterios para cargas y  $p_T$ :
  - 2  $e^-$ : [+ -]. Directo
  - 3  $e^-$ : [+ - -] o [+ + -] (cualquier orden).
    - Guardar el que tiene carga distinta
    - Comparar los otros 2. Guardar el que tenga mayor  $p_T$
  - 4  $e^-$ :
    - 3 y 1: [+ + + -] o [- - - +]
      - Guardar el que tiene carga distinta
      - Comparar los otros 3. Guardar el que tenga mayor  $p_T$
    - 2 y 2: [+ + - -]
      - Comparar partículas con igual carga. De cada par, guardar las que tengan mayor  $p_T$
  - 5  $e^-$ :
    - 4 y 1:
      - Guardar el que tiene carga distinta
      - Comparar los otros 4. Guardar el que tenga mayor  $p_T$
    - 3 y 2:
      - Repetir métodos anteriores

# Trigger xAOD Analysis

## Introducción

- Event Data Model (EDM) es una colección de clases que representan un evento.
- Analysis Object Data es el formato de análisis para el *end user*.
- El xAOD EDM hace que un electrón esté representado por una clase `Electron` que hereda de `Particle` y esté compuesta  
Ejemplos:
  - `xAOD::Muon_v1` contenido en `DataVector<xAOD::Muon>` que hereda de `DataVector<xAOD::IParticle>`
  - `xAOD::EventInfo::IS_SIMULATION`
  - `Trig::TrigDecisionTool`

¿Cierta trigger dejó pasar el actual evento?

```
1 Info in <MyxAODAnalysis::execute()>: ----- #EVENTO: 499 -----
2 Nominal (no syst)
3 Info in <MyxAODAnalysis::execute()>: HLT_mu50 chain passed(1)/failed(0): 0
4 Info in <MyxAODAnalysis::execute()>: HLT_mu26 chain passed(1)/failed(0): 0
5 Info in <MyxAODAnalysis::execute()>: HLT_mu22 chain passed(1)/failed(0): 0
6 Info in <MyxAODAnalysis::execute()>: HLT_mu20 chain passed(1)/failed(0): 0
7 Info in <MyxAODAnalysis::execute()>: HLT_mu24 chain passed(1)/failed(0): 0
8 Info in <MyxAODAnalysis::execute()>: HLT_mu18 chain passed(1)/failed(0): 0
9 Info in <MyxAODAnalysis::execute()>: HLT_mu14 chain passed(1)/failed(0): 0
10 Info in <MyxAODAnalysis::execute()>: HLT_mu10 chain passed(1)/failed(0): 0
11 Info in <MyxAODAnalysis::execute()>: HLT_mu6 chain passed(1)/failed(0): 0
12 Info in <MyxAODAnalysis::execute()>: HLT_mu4 chain passed(1)/failed(0): 0
13 Info in <MyxAODAnalysis::execute()>: ----- #EVENTO: 500 -----
14 Nominal (no syst)
15 Info in <MyxAODAnalysis::execute()>: HLT_mu50 chain passed(1)/failed(0): 0
16 Info in <MyxAODAnalysis::execute()>: HLT_mu26 chain passed(1)/failed(0): 0
17 Info in <MyxAODAnalysis::execute()>: HLT_mu22 chain passed(1)/failed(0): 1
18 Info in <MyxAODAnalysis::execute()>: HLT_mu20 chain passed(1)/failed(0): 1
19 Info in <MyxAODAnalysis::execute()>: HLT_mu24 chain passed(1)/failed(0): 0
20 Info in <MyxAODAnalysis::execute()>: HLT_mu18 chain passed(1)/failed(0): 1
21 Info in <MyxAODAnalysis::execute()>: HLT_mu14 chain passed(1)/failed(0): 1
22 Info in <MyxAODAnalysis::execute()>: HLT_mu10 chain passed(1)/failed(0): 1
23 Info in <MyxAODAnalysis::execute()>: HLT_mu6 chain passed(1)/failed(0): 1
24 Info in <MyxAODAnalysis::execute()>: HLT_mu4 chain passed(1)/failed(0): 1
```

Ejemplo de un Trigger Menu ...

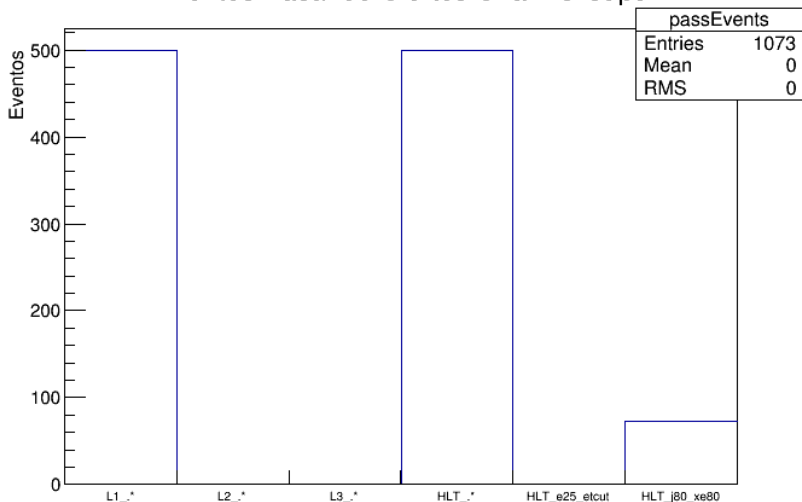
```
1 HLT_mu26_imedium: 0 times
2 HLT_mu24: 0 times
3 HLT_mu24_imedium: 0 times
4 HLT_mu50: 0 times
5 HLT_mu60_0eta105_msonly: 0 times
6 HLT_2mu4: 0 times
7 HLT_2mu6: 0 times
8 HLT_2mu10: 0 times
9 HLT_3mu6: 0 times
10 HLT_j400: 0 times
11 HLT_j460_a10_L1J100: 0 times
12 HLT_j200_320eta490: 0 times
13 HLT_j60: 0 times
14 HLT_3j175: 0 times
15 HLT_e5_etcut: 10 times
16 HLT_e15_etcut_L1EM7V: 10 times
17 HLT_e25_etcut: 7 times
18 HLT_e35_etcut: 4 times
19 HLT_e45_etcut: 3 times
20 HLT_e55_etcut: 0 times
21 HLT_e28_tight1_iloose: 0 times
22 HLT_e60_medium1: 0 times
23 HLT_e60_loose1: 0 times
24 HLT_e18_loose1: 1 times
25 HLT_e17_loose1: 1 times
26 HLT_e12_loose1_L1EM3: 1 times
27 HLT_e9_loose1_L1EM7V: 1 times
28 HLT_e7_medium1: 0 times
29 HLT_e4_etcut: 10 times
30 HLT_e9_etcut_L1EM3: 10 times
31 HLT_e14_etcut_L1EM7V: 10 times
32 HLT_e5_lhtight_idperf: 8 times
```

```
33 HLT_e5_lhtight_L2Star_idperf: 8 times
34 L1_EM8VH: 10 times
35 L1_EM15V: 9 times
36 L1_EM15VH: 9 times
37 L1_EM18VH: 9 times
38 L1_EM20V: 8 times
39 L1_EM50: 0 times
40 L1_EM24VHI: 7 times
41 L1_2EM3: 10 times
42 L1_2EM15V: 7 times
43 L1_2EM8VH: 10 times
44 L1_EM7V_2EM3: 10 times
45 L1_EM15VH_3EM7V: 5 times
46 L1_2EM15VH: 7 times
47 L1_EM15VH_MU10: 1 times
48 L1_2EM8VH_MU10: 1 times
49 L1_EM8VH_2MU6: 0 times
50 L1_TAU6: 0 times
51 L1_TAU12: 0 times
52 L1_TAU60: 0 times
53 L1_J20: 0 times
54 L1_J40: 0 times
55 L1_J100: 0 times
56 L1_3J15: 0 times
57 L1_3J20: 0 times0 times
58 L1_LUCID: 0 times
59 L1_BCM_HT_BGRP0: 0 times
60 L1_CALREQ0: 0 times
61 L1_CALREQ1: 0 times
62 L1_CALREQ2: 0 times
```

# Trigger xAOD Analysis

¿Cuántas veces se pasó por cierto(s) trigger(s)?

## Eventos Pasando Ciertos Chain Groups

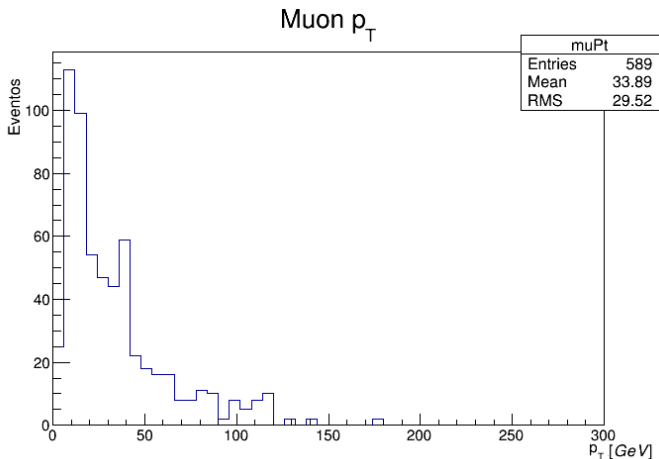




# Trigger $\chi$ AOD Analysis

Feature extraction de un objeto escrito por un chain

Extracción de  $p_T$  de muones almacenados en `xAODTrigMuon::L2CombinedMuonContainer` con información escrita por "HLT\_mu[0-9]+"



# Trabajo siguiente..

- Cálculo de eficiencia de algún trigger para una partícula específica
- Estudio más detallado del Trigger EDM de ATLAS

# Fórmula masa invariante en collider experiments

En general

Theorem

$$M^2 = (E_1 + E_2)^2 - \|\mathbf{p}_1 + \mathbf{p}_2\|^2$$

Para partículas relativistas ( $E \gg m$ )

Theorem

$$M^2 = 2p_{T1}p_{T2}(\cosh(\eta_1 - \eta_2) - \cos(\phi_1 - \phi_2))$$

Con

$$\eta = \operatorname{arctanh}\left(\frac{p_z}{|\vec{p}|}\right)$$

$$p_x = p_T \cos \phi$$

$$p_y = p_T \sin \phi$$

$$p_z = p_T \sinh \eta$$

$$|\vec{p}| = p_T \cosh \eta$$

# GERMÁN A. GÓMEZ-VARGAS

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE  
INFN ROMA TOR VERGATA



¿Qué es materia oscura?

PRIMERA EVIDENCIA DE MATERIA  
OSCURA: EL CUMULO DE GALAXIAS COMA

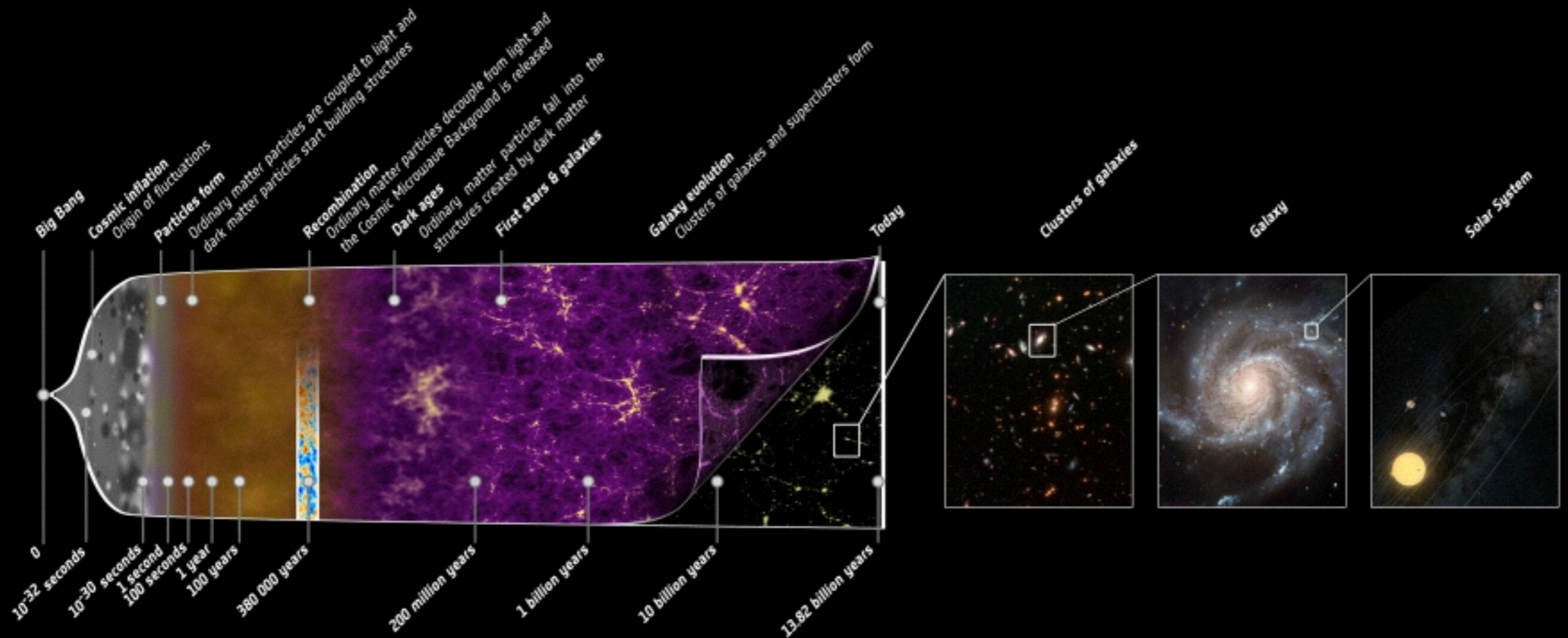


PRIMERA EVIDENCIA DE MATERIA OSCURA: EL CUMULO DE GALAXIAS COMA  
EN 1933 **FRITZ ZWICKY** OBSERVÓ EL MOVIMIENTO DE GALAXIAS EN EL CUMULO COMA Y DESCUBRIÓ QUE UNA GRAN CANTIDAD DE MATERIA INVISIBLE DEBERÍA ESTAR AHI PARA EVITAR QUE LAS GALAXIAS NO SE DISPERSEN.



# MATERIA OSCURA

SE HA DETECTADO DE MUCHAS OTRAS MANERAS A DIFERENTES ESCALAS POR MEDIO DE LA FUERZA GRAVITATORIA QUE EJERCE SOBRE OTRAS COSAS



Y DE ESTAS OBSERVACIONES HEMOS PODIDO APRENDER SOBRE ALGUNAS PROPIEDADES DE LA MATERIA OSCURA Y SU ROL EN EL UNIVERSO



LA MATERIA OSCURA ES FUNDAMENTALMENTE  
DIFERENTE A LA MATERIA "ORDINARIA" DE LA  
CUAL ESTAMOS HECHOS NOSOTROS.



Dark Matter  
80%

Visible Matter  
20%



Dark Matter  
80%

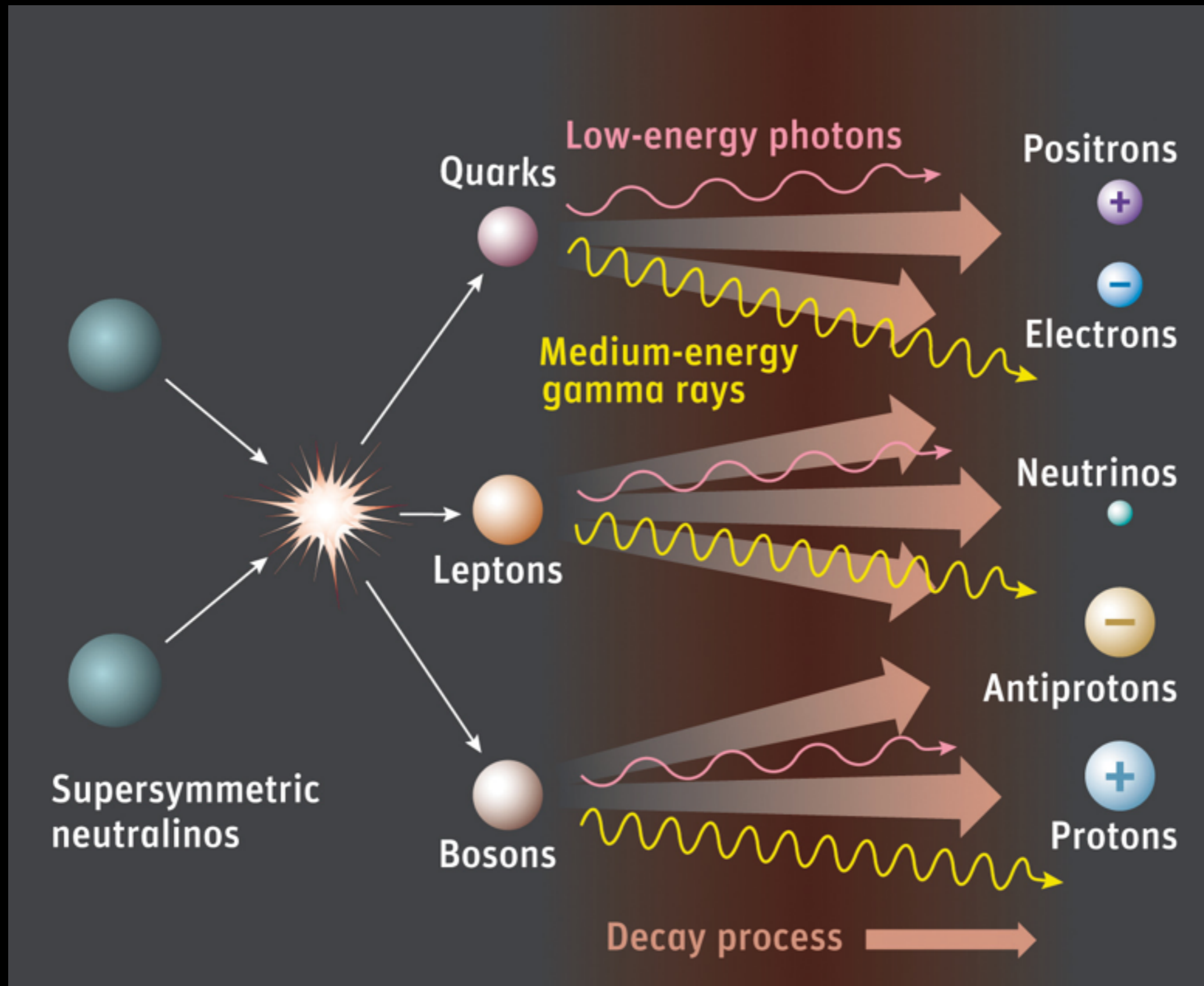
Visible Matter  
20%

LA MATERIA OSCURA INTERACTUA  
(CASI) EXCLUSIVAMENTE A TRAVÉS  
DE LA GRAVEDAD

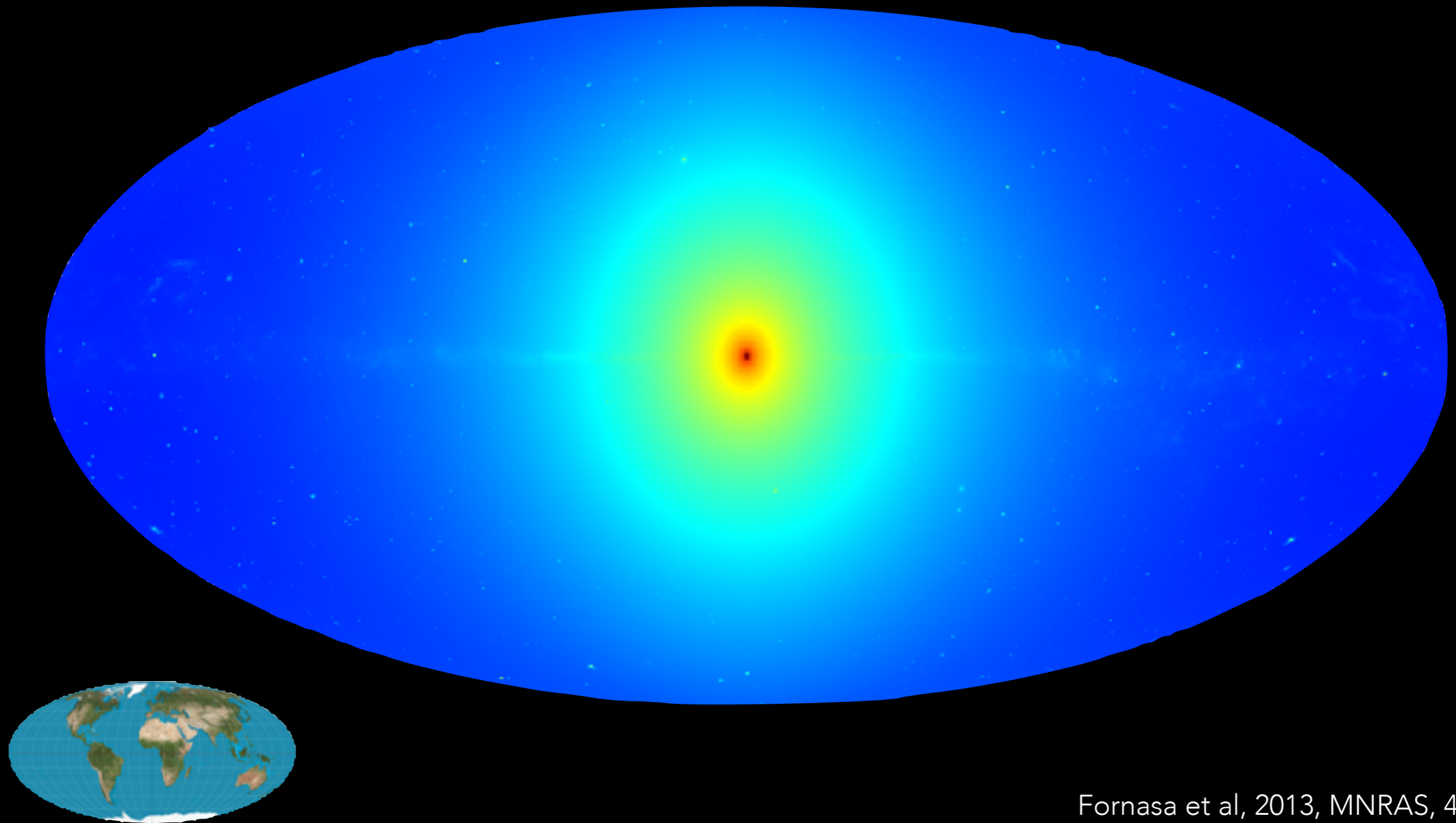
# ¿CÓMO SE PUEDE ESTUDIAR ALGO EN EL UNIVERSO QUE NO SE PUEDE VER?

1. SIMULANDO SU DISTRIBUCIÓN EN EL UNIVERSO Y SUS EFECTOS SOBRE LA OTRA MATERIA
2. PRODUCIÉNDOLO EN EL LABORATORIO (LHC)
3. HACIÉNDOLO VENIR HACIA TI (Y TUS DETECTORES, CDMS, LUX, XENON, ...)
4. ENCONTRANDO EVIDENCIAS INDIRECTAS DE SU EXISTENCIA

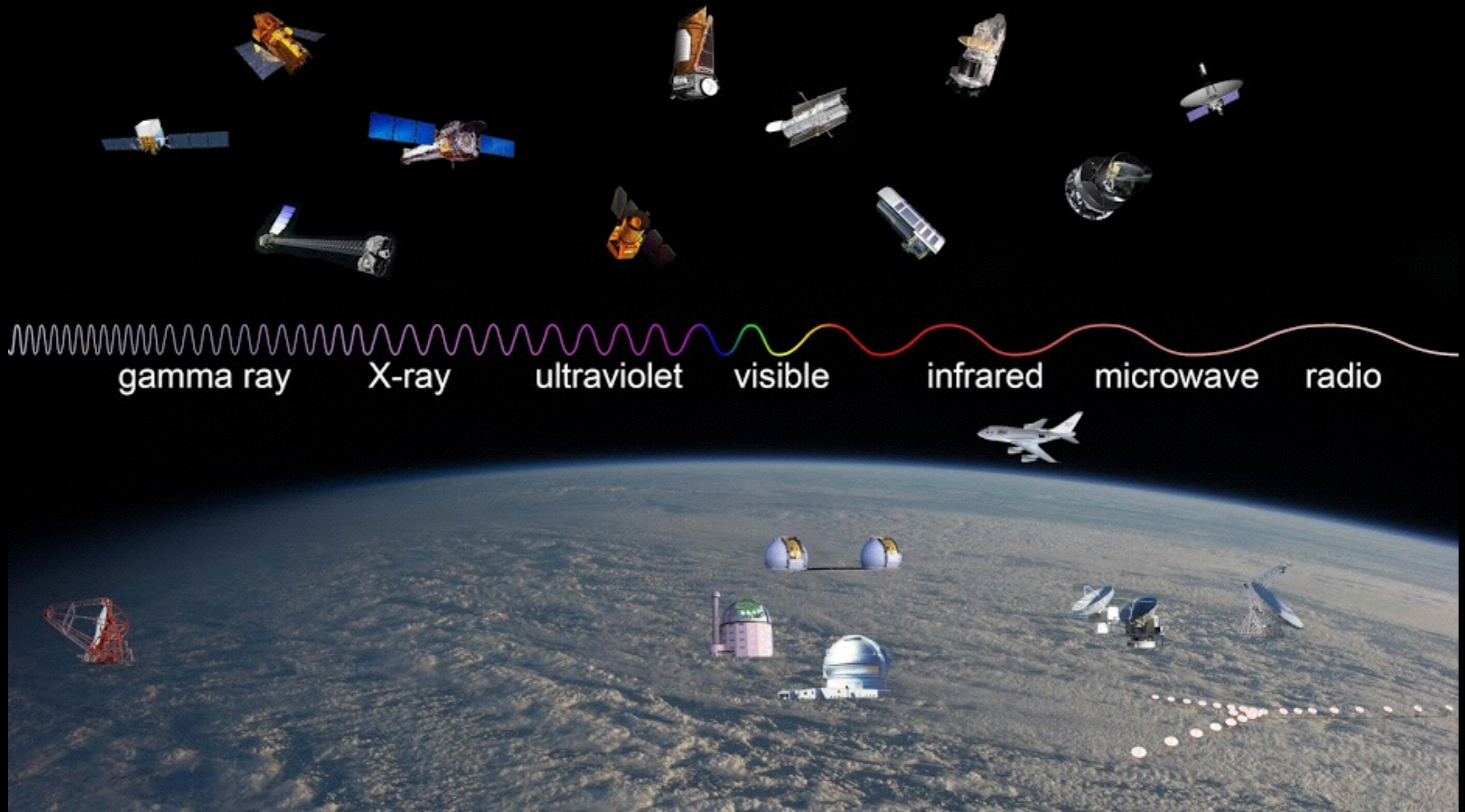
# DETECCIÓN INDIRECTA



PREDICCIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE RAYOS GAMMA  
PROVENIENTES DE ANIQUILACIÓN DE PARTÍCULAS DE  
MATERIA OSCURA EN QUARKS



# OBSERVANDO EL UNIVERSO





# FERMI LARGE AREA TELESCOPE



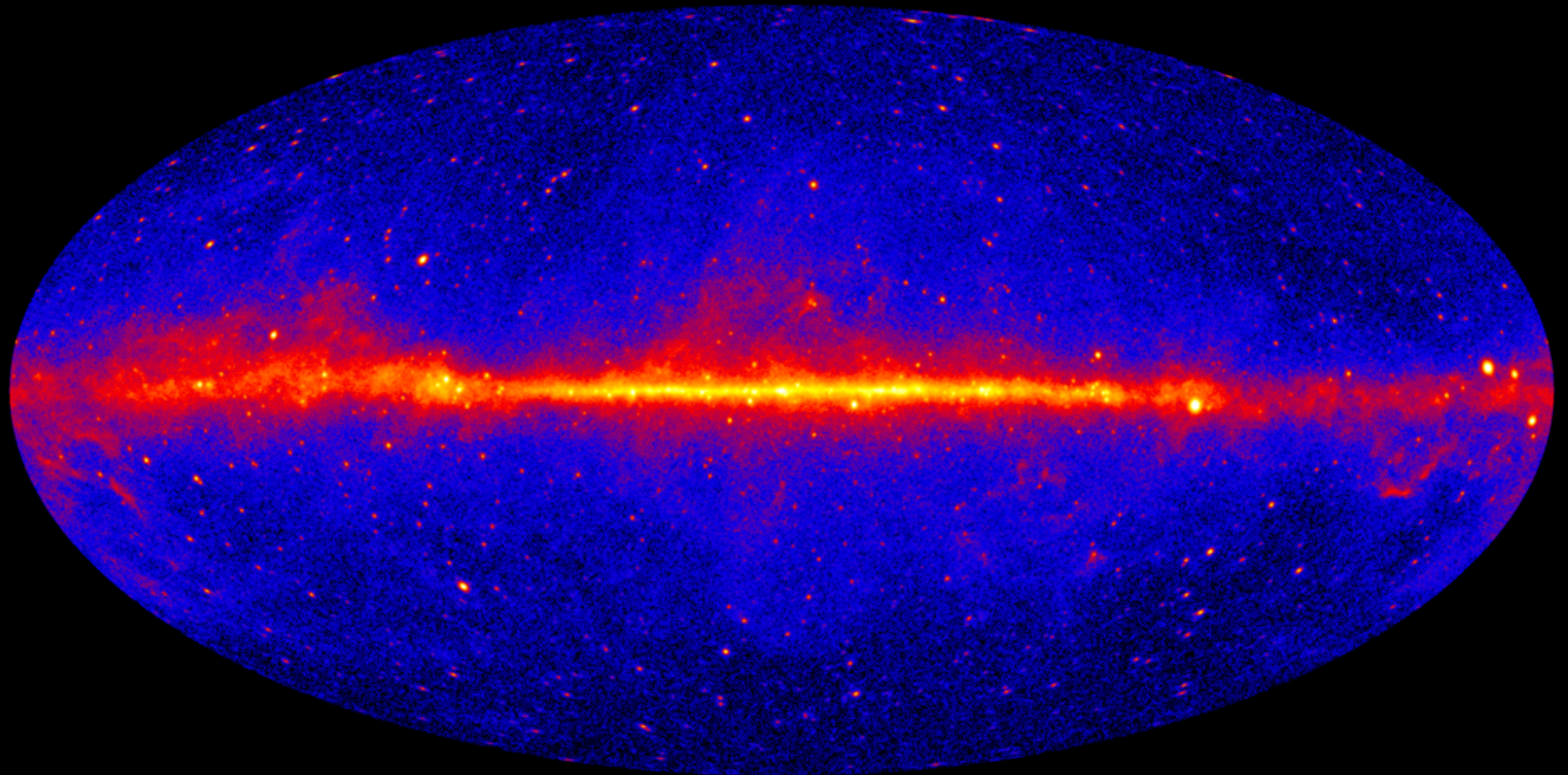
- A bordo del Fermi Gamma-ray Space Telescope, fue lanzado el 11 de junio de 2008.
- 5 años de misión, extendida hasta 2016
- El Fermi-LAT colecta rayos gamma de alta energía ( $\sim 20$  MeV a  $> 300$  GeV)

# Fermi

Gamma-ray Space Telescope



EL CIELO EN RAYOS GAMMA COMO LO OBSERVA EL TELESCOPIO  
ESPACIAL FERMI



# CHERENKOV TELESCOPE ARRAY

CTA es un gran observatorio que comenzará operaciones en Chile en los próximos años.

Consistirá de dos arrays, uno pequeño en el hemisferio norte (España) y uno grande (aprox. 100 telescopios) en el sur (ESO/Paranal). El observatorio de Chile se concentrará en fuentes Galácticas de rayos gamma.

CTA tendrá un amplio rango de energía, desde 100 GeV hasta más de 100 TeV. También tendrá una sensibilidad mayor a sus predecesores, aproximadamente un orden de magnitud.



# CTA EN LA PUC

Tenemos profesores y postdocs de los institutos de física y astrofísica también como del centro de astro-ingeniería.

**Edson Carquín** [edson.carquin@fis.puc.cl](mailto:edson.carquin@fis.puc.cl) Dark matter in CTA vs. LHC, SUSY, atmospheric shower modeling

**Jorge Cuadra** [jcuadra@astro.puc.cl](mailto:jcuadra@astro.puc.cl) Gas and stellar dynamics of the Galactic Center

**Marco Aurelio Díazmad** [Diazmad@susy.fis.puc.cl](mailto:Diazmad@susy.fis.puc.cl) Dark matter decay, multi-component DM, supersymmetry, LHC ATLAS experiment

**Holger Drass** [hdrass@aiuc.puc.cl](mailto:hdrass@aiuc.puc.cl) Astronomy, instrumentation

**Cristóbal Espinoza** [cespinoz@astro.puc.cl](mailto:cespinoz@astro.puc.cl) Radio timing of pulsars, rotation ephemerides for Fermi, XMM, CTA phase-resolved observations

**Germán Gómez** [ggomezv@uc.cl](mailto:ggomezv@uc.cl) Dark matter, complementarity with LHC

**Leopoldo Infante** [linfante@astro.puc.cl](mailto:linfante@astro.puc.cl) Director of Astro-Engineering Center; coordination with PUC astro. instrumentation efforts

**Benjamin Koch** [bkoch@fis.puc.cl](mailto:bkoch@fis.puc.cl) Neutralino dark matter, photon trajectories

**Juan Pedro Ochoa** [jpochoa@fis.puc.cl](mailto:jpochoa@fis.puc.cl) High-energy physics, neutrinos, Daya Bay experiment

**Andreas Reisenegger** [areisene@astro.puc.cl](mailto:areisene@astro.puc.cl) Theoretical astrophysics, neutron stars, dark matter

**Nicolás Viaux** [nviaux@fis.puc.cl](mailto:nviaux@fis.puc.cl) Dark matter decay, complementarity with LHC

Materia oscura: después de casi 80 años, aun un misterio



# JOIN THE DARK SIDE

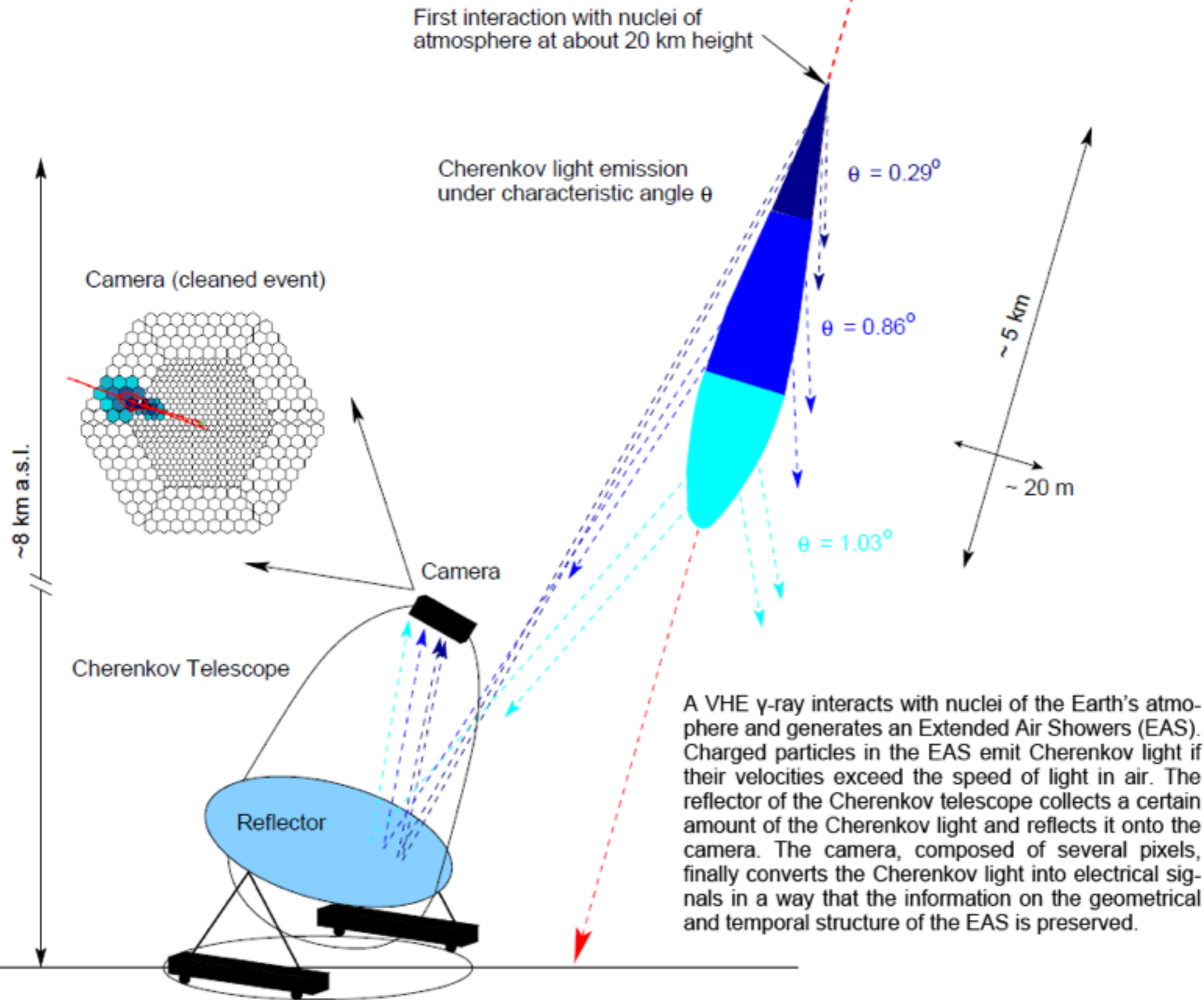
*... and get a free cookie!*

SLIDES DE RESPALDO

# Illustration of an Imaging Air Cherenkov Telescope (IACT).

Primary particle (1 TeV)

Top of atmosphere





## TELL-TALE TRAILS

An array of sensitive telescopes can detect high-energy  $\gamma$ -rays even though Earth's atmosphere prevents them from reaching the ground.

$\gamma$ -rays stream from a supernova remnant



The  $\gamma$ -rays create an air shower 20 kilometres up in Earth's atmosphere

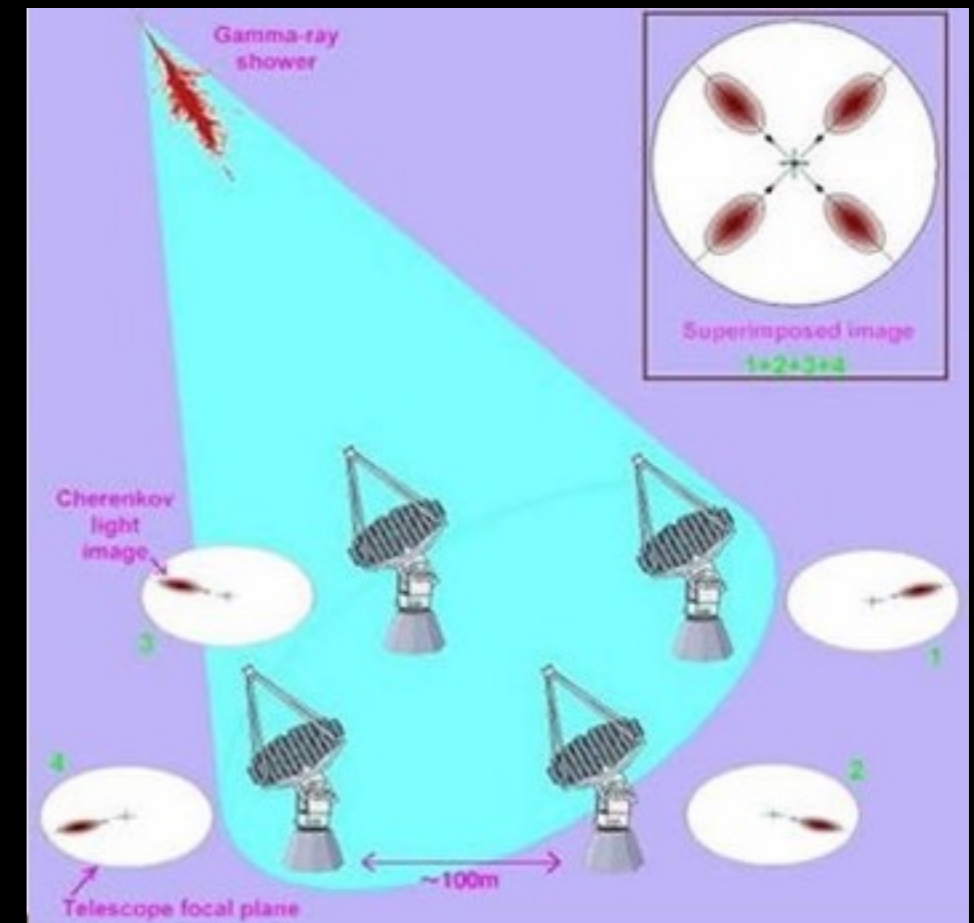
The air shower creates a cone of Cherenkov light 250 metres across

An array of about 100 telescopes spans several square kilometres



Telescopes within the cone of light triangulate the location and incidence of the  $\gamma$ -rays

Teniendo muchos telescopios podremos ser capaces de tener una vista estereoscopia de la cascada de partículas producida por un rayo gamma al interactuar con la atmósfera.

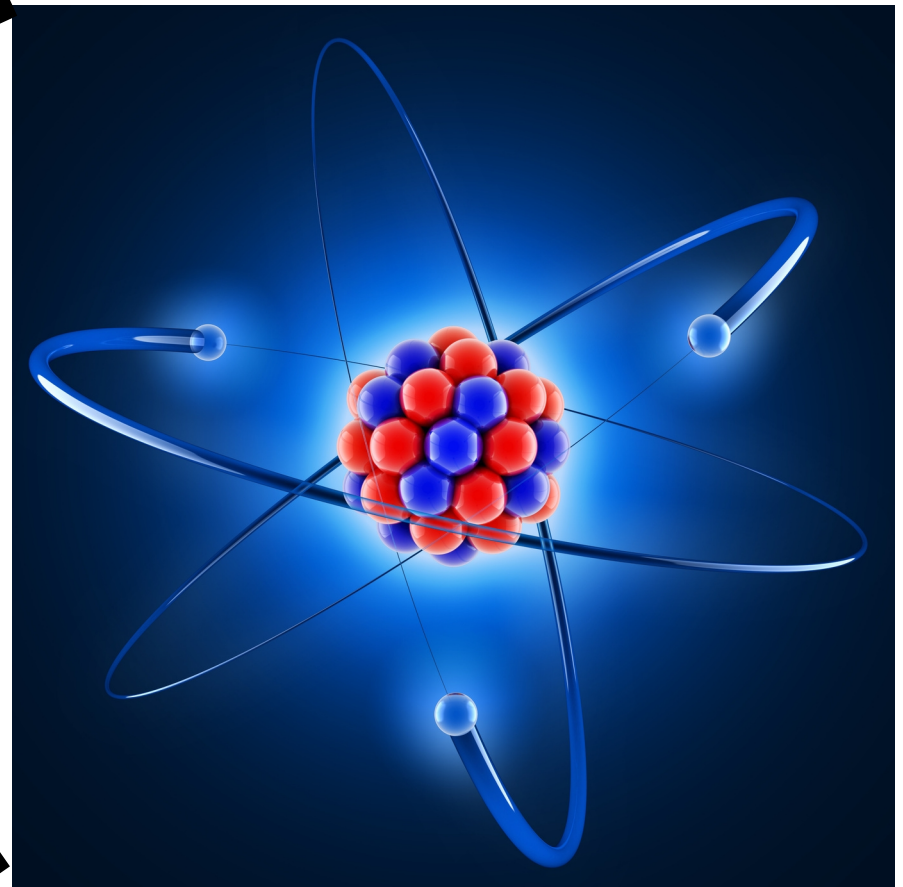


Explicación de la resonancia observada por ATLAS a 2TeV con una extensión del Modelo Estandar:

## Higgs Triplet Model

Sylvain Blunier

# La materia

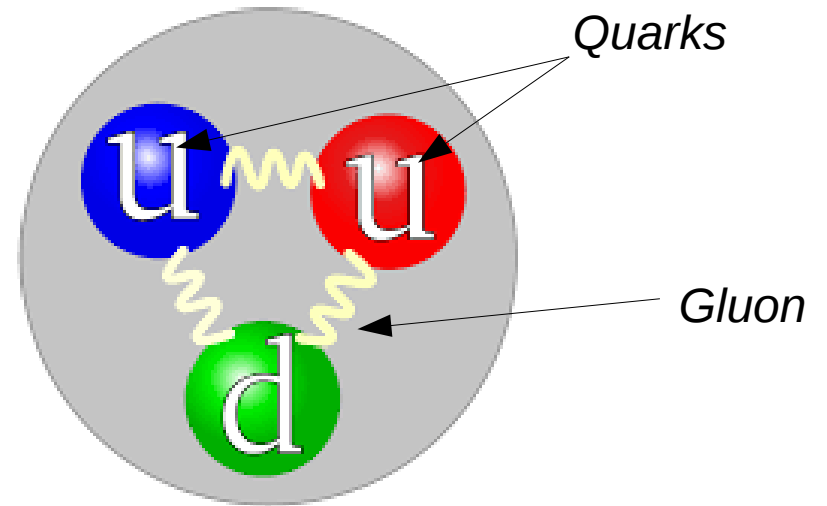


- Todos sabemos que la materia esta compuesta de átomos

Hasta hace un poco más de un siglo el atomo era el elemento más pequeño que se conocía

# La materia

- Los átomos están compuestos de **protones**, **neutrones** y **electrones**
- Hasta hoy el electrón es una partícula **elemental**
- Protones y neutrones están compuestos de **quarks** y **gluones**

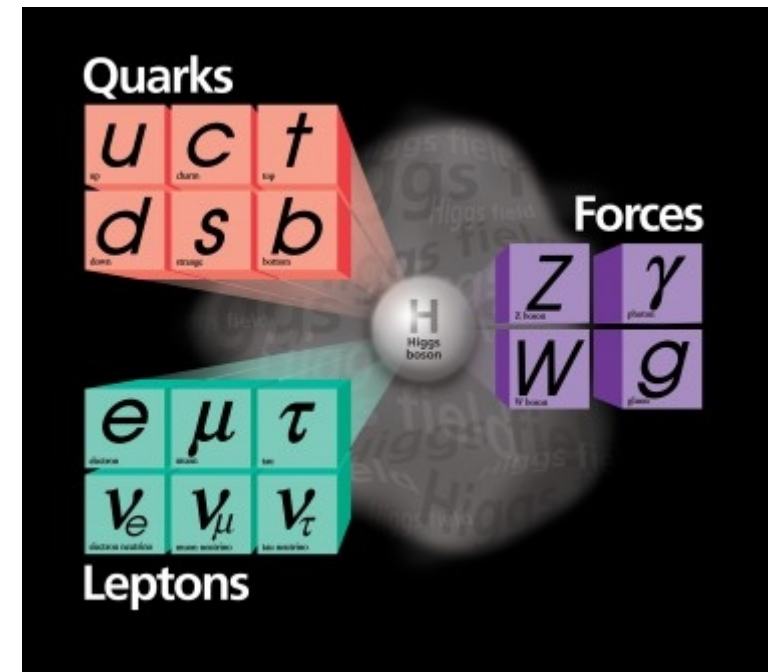
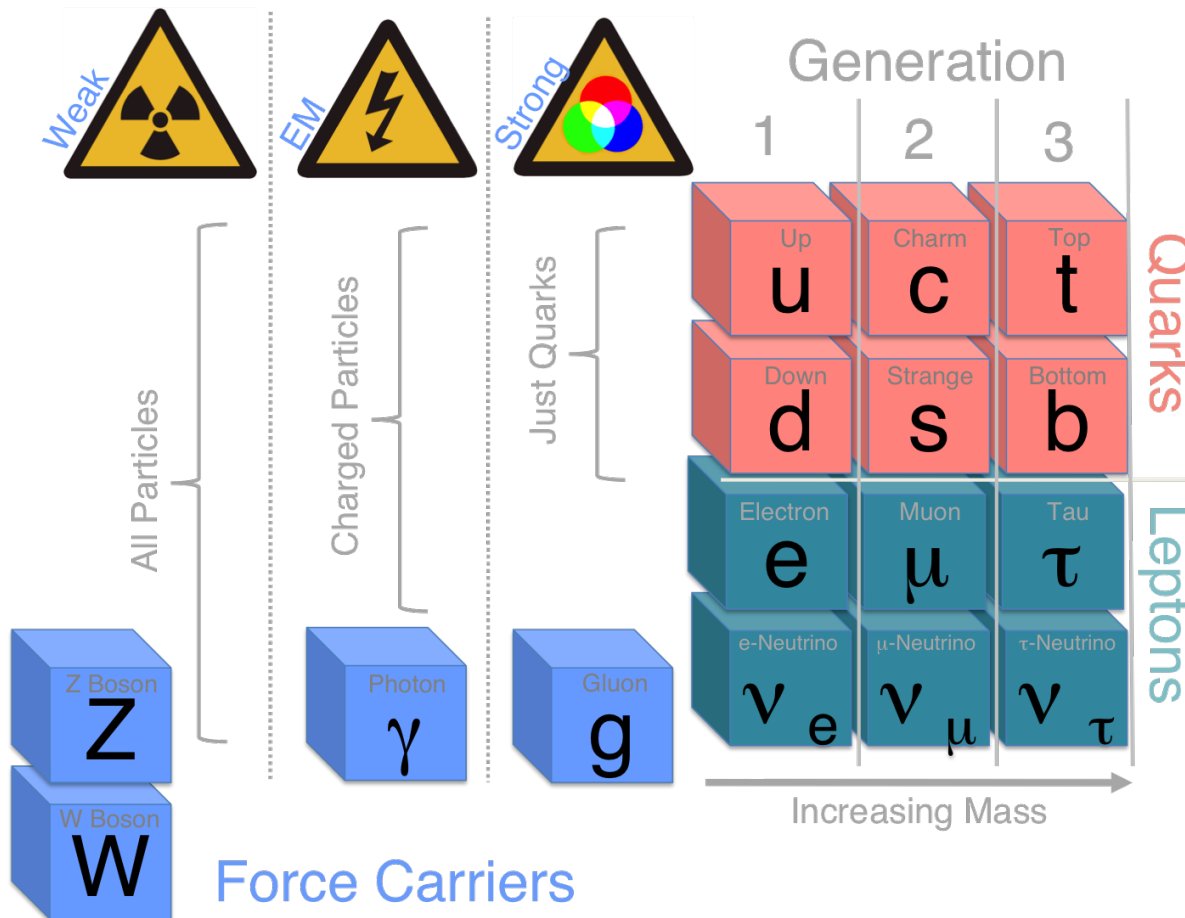


*Composición de un protón*

# El Modelo Estandard

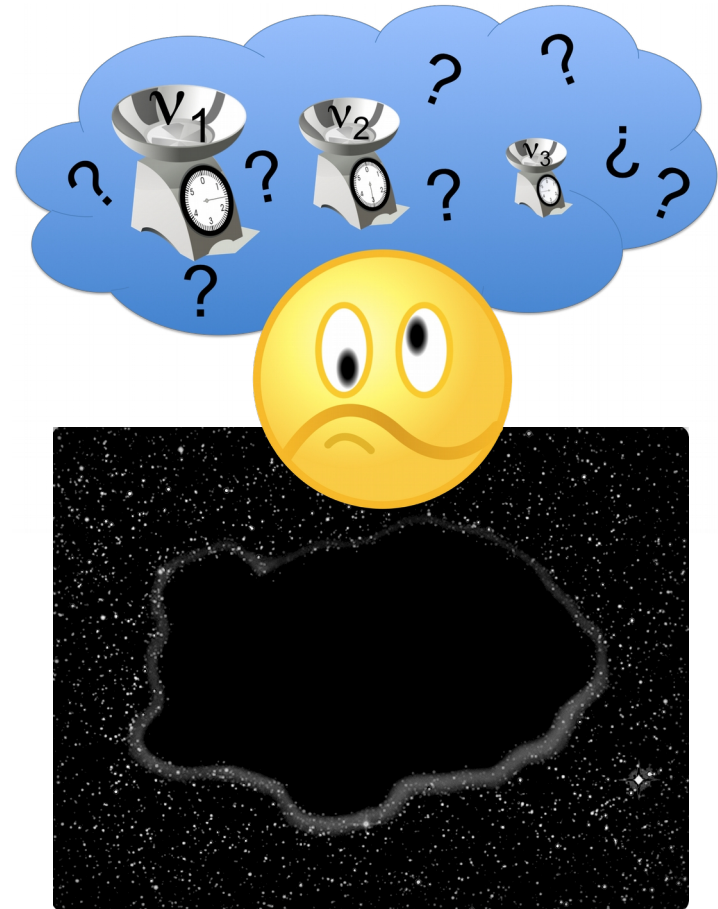
Todas las partículas conocidas hoy forman parte de una de las teorías más exitosas de la física: el **Modelo Estandard**

Describe las **propiedades** de las partículas elementales y como **interactúan**



# Y ahora ?

- Se acabo la física??
- No !! Quedan muchas preguntas sin respuestas
  - El Modelo Estandard asume que la masa de los **neutrinos** vale zero, experimentalmente se les mide una masa diferente de zero
  - Movimientos de galaxias suponen que existe materia que no esta bien identificada: **la materia oscura**



# The Large Hadron Collider

- Como estudiamos partículas ?
  - Una de las maneras es producirlas mediante aceleradores de partículas, el más grande hoy es el Large Hadron Collider
  - Protones chocan a una energía extramadamente alta produciendo otras partículas, que son las que queremos observar



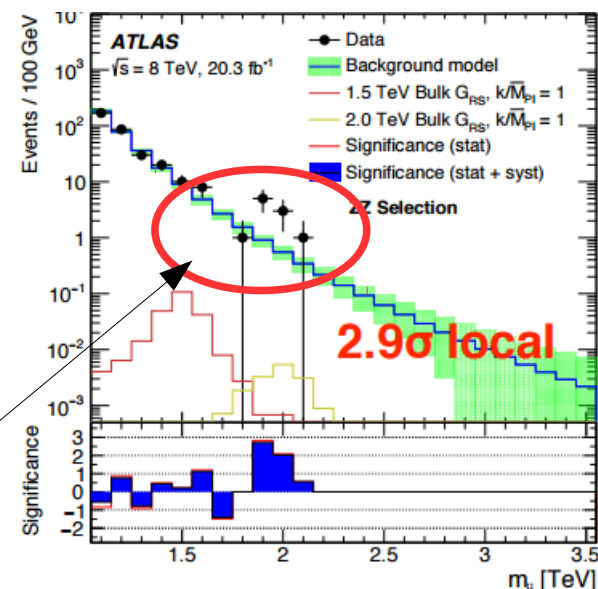
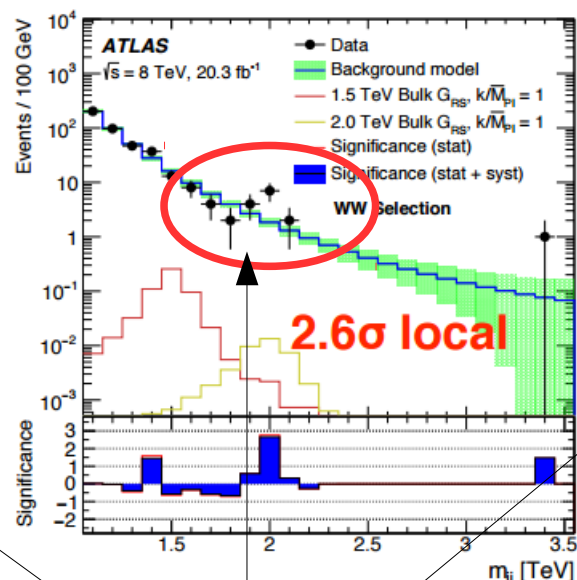
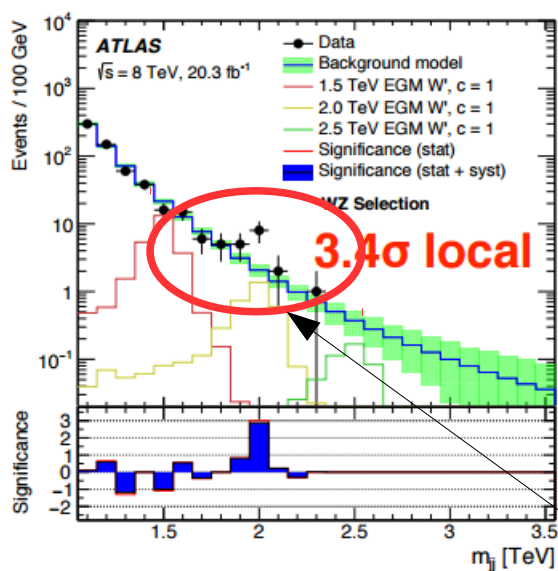
# The Large Hadron Collider

Explicación en video



# Ultima observación

- En Julio, Atlas uno de los detectores del LHC permitió observar una “partícula” que tiene una energía más alta que todas las que se conocen.



*Desviación de los resultados experimentales con respecto a lo predicho por el Modelo Estandar*

# Y mi trabajo ?

- Estudio un modelo teórico que extiende el Modelo Estandar y supone la existencia de algunas partículas más, una de ellas explicaría la resonancia observada.
- La partícula en cuestión es del mismo tipo que el boson de Higgs conocido pero con una interacción particular con las otras partículas.

Doblete

$$\Phi = \begin{pmatrix} \phi^+ \\ \phi^0 \end{pmatrix},$$

Triplete

$$\Delta = \begin{pmatrix} \delta^{++} \\ \delta^+ \\ \delta^0 \end{pmatrix}$$

Lagrangiano que contiene la física del modelo

$$\mathcal{L}_{\text{HTM}} = \underbrace{\mathcal{L}_{\text{Gauge}} + \mathcal{L}_{\text{Fermions}} + \mathcal{L}_{\Phi} + \mathcal{L}_{\text{Yuk},\Phi}}_{\mathcal{L}_{\text{SM}}} + \underbrace{|D_{\mu}\Delta|^2 - V_{\Phi,\Delta} + \mathcal{L}_{\text{Yuk},\Delta}}_{\text{Extra HTM terms}},$$

# Conclusión

- Voy a explicar que es la próxima partícula que se descubrió?

Si el modelo funciona, puedo dar una explicación entre todas las que hay

- Eso es todo lo que hago ?

No! Si quieren saber más hablen conmigo!

*Gracias!*

**Nicolás Viaux**

**Cargo: Postdoctoral**

**[nviaux@fis.puc.cl](mailto:nviaux@fis.puc.cl)**

**HEP Festival 2015**

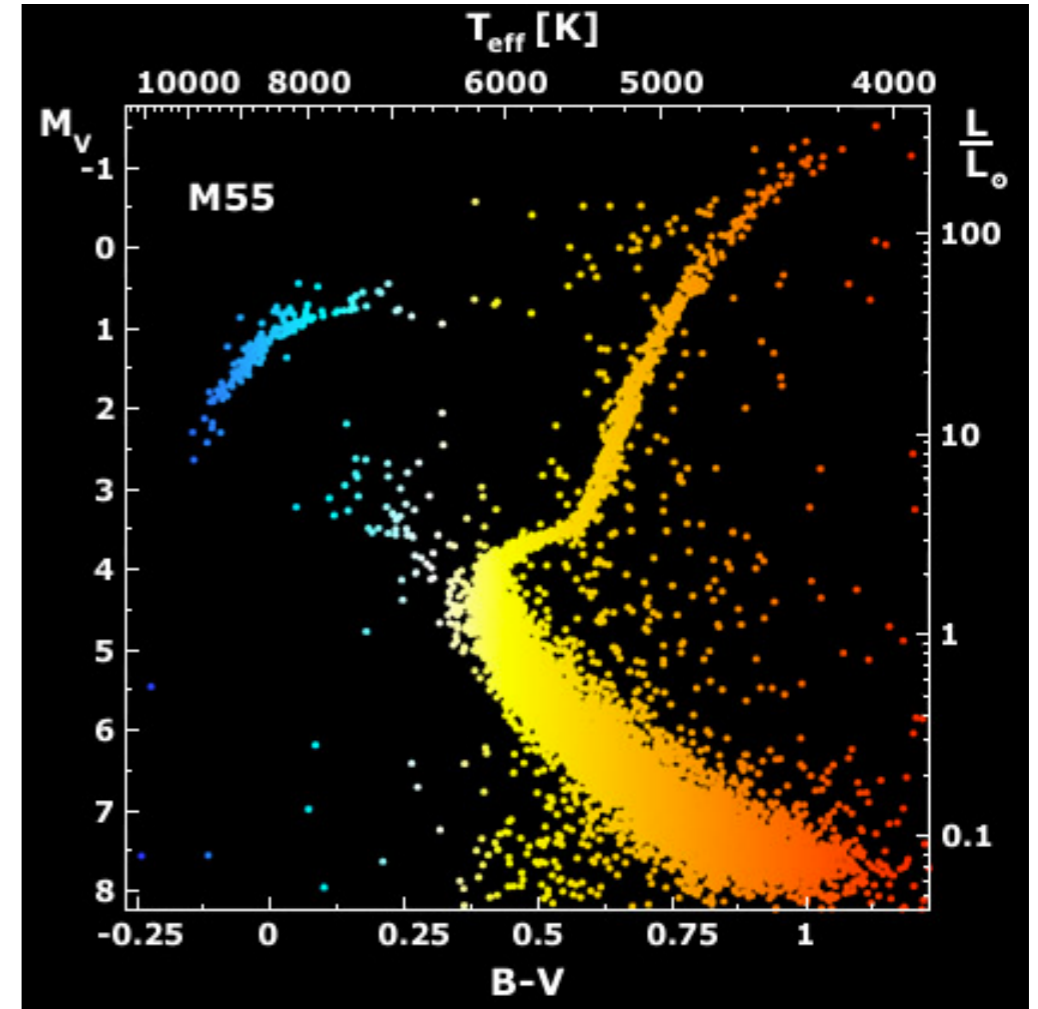
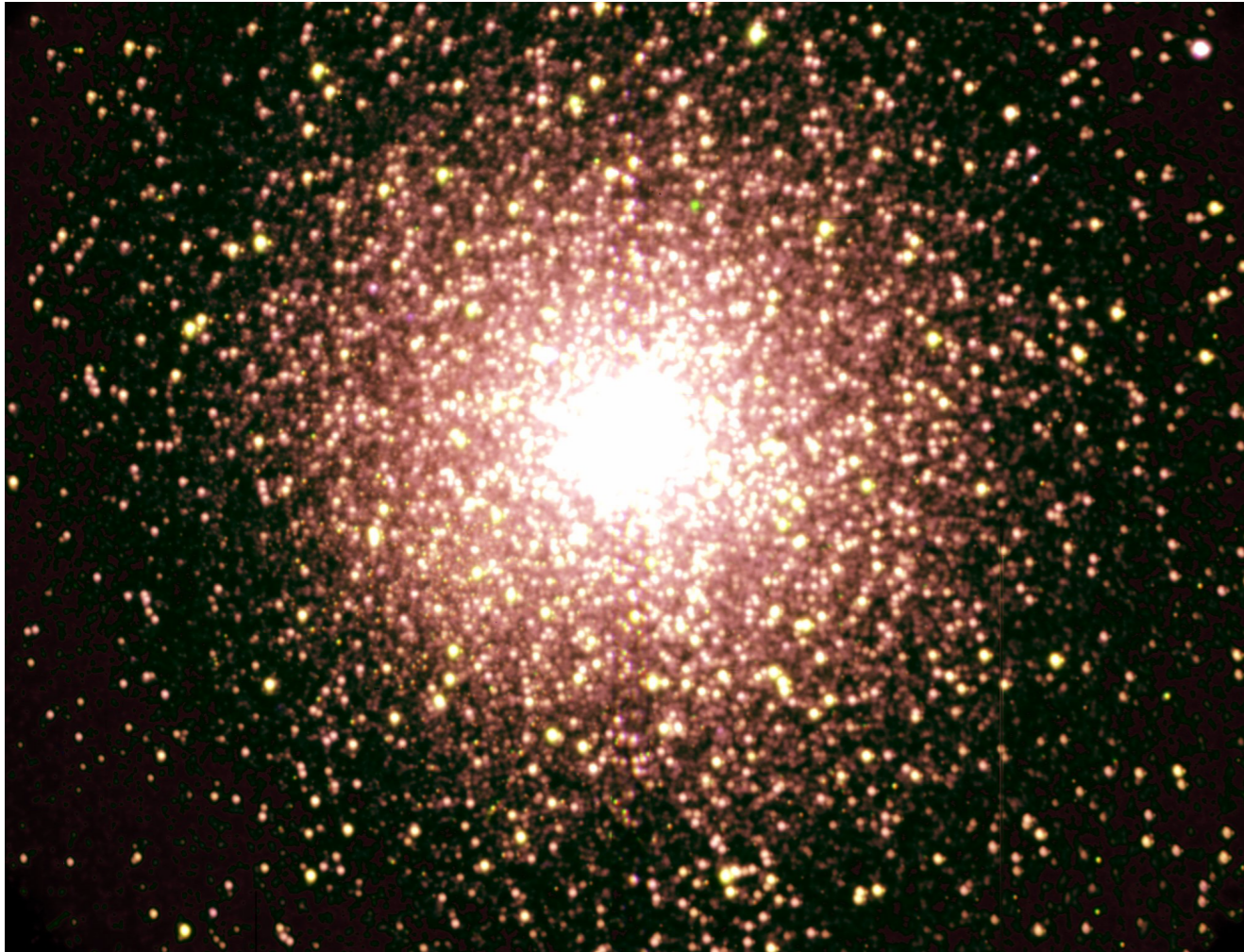


- **Astropartículas**

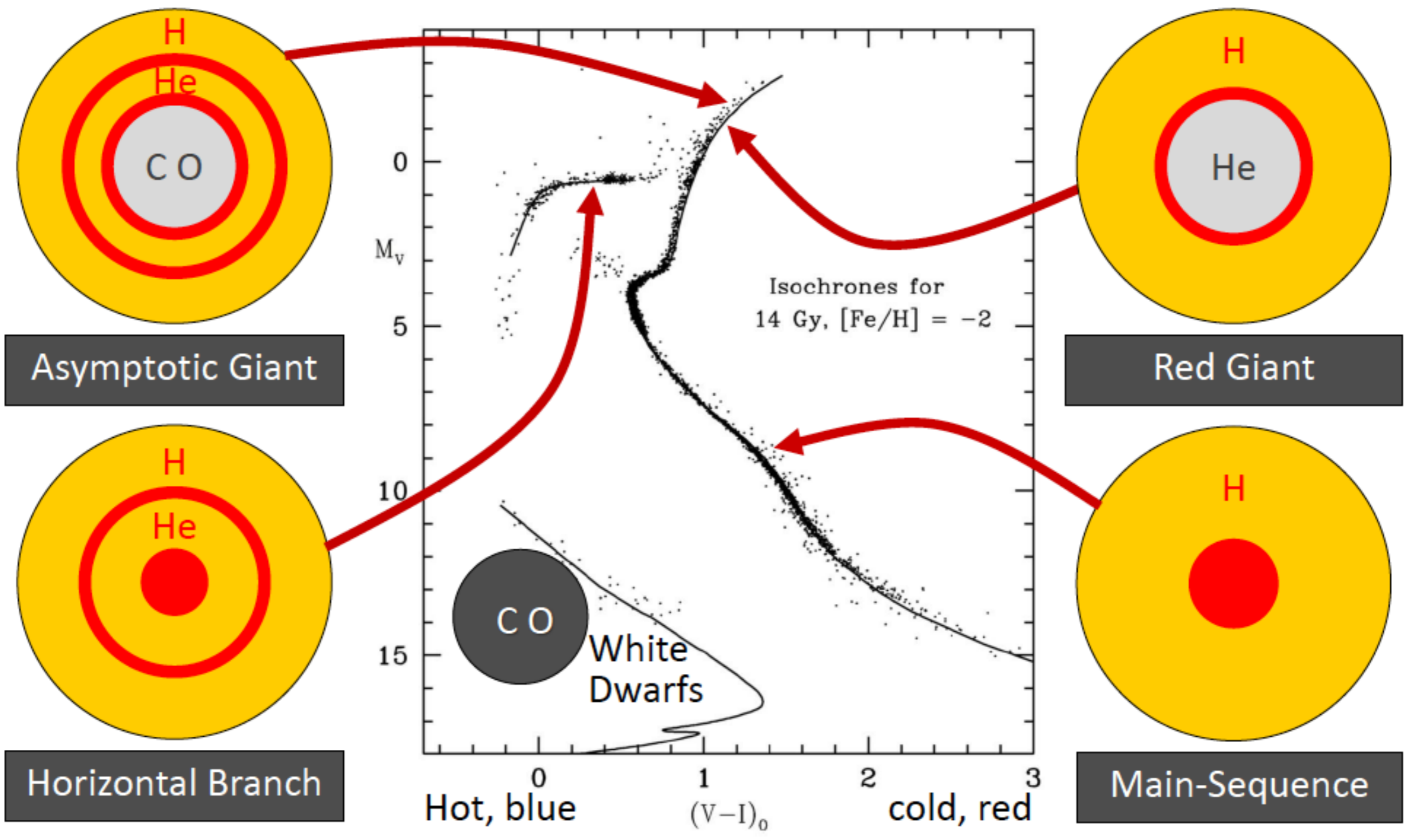
- **Física de neutrinos mas allá del modelo estándar**

- **Laboratorio de altas energías**

# Astropartículas

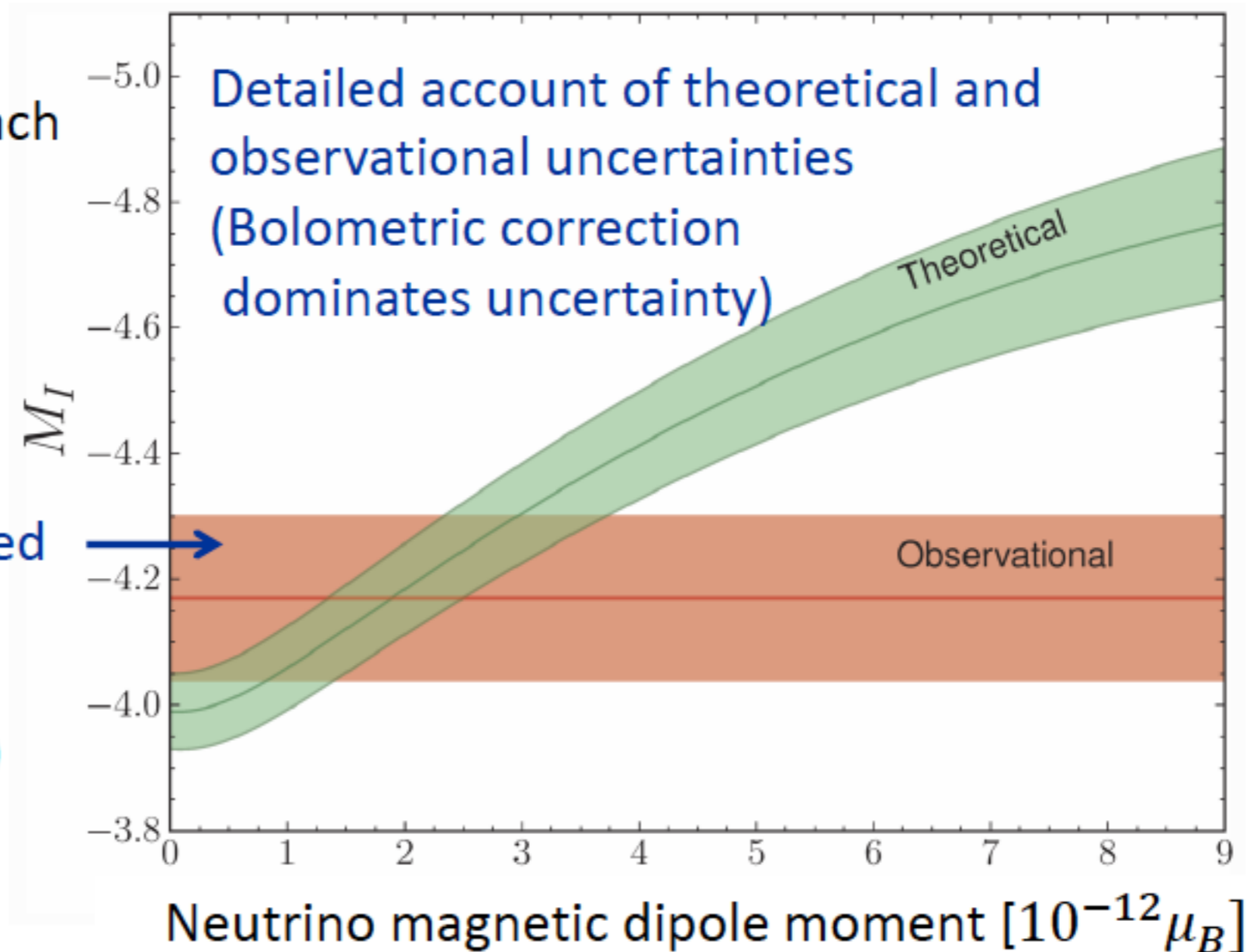


**Siguiendo la evolución de una estrella podemos poner límites a partículas o a propiedades de estas mas allá del modelo standard.**



I-band brightness  
of tip of red-giant branch  
[magnitudes]

- Uncertainty dominated by distance
- Can be improved in future (GAIA mission)

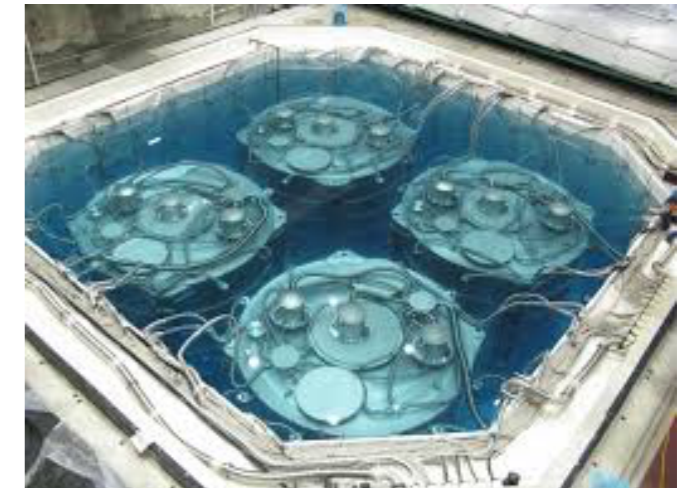
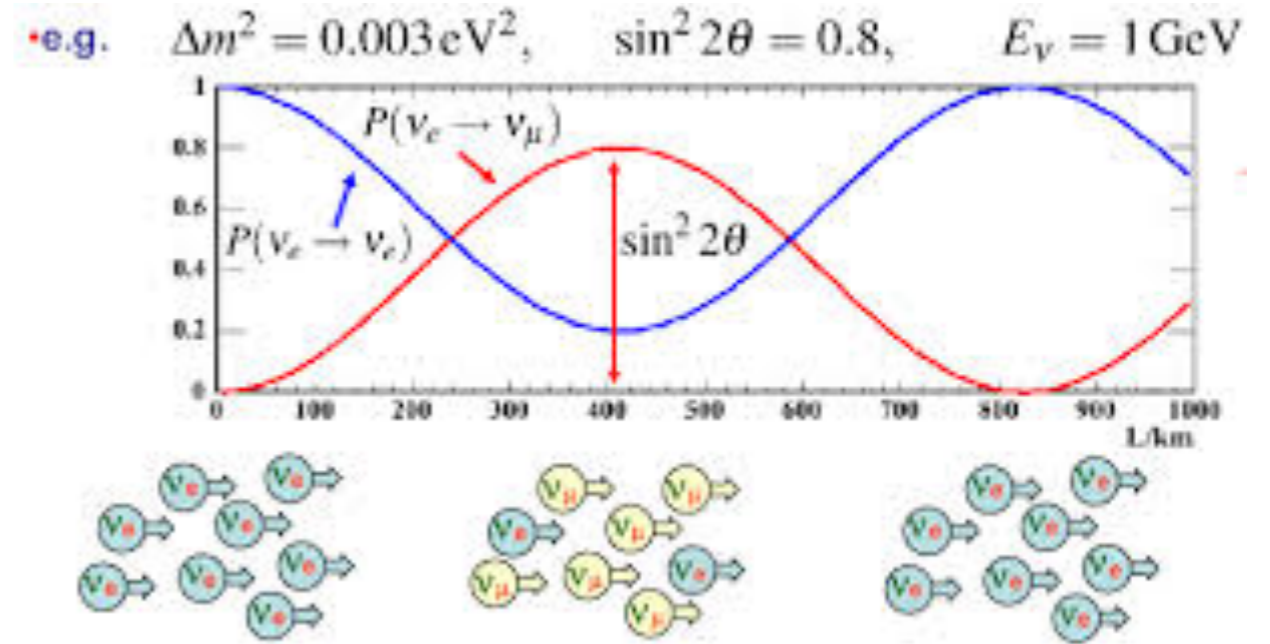
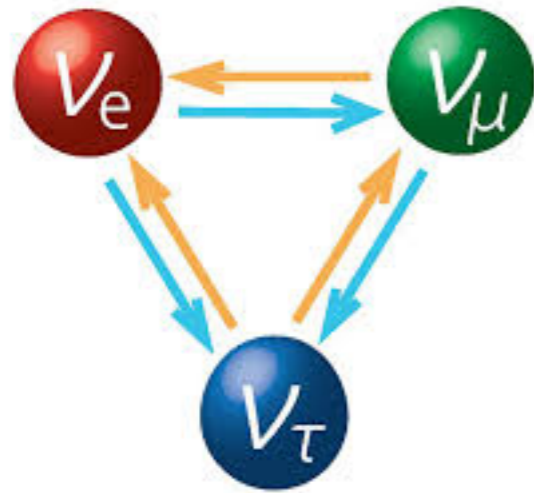


Most restrictive limit on  
neutrino electromagnetic  
properties

$$\mu_\nu < \begin{cases} 2.6 \times 10^{-12} \mu_B & (68\% \text{ CL}) \\ 4.5 \times 10^{-12} \mu_B & (95\% \text{ CL}) \end{cases}$$

Viaux et. al. 2013

# Física de neutrinos mas allá del modelo estándar



**ELECTRON-ANTINEUTRINO**  $\bar{\nu}_e$

The **ELECTRON-ANTINEUTRINO** is the antiparticle to the electron-neutrino. In beta decay, the weak force converts a neutron into a proton while emitting an electron and an electron-antineutrino. They are also used to monitor nuclear reactors in the enforcement of nonproliferation.

Comes with a removable no-nukes police badge.

Acrylic felt, vinyl, poly-fill for minimum mass.

**\$10.49** PLUS SHIPPING

●○○○○○○○○○○○ LIGHT HEAVY

**ELECTRON-ANTINEUTRINO**  $\bar{\nu}_e$

The **ELECTRON-ANTINEUTRINO** is the antiparticle to the electron-neutrino. In beta decay, the weak force converts a neutron into a proton while emitting an electron and an electron-antineutrino. They are also used to monitor nuclear reactors in the enforcement of nonproliferation.

Comes with a removable no-nukes police badge.

Acrylic felt, vinyl, poly-fill for minimum mass.

**\$10.49** PLUS SHIPPING

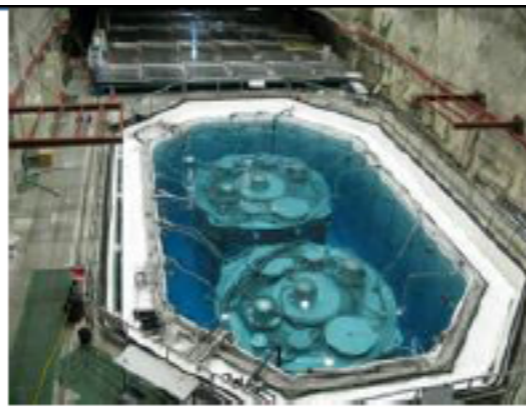
●○○○○○○○○○○○ LIGHT HEAVY







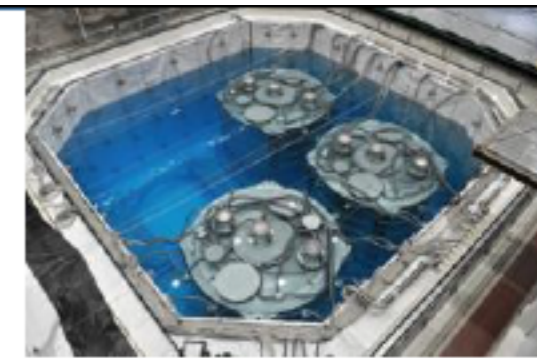
Far Site (Hall 3)  
860 m water equivalent (w.e.)  
overburden



Daya Bay Near Site (Hall 1)



Ling Ao Near Site (Hall 2)



Far Site (Hall 3)

# Daya Bay Experimental Site

Ling Ao Near Site (Hall 2)  
265 m w.e. overburden



Ling Ao II  
reactors



Ling Ao I  
reactors

Daya Bay Near Site (Hall 1)  
250 m w.e. overburden

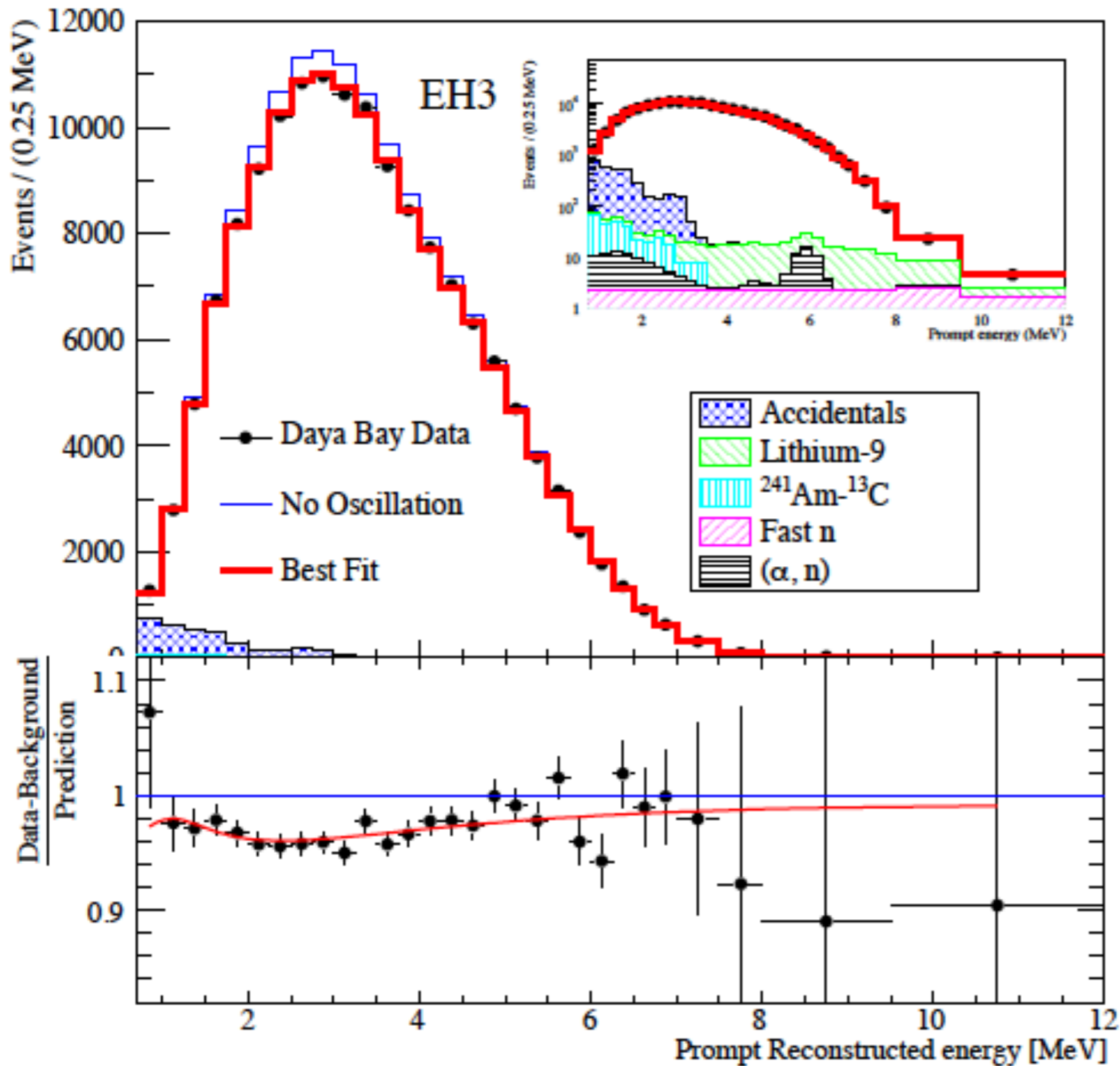
Entrance



Daya Bay  
reactors

- Powerful reactors (6 cores)
  - Total thermal power =  $17.4 \text{ Gw}_{\text{th}}$
- Mountain
  - 250 ~ 860 m water equivalent (w.e.) overburden
  - Cosmic ray shield
- Functionally identical near and far detectors
- Baselines: 350 – 2000 m



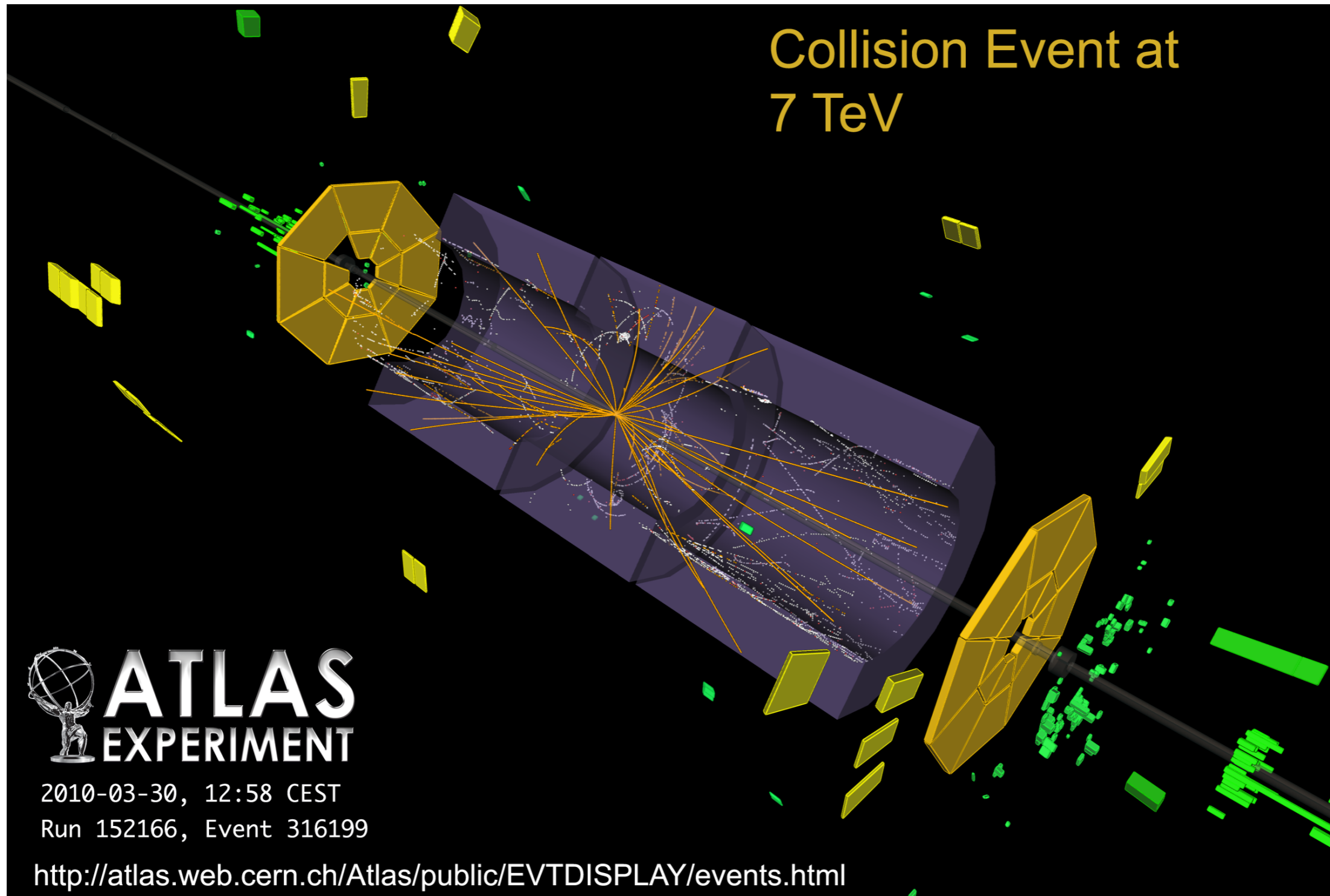


DayaBay collaboration  
2015

Más de tres  
neutrinos?

Violación de ciertas  
simetrías  
fundamentales?

# Laboratorio de altas energías



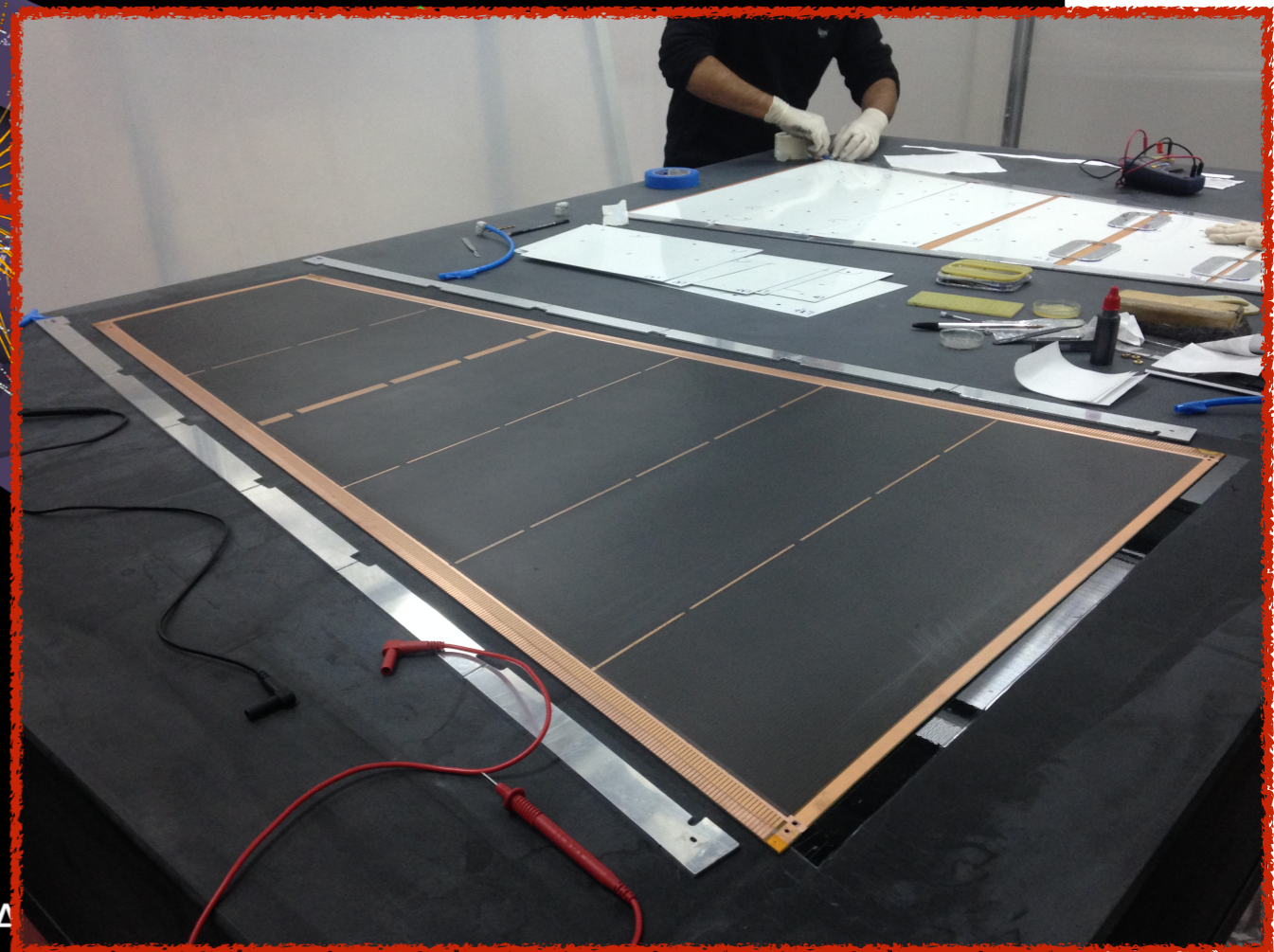
# Laboratorio de altas energías

Collision Event at  
7 TeV

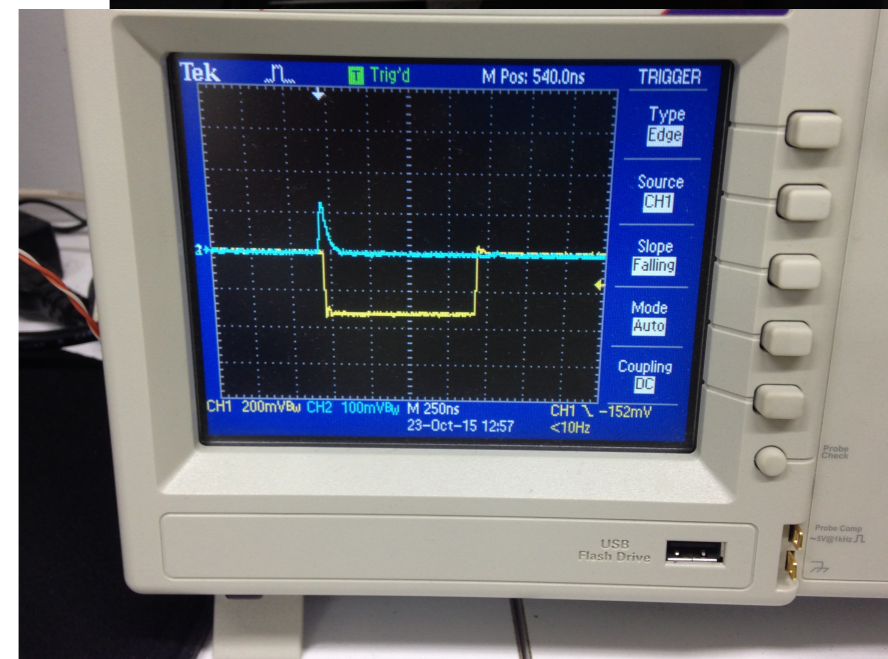
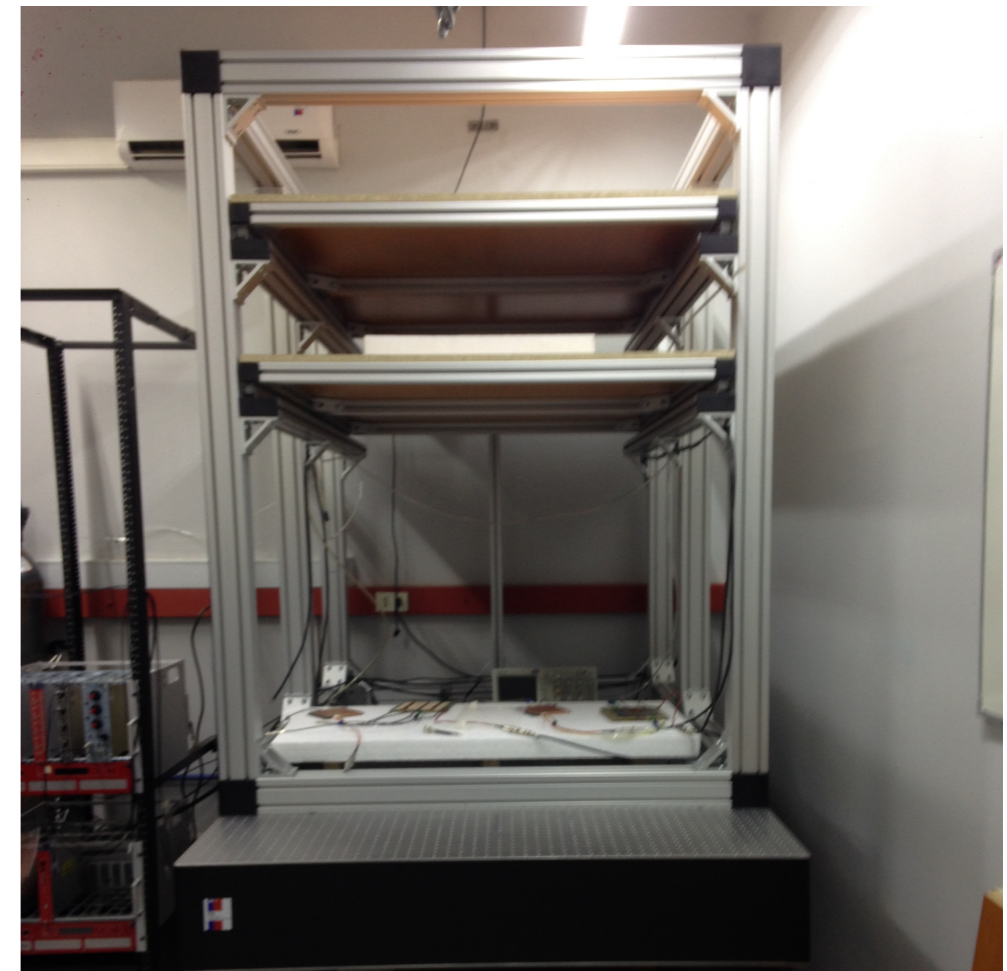
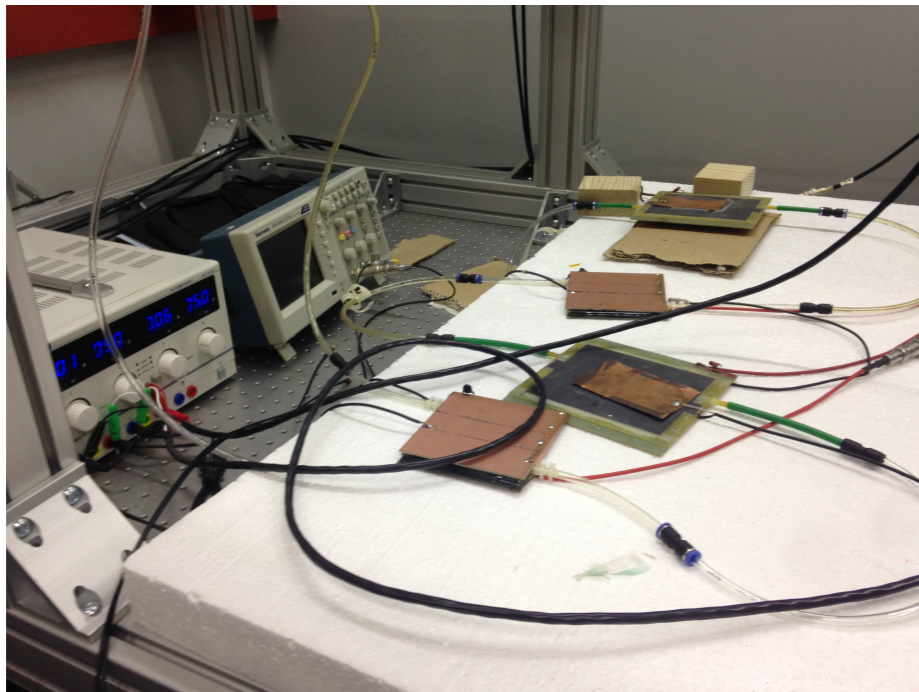
 **ATLAS**  
EXPERIMENT

2010-03-30, 12:58 CEST  
Run 152166, Event 316199

<http://atlas.web.cern.ch/Atlas/public/EVTDISPLA>



# Laboratorio de altas energías



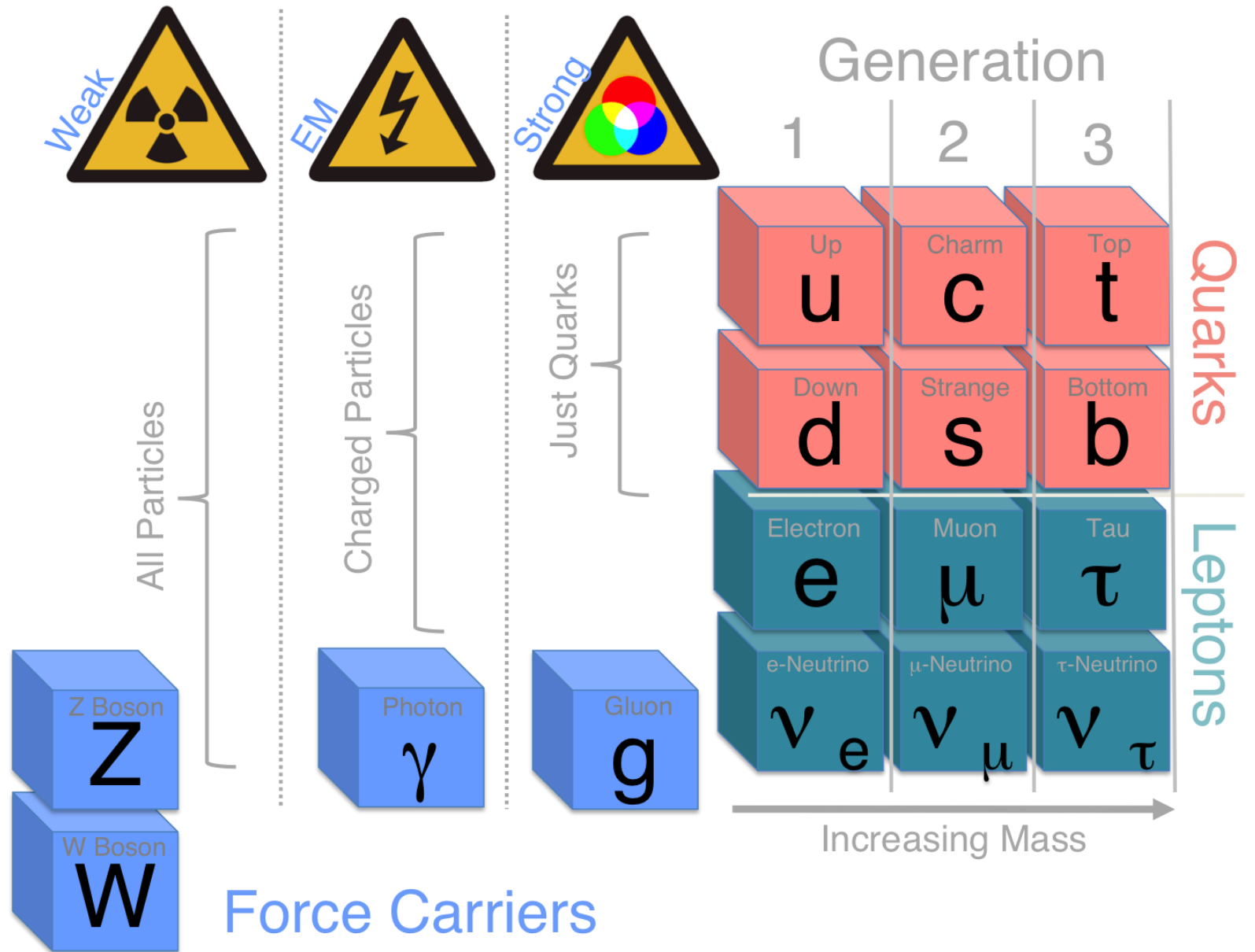


# Física más allá del Modelo Estándar

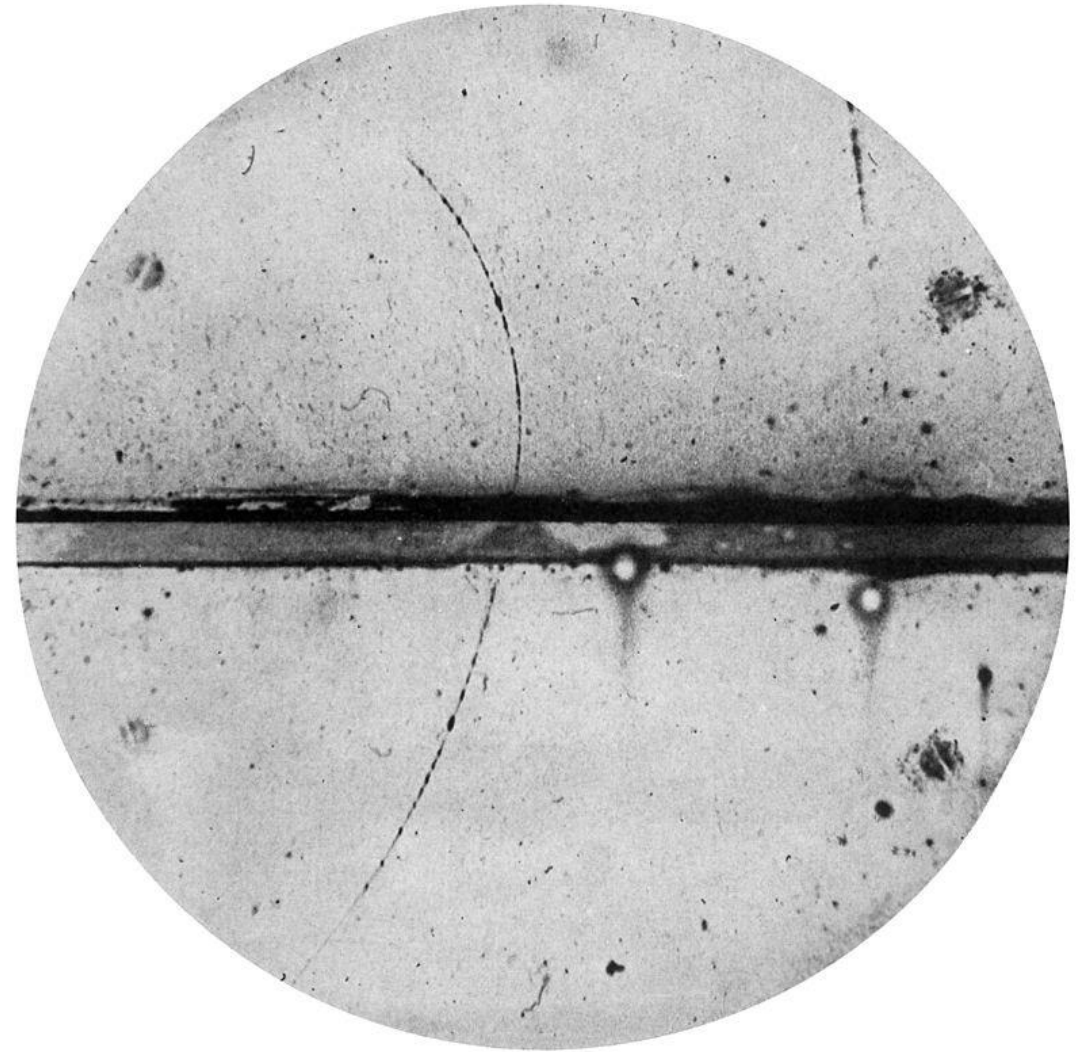
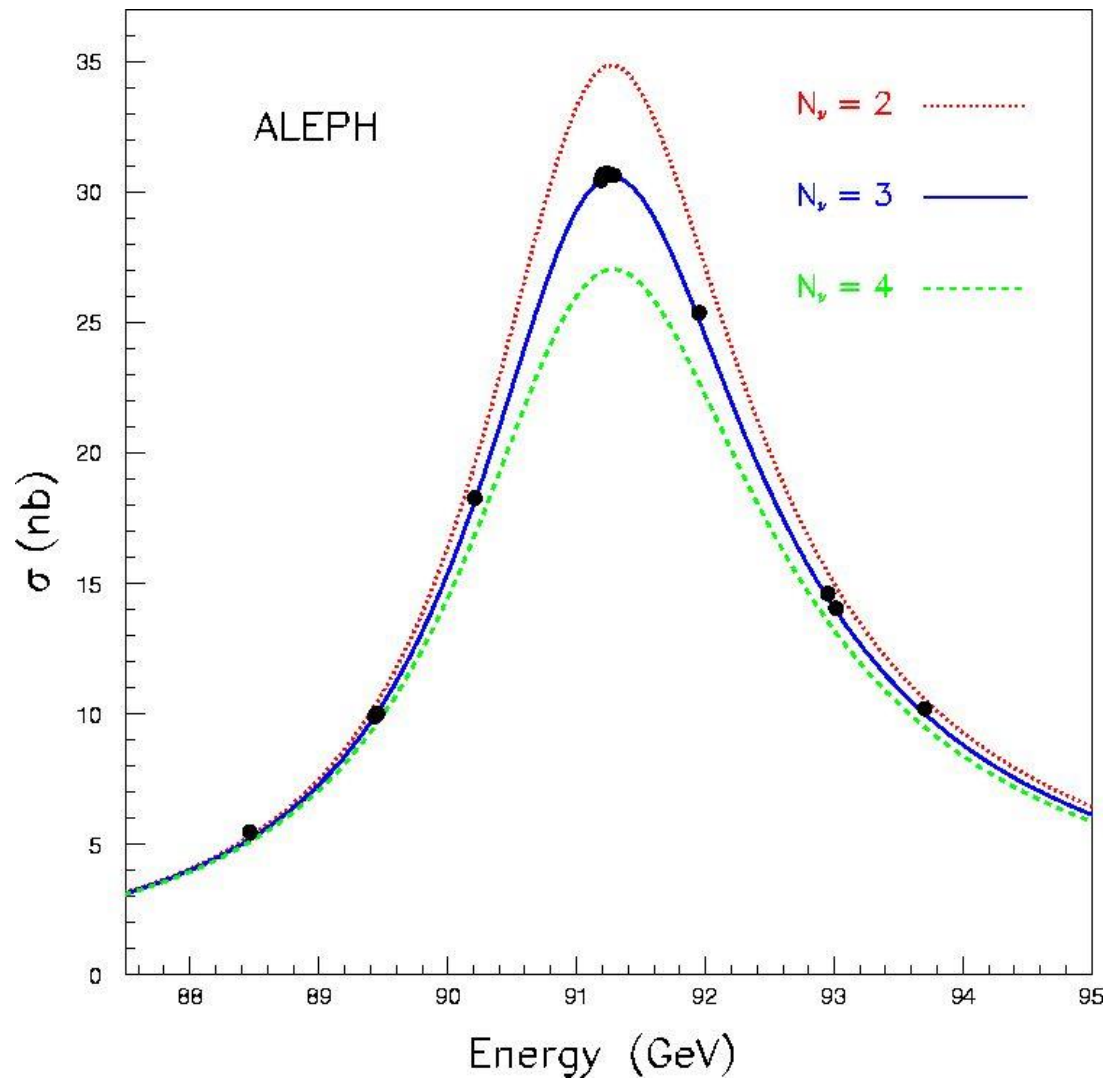
---

Sebastián Urrutia Quiroga  
Instituto de Física  
PUC  
2015

# Modelo Estándar (SM) de Física de Partículas

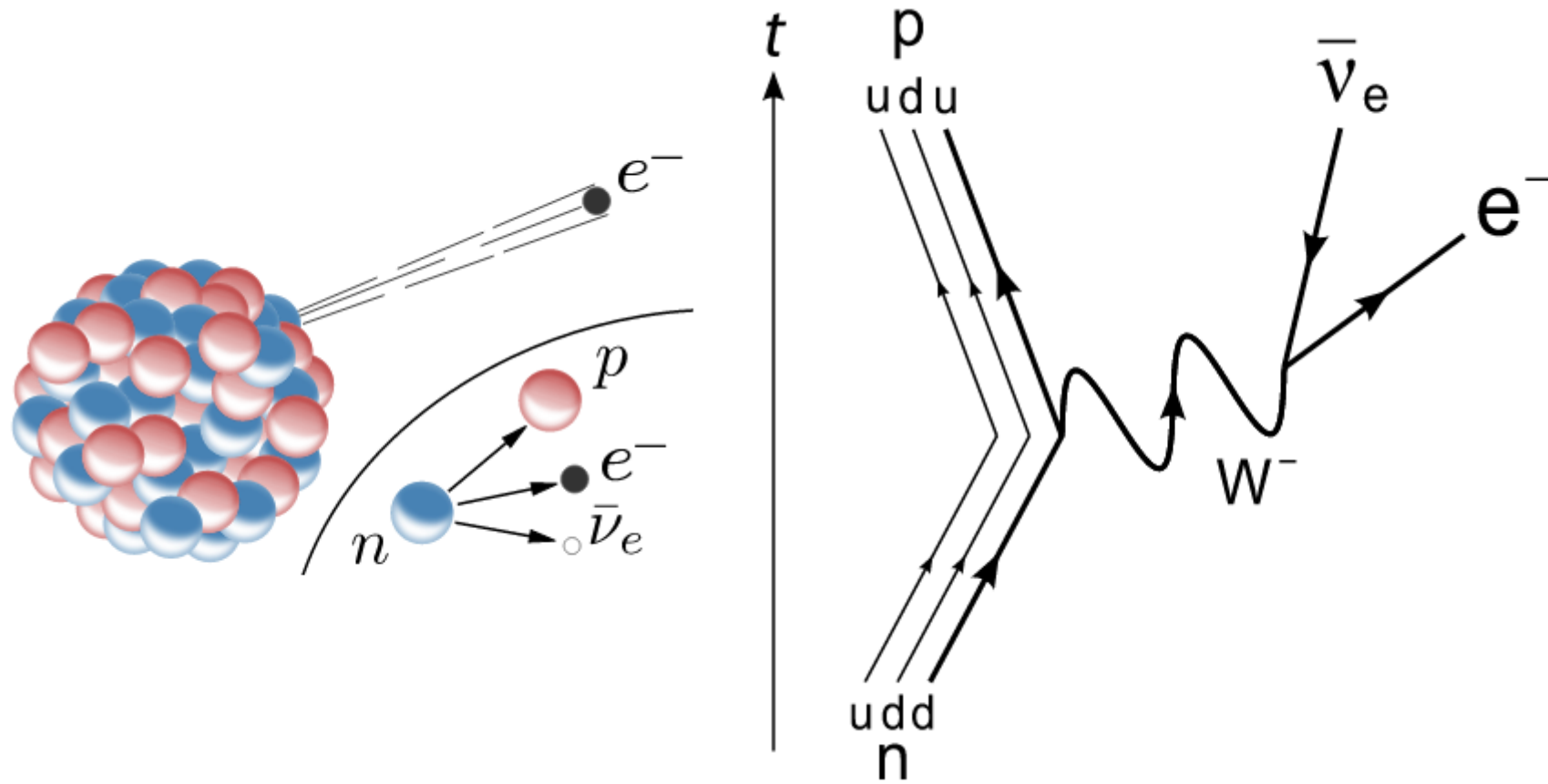


# SM... ¿funciona?

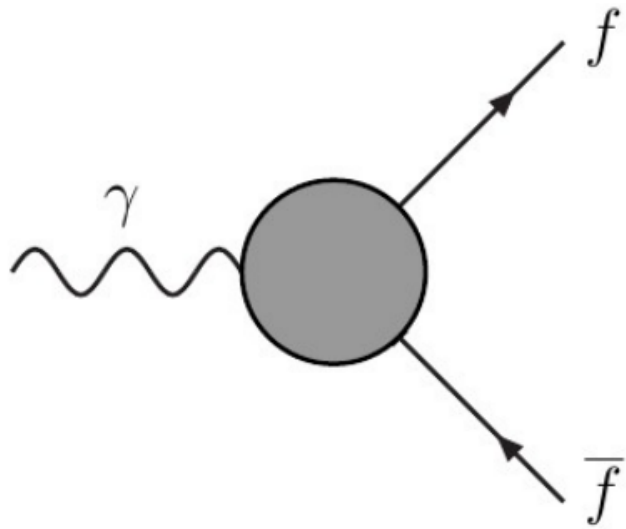




# SM... ¿funciona?



# SM... ¿funciona?



$$\frac{g_e - 2}{2} = 0.00115965218076 \pm 0.00000000000027$$

(EXPERIMENTO)

$$\frac{g_e - 2}{2} = 0.00115965218007 \pm 0.00000000000078$$

(TEORÍA)

# Inert Doublet Model (IDM)

- *Extensión simple del SM:*

$$H, A, D^{\pm}$$

- *Incorporación de una nueva simetría discreta:*

$$\mathbb{Z}_2 : \Phi_S \rightarrow \Phi_S, \Phi_D \rightarrow -\Phi_D$$

*Restringe interacciones*

*La partícula más ligera es estable  $\rightarrow$  candidato DM*

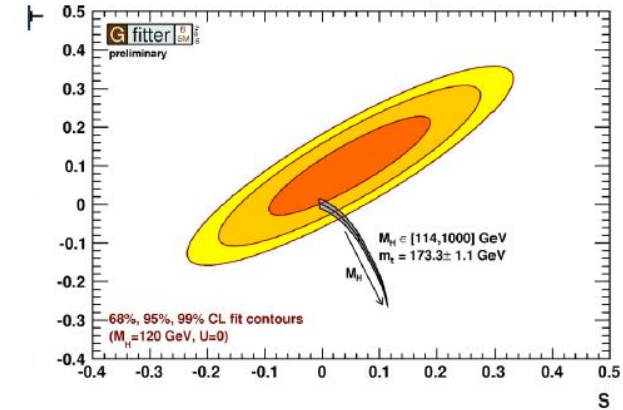
# Inert Doublet Model (IDM)

- *Nuevos parámetros:*

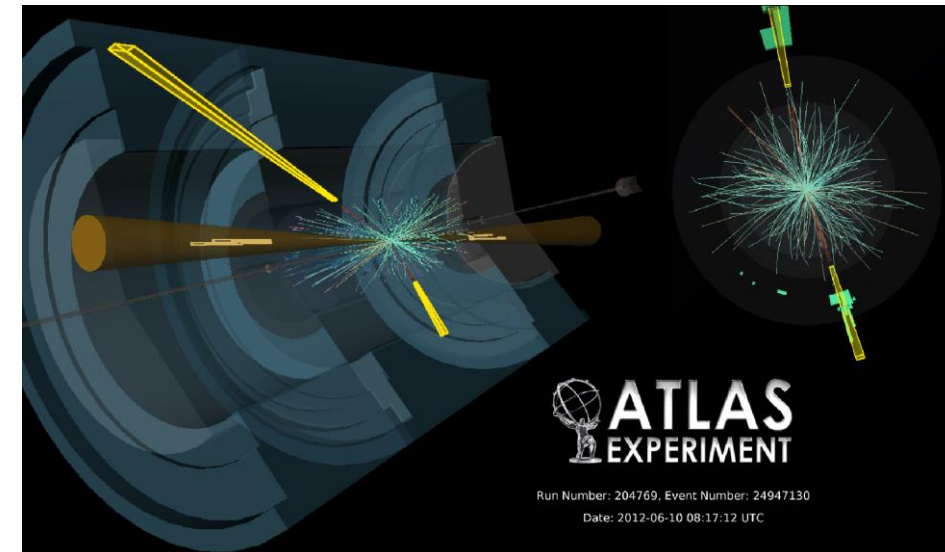
$$M_H, M_A, M_{D^\pm}, \lambda_2, \lambda_{345}$$

- *Por suerte, hay algunas restricciones:*

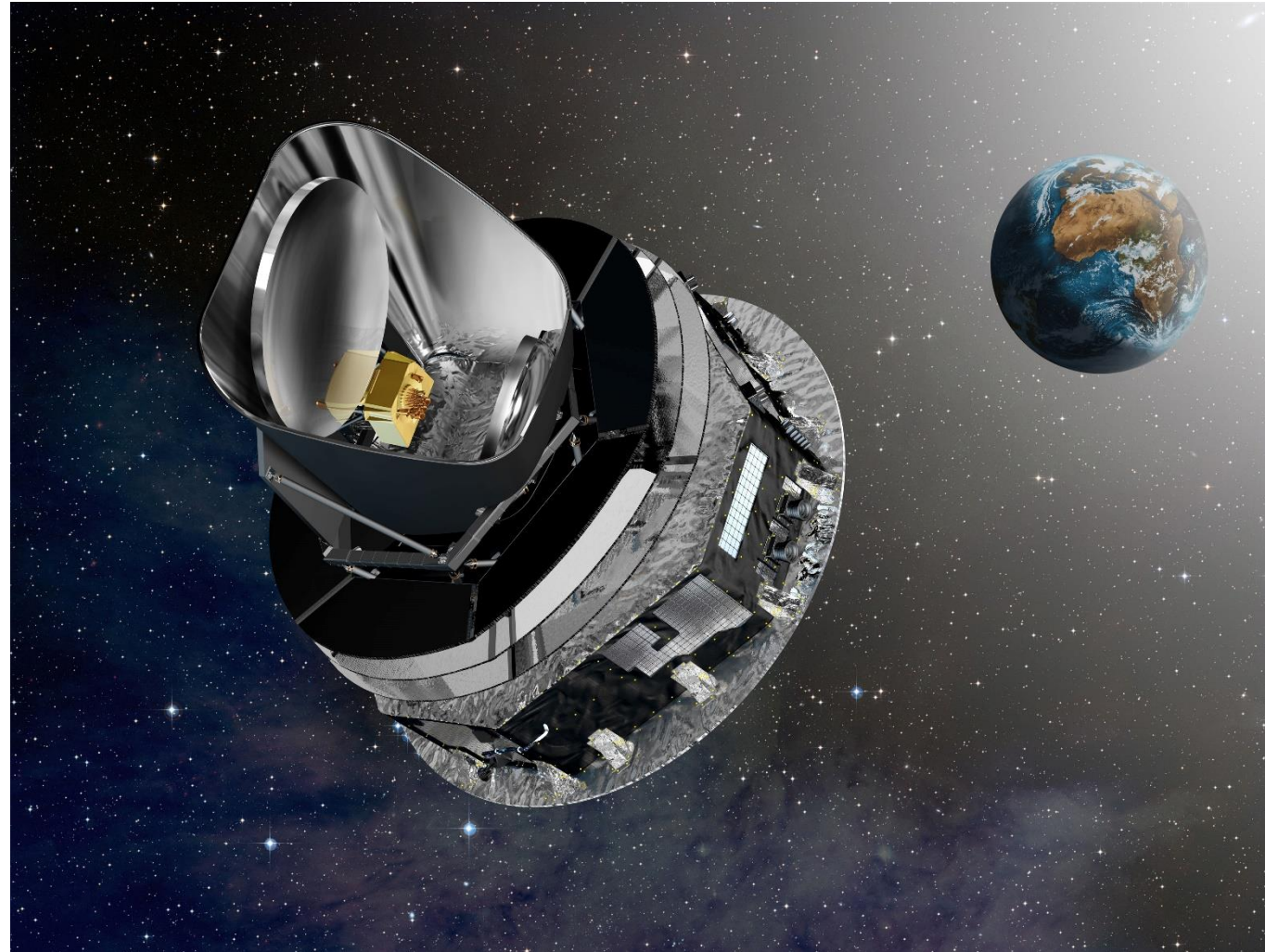
1. *Teóricas (positivity, perturbativity, unitarity)*
2. *EWPT y LEP*
4. *LHC y Dark Matter*



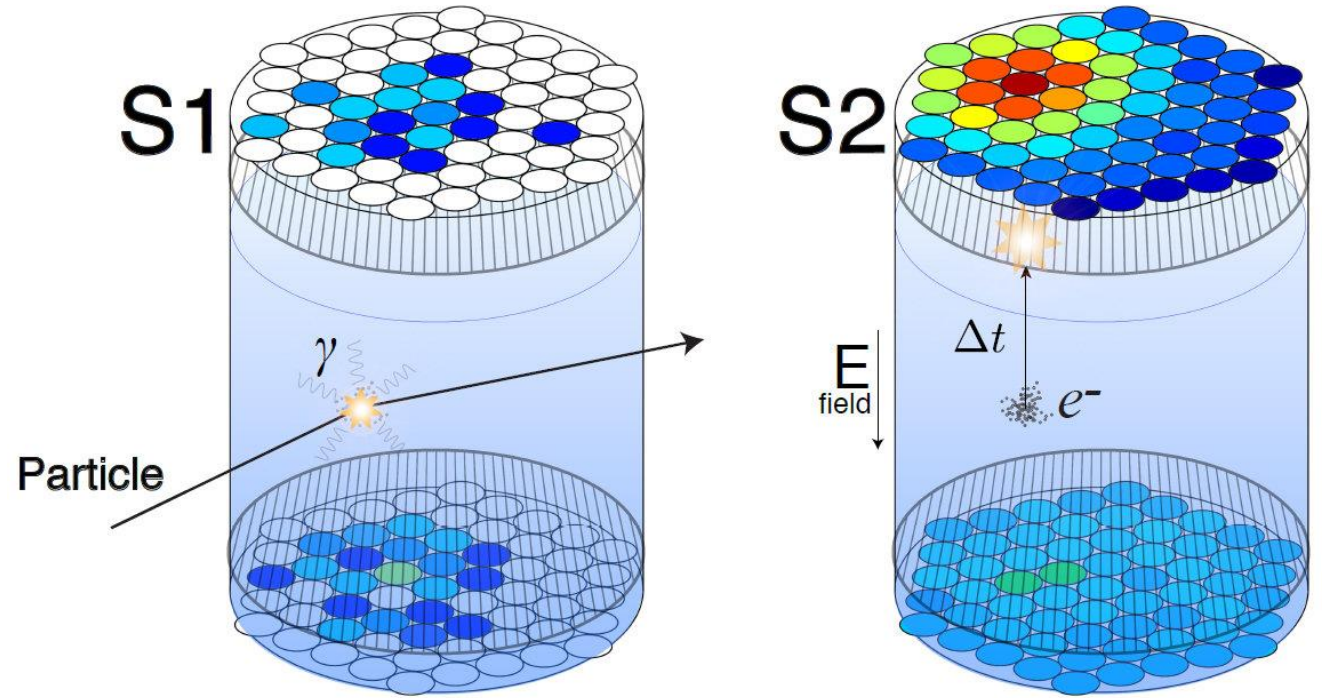
~~$$\left( \begin{array}{l} W \rightarrow H^\pm H^0, H^\pm A^0 \\ Z \rightarrow H^0 A^0, H^\pm H^\mp \end{array} \right) \left\{ \begin{array}{l} m_{H^\pm} + m_{H^0, A^0} \gtrsim m_W \\ m_{H^0} + m_{A^0}, 2m_{H^\pm} \gtrsim m_Z \end{array} \right.$$~~



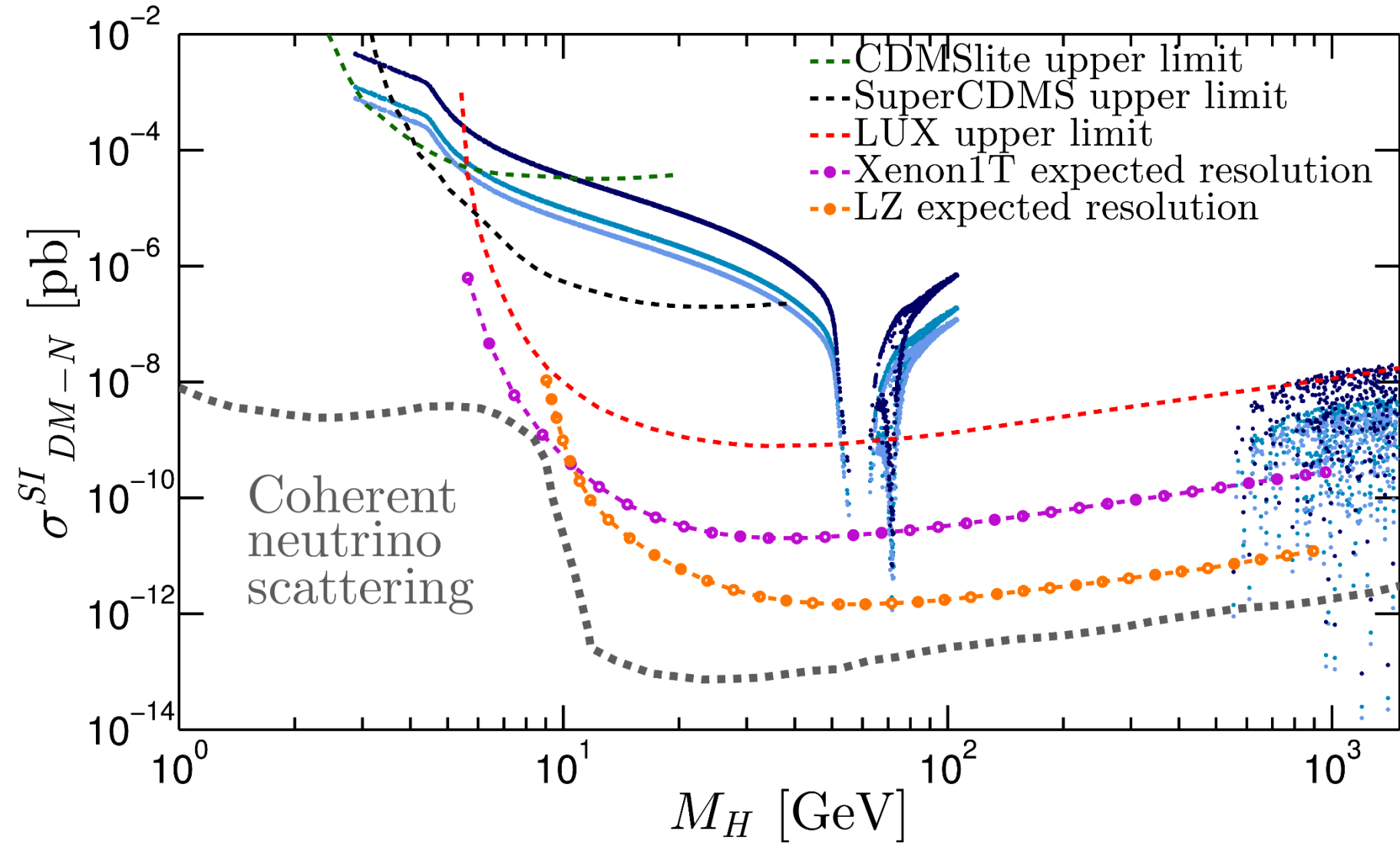
¿Cómo confirmar/descartar el IDM?



# ¿Cómo confirmar/descartar el IDM?



# ¿Resultados?





# Física más allá del Modelo Estándar

---

Sebastián Urrutia Quiroga  
Instituto de Física  
PUC  
2015



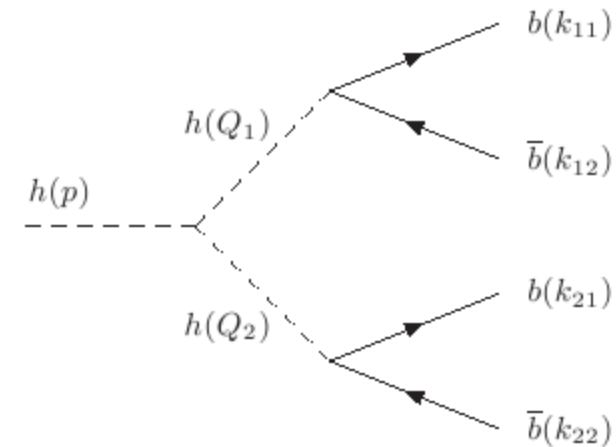


## Teoría:

- ▶ **Bosón de Higgs.**
  - Determinación del triple Higgs coupling.
  - Higgs más allá del Modelo Standard (Tripletes, Modelo Inerte).
- ▶ **Materia Oscura.**
  - Higgs Inerte como DM.
  - Gravitino como candidato a DM.
- ▶ **Supersimetría.**
  - Búsqueda de señales en colisionadores.
- ▶ **Masas de Neutrinos.**
  - Modelos de masas de neutrinos.

$$m_h^2 = \lambda v^2(Q) + \tilde{A}_{hh}(m_h^2) - \frac{\tilde{T}}{v}$$

$$\chi_1^+ \rightarrow \ell^+ \nu_\ell \chi_1^0$$



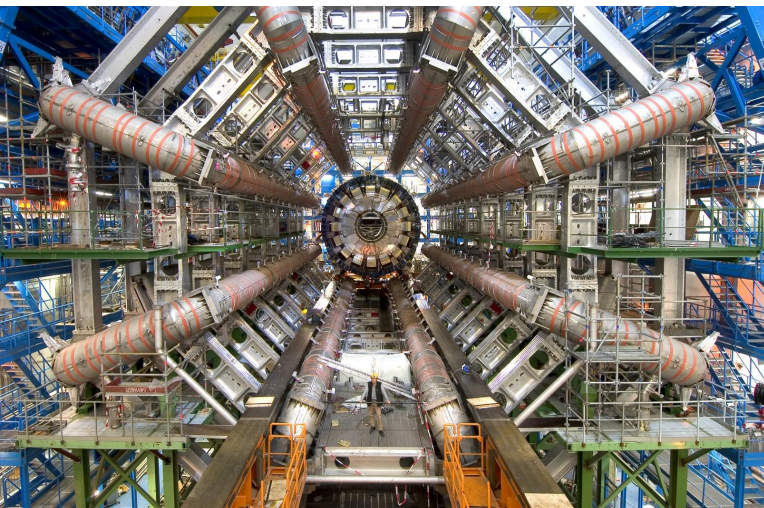
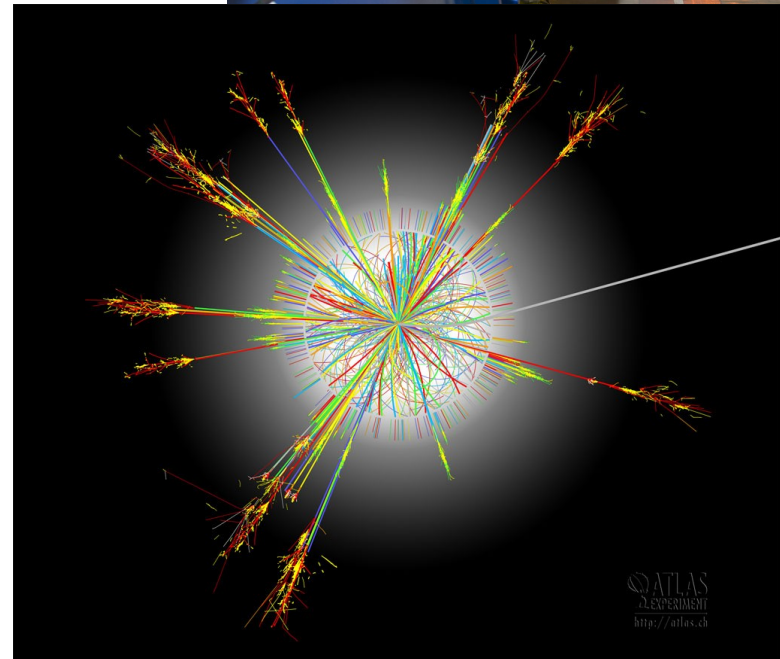
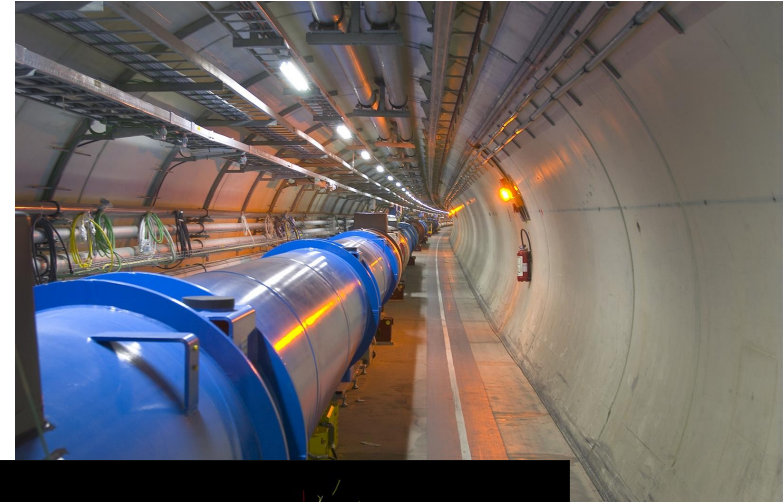


Experimento CLIC.

Experimento ATLAS:

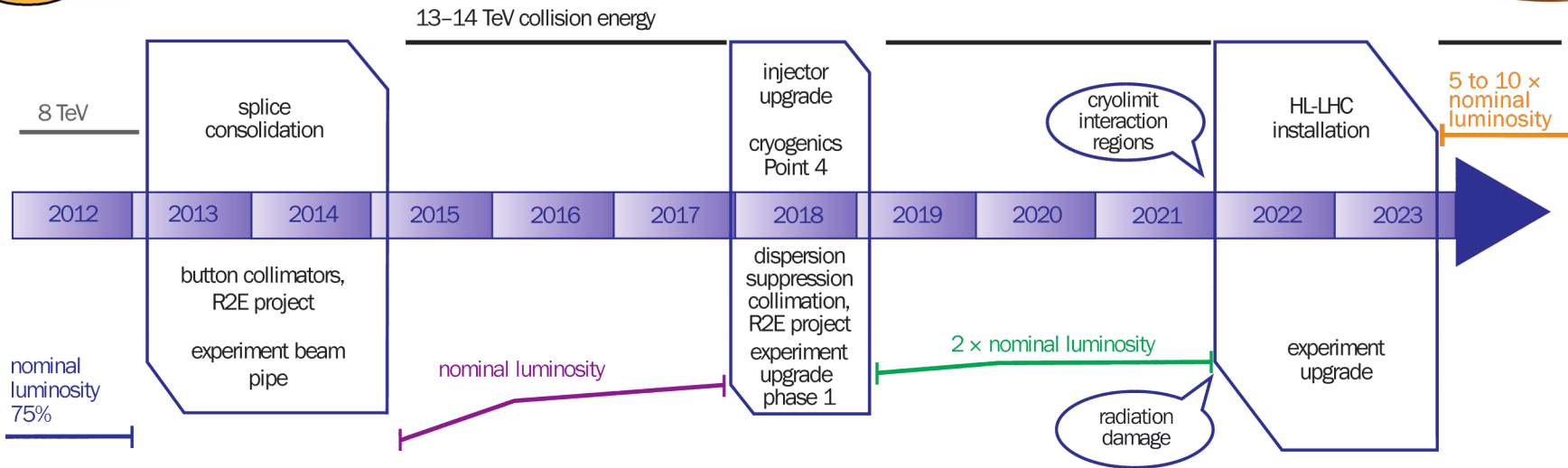
- ▶ **Trigger** de Leptones Tau.
- ▶ Estudio de **Thin Gap Chambers**.
- ▶ Análisis de Datos.
  - Búsqueda de **supersimetría**,
  - Propiedades del bosón de **Higgs**.
- ▶ Computación Distribuida, **GRID**.

Experimento JUNO.





# Upgrade: what and when

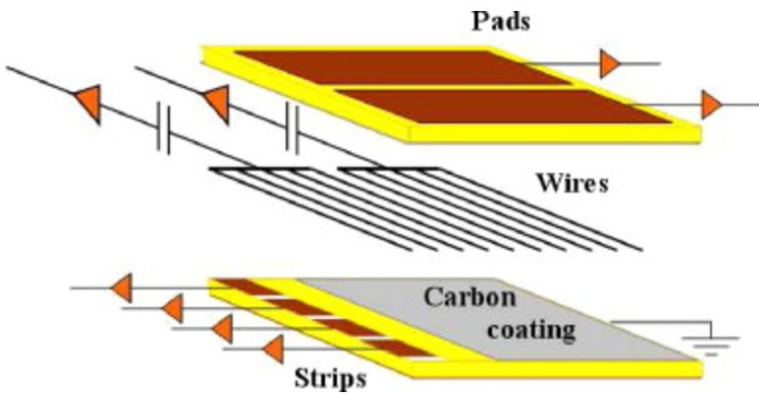
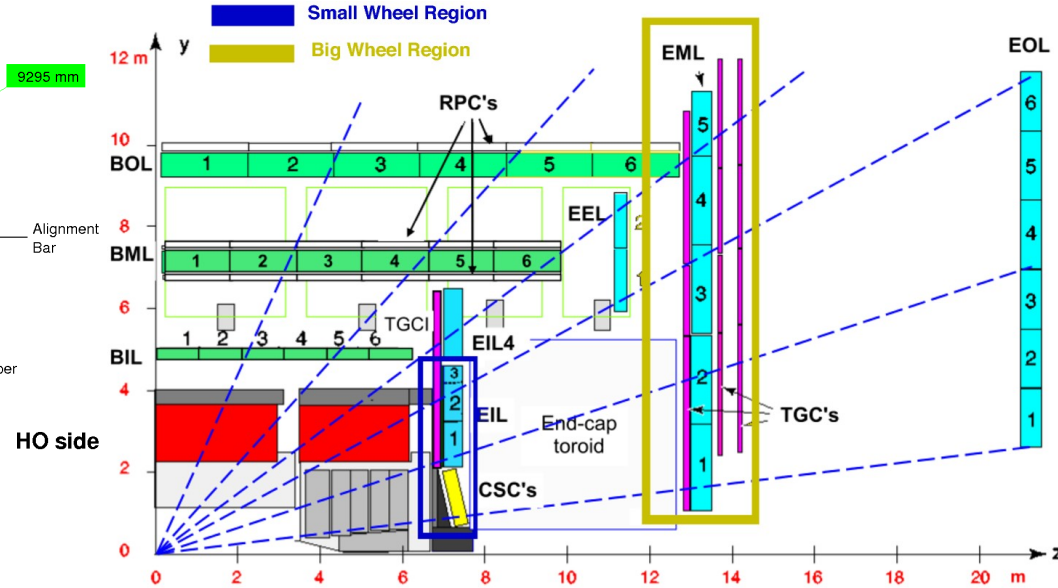
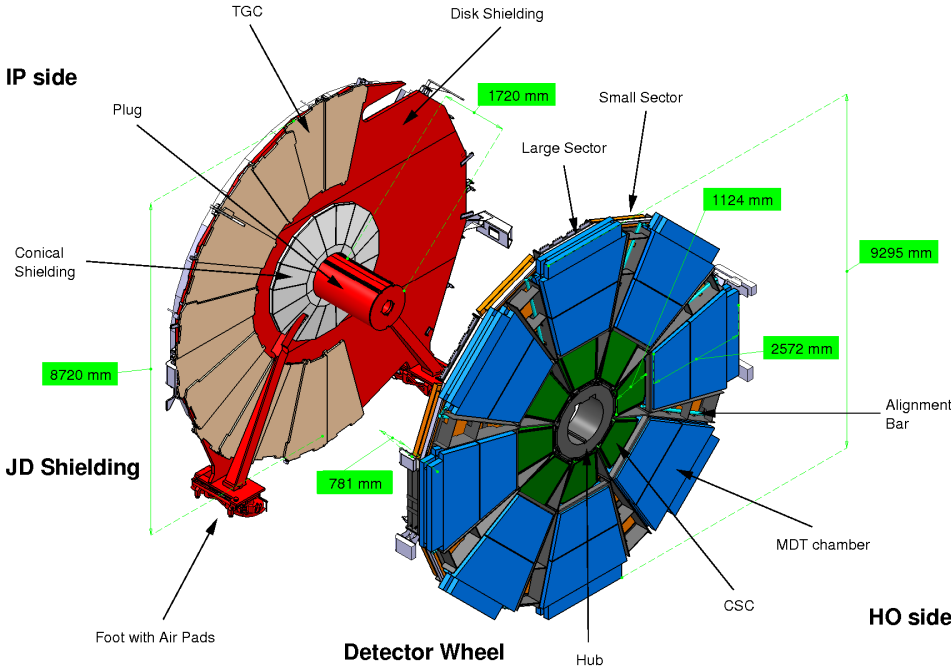


- Phase 0 shutdown: increase energy, recuperate nominal luminosity.
  - ▶ Finished.
- Phase 1 shutdown: increase luminosity.
  - ▶ Small Wheel upgrade (UTFSM+PUC+...), among other upgrades.
- Phase 2 shutdown: increase luminosity.
  - ▶ Inner Detector Upgrade (PUC?+...), among other upgrades.

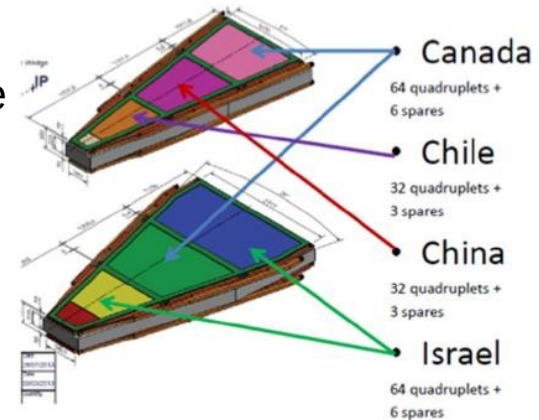




# Small Wheel Upgrade



UTFSM and PUC are working together in the upgrade of the Thin Gap Chambers.



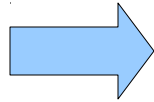


# Quantum Electrodynamics

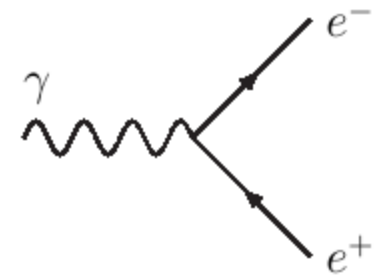
It is defined by the field lagrangian:

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + \bar{\psi} [i\gamma^\mu (\partial_\mu - ieA_\mu) - m] \psi$$

Field,  
Electromagnetic ( $A_\mu$ )  
Electronic ( $\psi$ )



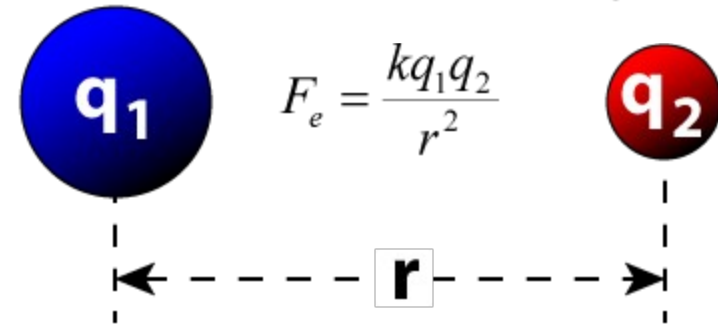
Quantum,  
Photon  
Electron



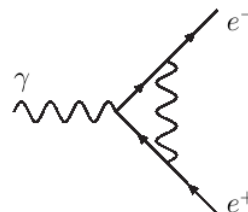
Electromagnetic waves.



Coulomb law:



Anomalous magnetic moment of the electron:



$$a=0.0011596521807$$

Theory and experiment agree in 10 digits!



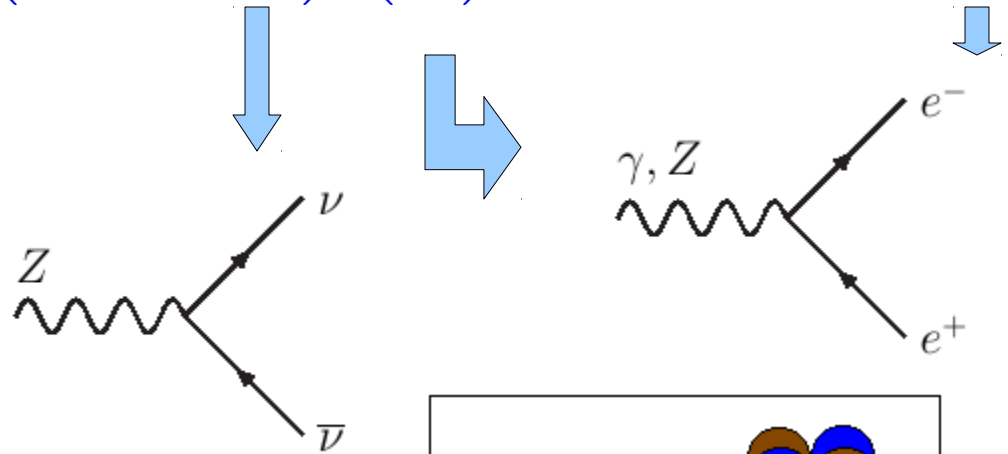
# Weak Interactions

Including just the part concerning hypercharge:

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4}B_{\mu\nu}B^{\mu\nu} + (\bar{\nu} \quad \bar{\psi}_L) i\gamma^\mu \left( \partial_\mu - \frac{i}{2}g_1B_\mu \right) \begin{pmatrix} \nu \\ \psi_L \end{pmatrix} + \bar{\psi}_R i\gamma^\mu (\partial_\mu - ig_1B_\mu) \psi_R$$

## Problem!:

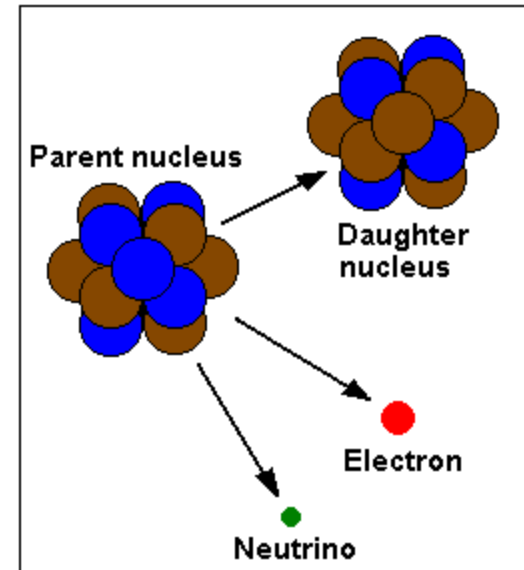
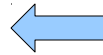
- It is no longer possible to write a mass term for the electron.
- It is not possible neither to have a mass for the Z boson.



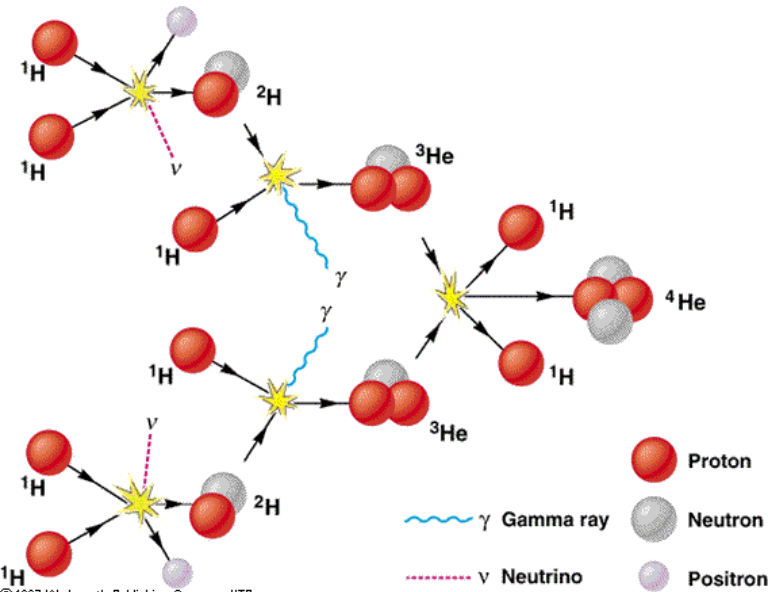
Radioactivity.

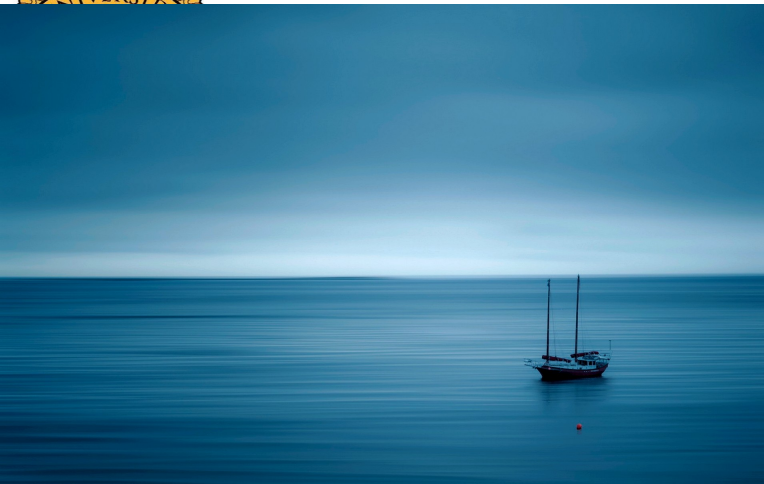


Nuclear reactions in the sun.

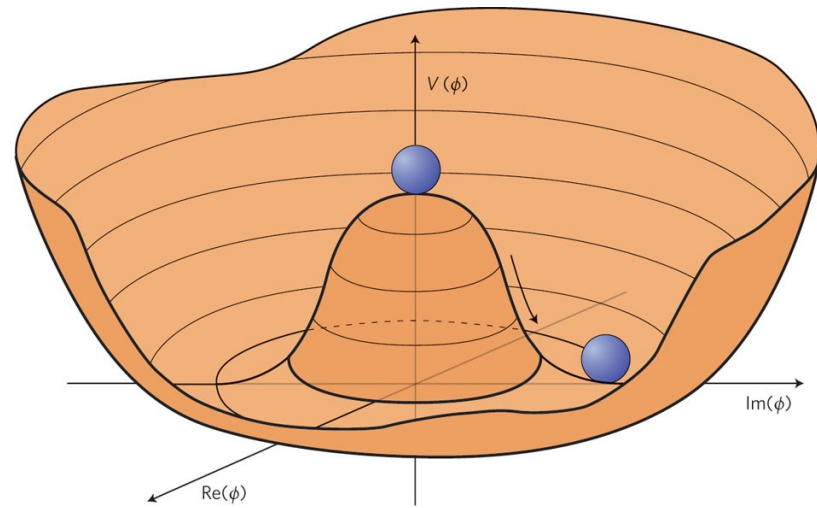


Beta decay





Field in vacuum



Higgs potential



$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4}B_{\mu\nu}B^{\mu\nu} + \frac{1}{2}|(\partial_\mu + iyB_\mu)\phi|^2 + \frac{1}{2}\mu^2(\phi^*\phi) - \frac{1}{4}\lambda(\phi^*\phi)^2$$

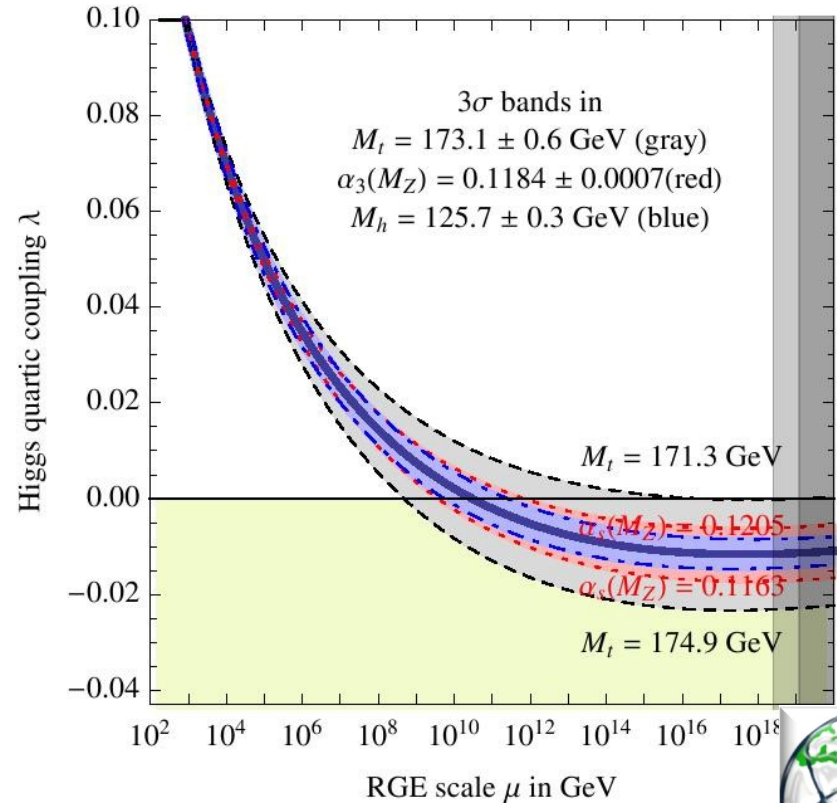
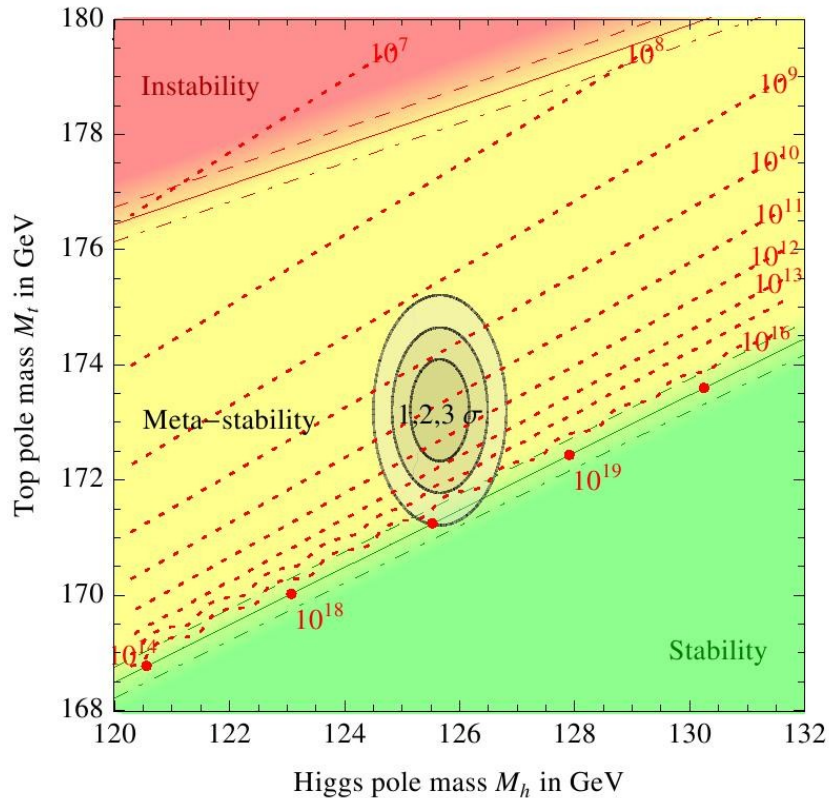
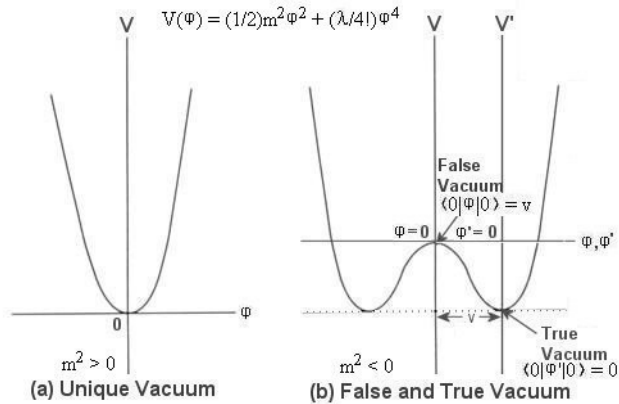


Quantum (or Particle)





# Vacuum (Meta)stability







M. Loewe:

Areas de Interes: Física Hadrónica, incluyendo efectos térmicos y de densidad. (Reglas de Suma de QCD, Lagrangianos efectivos, etc)

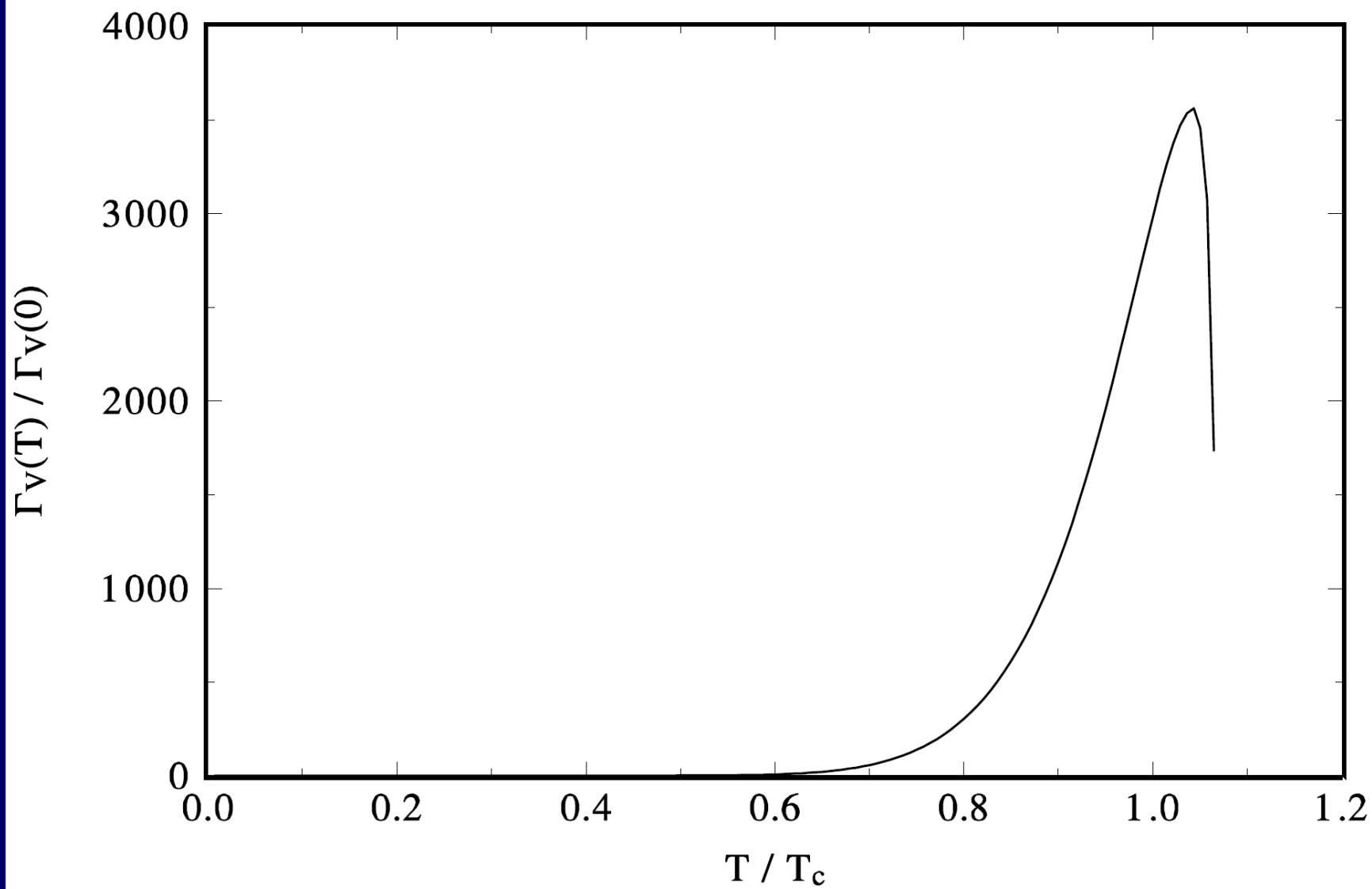
Aplicaciones de QFT a Materia condensada

Mecánica Cuántica No-Conmutativa y Aplicaciones en Materia Condensada (Grafeno, por ejemplo).

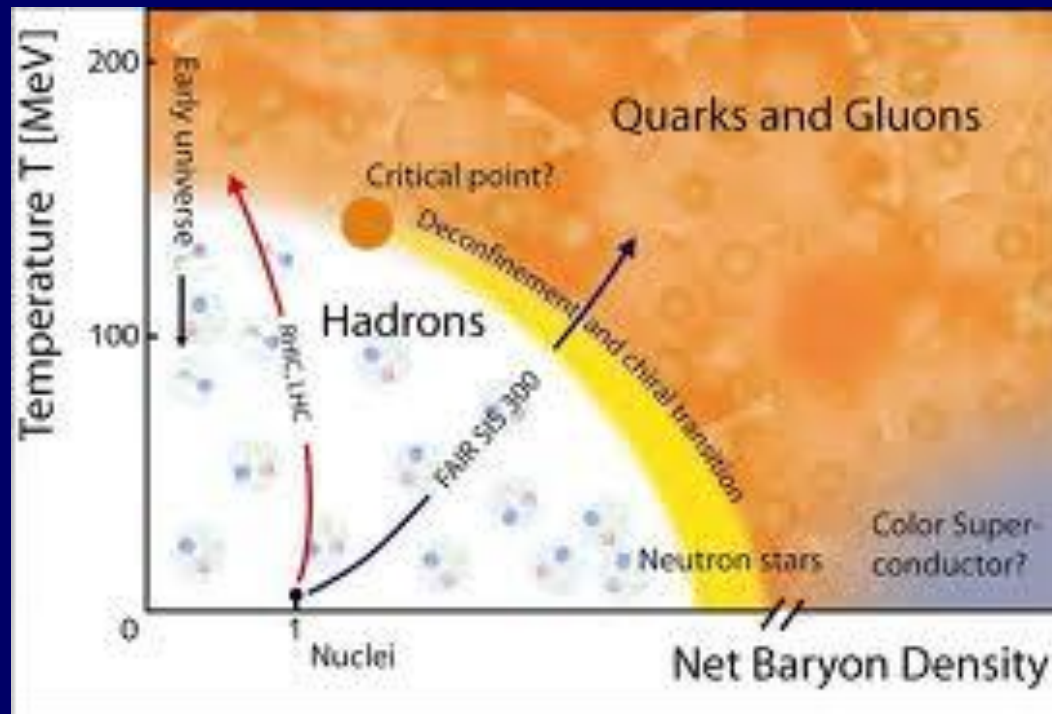
Electrodinámica no Lineal

- Mis Colaboradores:
- Grupo Local: C. Villavicencio, J. C. Rojas, R. Zamora , (todos exalumnos míos de doctorado), a los que se suma David Valenzuela (pronto a terminar su tesis de doctorado).

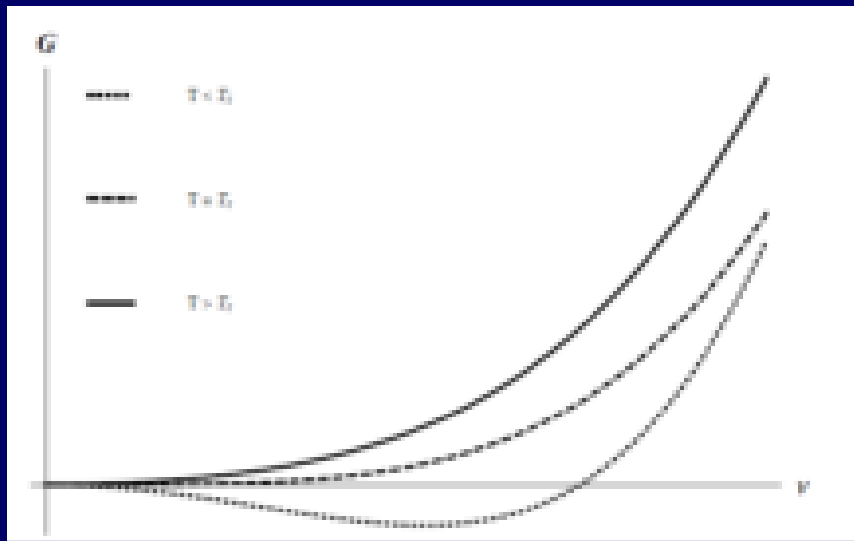
- Otros Colaboradores Nacionales: Jorge Gamboa (USACH), Gorazd Cvetic (UTFSM), Fernando Mendez (USACH)
- Colaboradores Internacionales:
  - C. A. Dominguez (Cape Town)
  - H. Falomir (La Plata)
  - A. Ayala (Ciudad de Mexico)
  - A. Raya (Michoacan)
  - Otros contactos en Brasil y Alemania



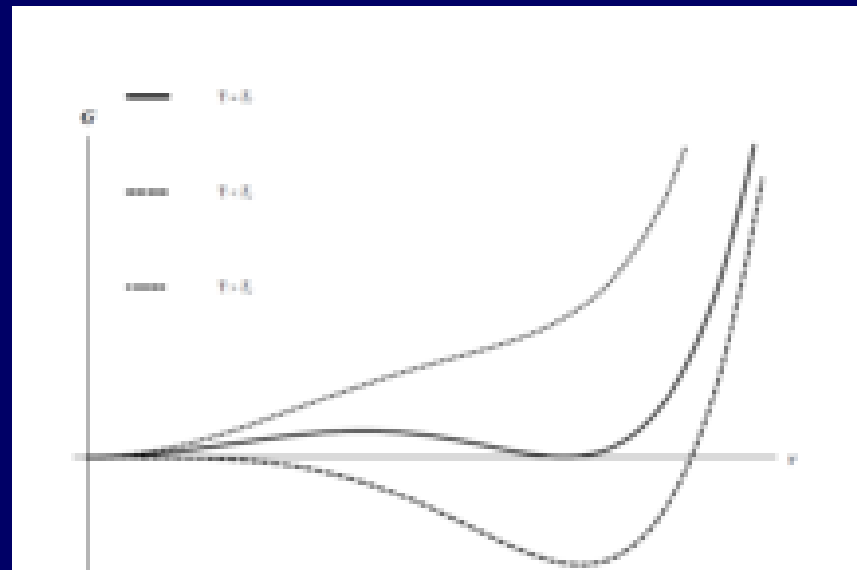
- En Resumen: Gran parte de lo que me interesa se resume en



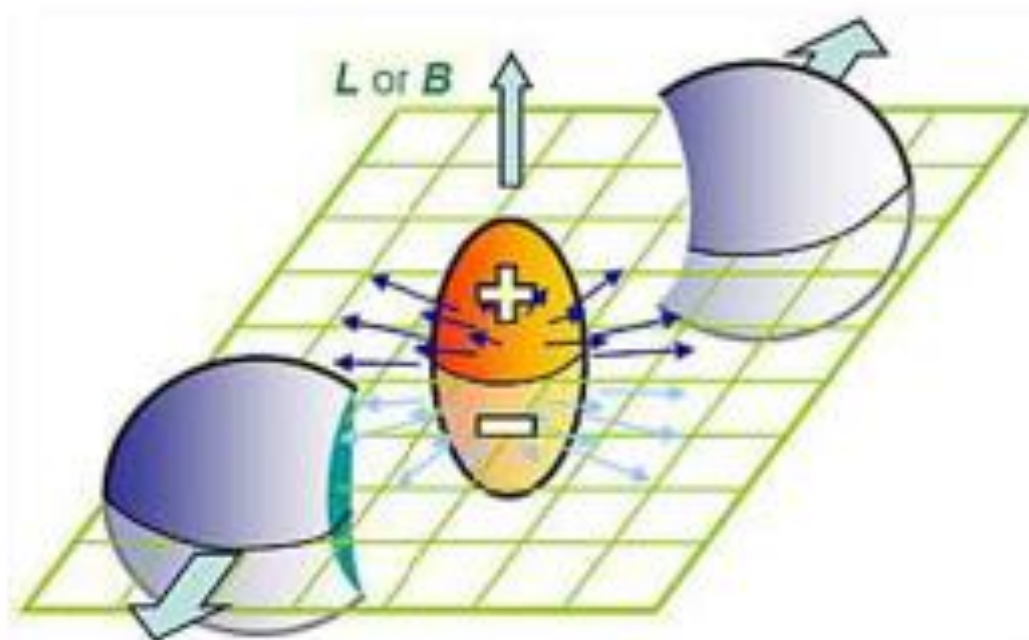
For second order phase transitions we expect



For first order phase transitions



## Peripheral Heavy ion collisions





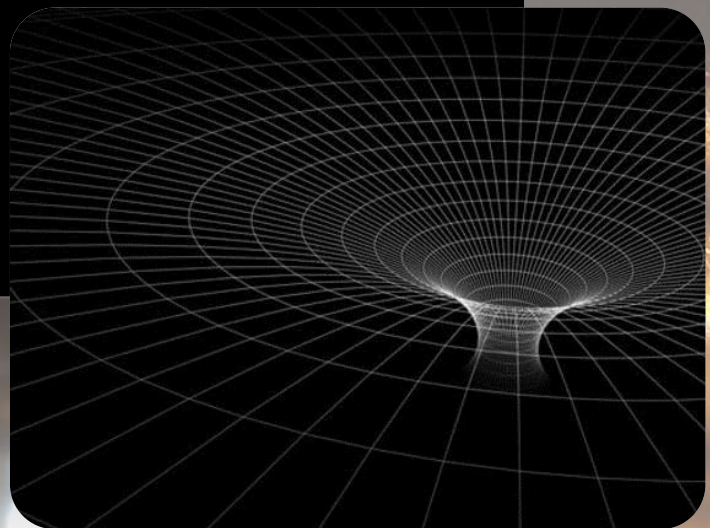
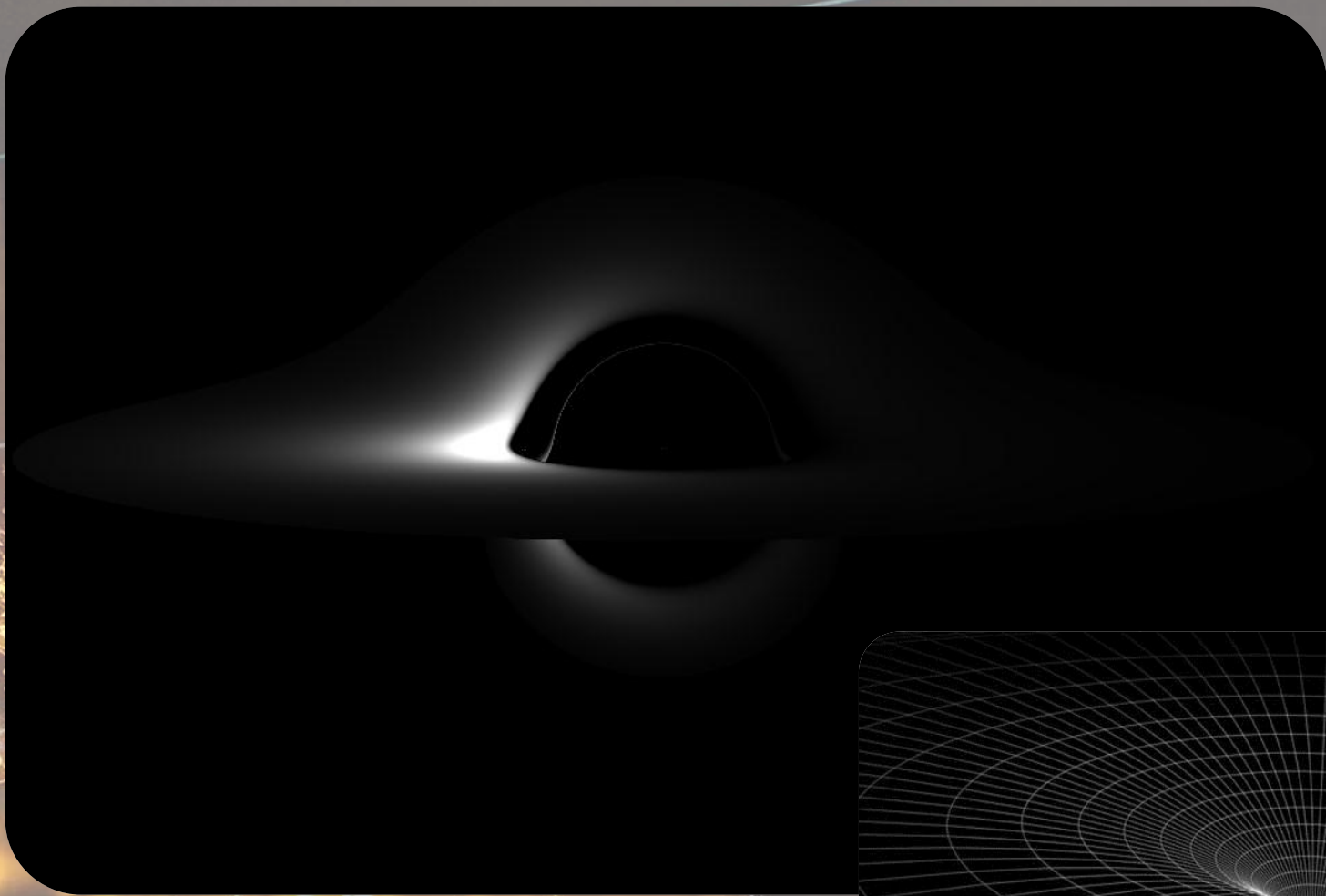
# Agujeros negros como aceleradores de partículas



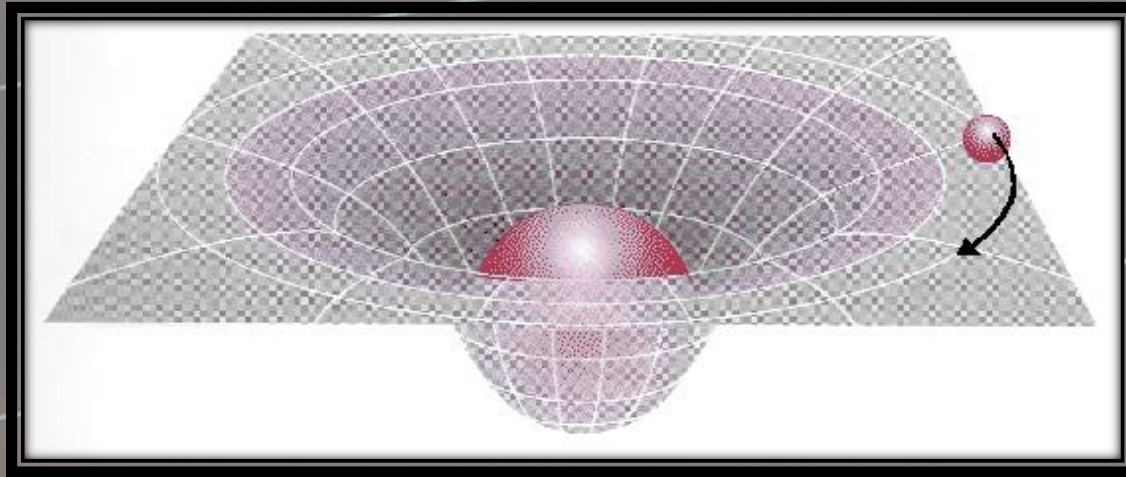
**Cristóbal Armaza**  
(colab. Max Bañados & Ben Koch)







C. Armaza - Agujeros negros como aceleradores de partículas

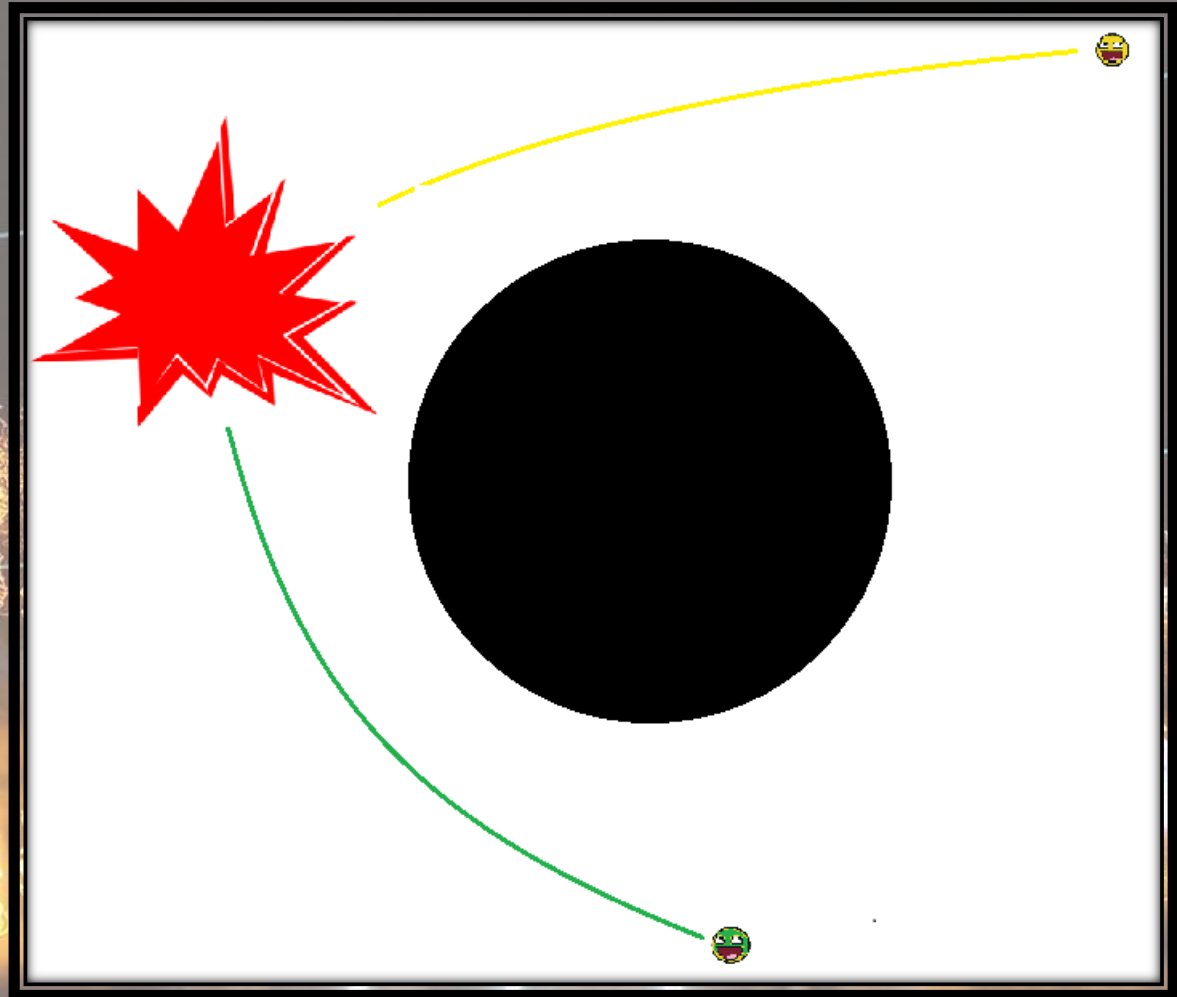


Partículas puntuales siguen «el camino más corto»

Partículas con  
estructura interna no:  
«fuerzas de mareas»

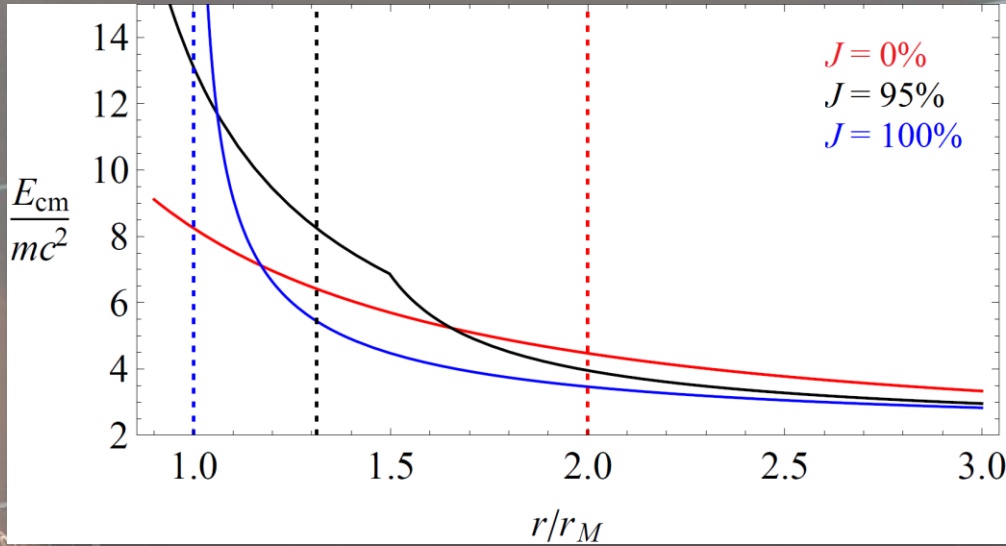


¿Y si dos partículas colisionan?

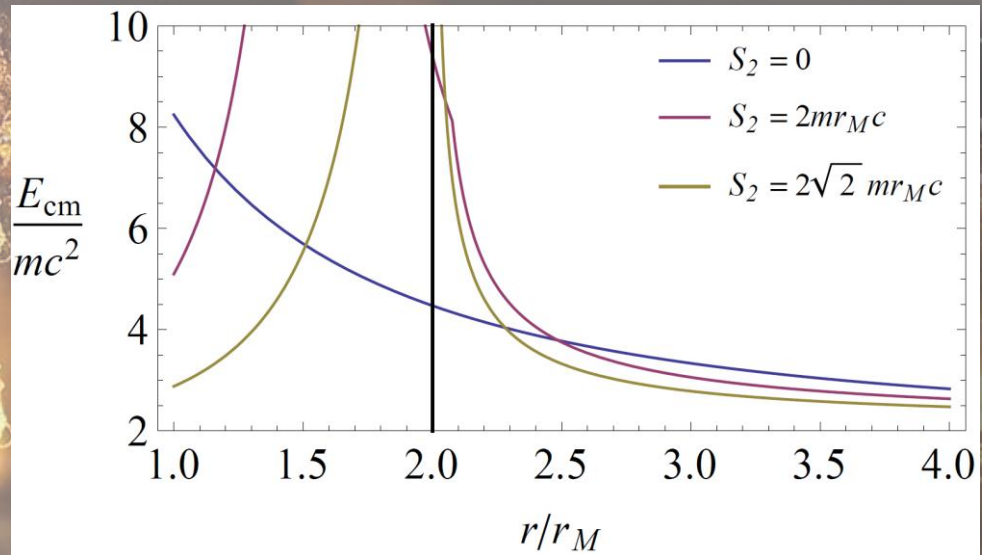


C. Armaza - Agujeros negros como aceleradores de partículas

# ¡Agujero gira!



# ¡partícula gira!

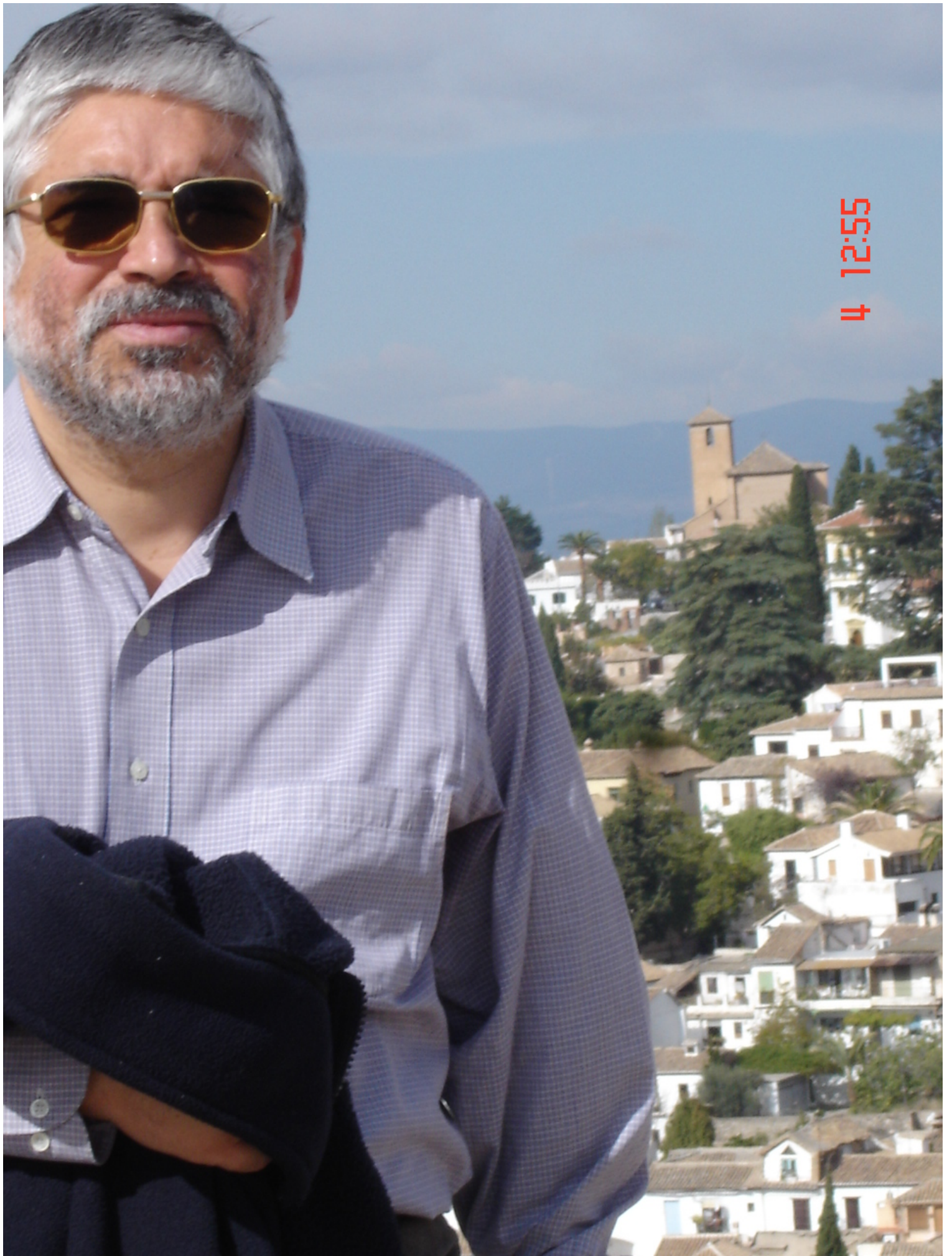


¡Gracias, y feliz investigación!

¿PREGUNTAS?

[cyarmaza@uc.cl](mailto:cyarmaza@uc.cl)





4 12:55

1. Delta Gravity and Cosmology
2. Very Special Relativity
3. Physics Beyond the Standard Model. VSR Standard Model
4. Delta Quantum Mechanics
5. Spontaneous Generation of Geometry

## Delta Gravity and the accelerated expansion of the Universe

J.A. Delta Gravity and Dark Energy, Phys. Lett B709(2012)101.

J.A. and P. González, Cosmology in Delta Gravity, Class.Quant.Grav. 30 (2013) 085002.

J.A. and P. González, Delta Gravity, the Dark Sector and more, in preparation.

- Two tensor fields,  $g_{\mu\nu}, \tilde{g}_{\mu\nu}$  describe the gravitational field. Extra symmetry:  $\delta$  GCT.
- Delta Gravity agrees with General Relativity when  $T_{\mu\nu} = 0$ .
- In a homogeneous and isotropic universe, we get accelerated expansion without a cosmological constant or additional scalar fields.
- Growth of Density perturbations?
- Anisotropies in the CMBR?
- Dark Matter?



A. Cohen and S. Glashow, Phys.Rev.Lett.97:021601,2006:

All kinematical effects associated to invariance under the Lorentz group(6 parameters) can be obtained from four parameters subgroups of the Lorentz group, opening the road to new predictions which violate Lorentz symmetry, but preserve the symmetry under such subgroups.

- VSR implies special relativity (SR) in the context of local quantum field theory or of CP conservation.
- Most interesting Subgroup of the Lorentz Group: Hom(2), 3 parameters; Sim(2) , 4 parameters.

There are no invariant tensors for these cases. So SR kinematics is preserved.

No local Lorentz symmetry-breaking operator preserving either of these groups exists.

$$T_1 = K_x + J_y \quad T_2 = K_y - J_x$$

Hom(2): generators:  $T_1, T_2, K_z$

Sim(2): generators:  $T_1, T_2, K_z, J_z$

$$n = (1, 0, 0, 1) \quad n \cdot n = 0$$

$n$  is invariant under  $T_1, T_2, J_z$ , but under boosts in the z-direction (generated by  $K_z$ )

$$n \rightarrow e^{\phi} n$$

$p_1, p_2$  particle momenta.

VSR but not SR invariant:  $\frac{p_1 \cdot n}{p_2 \cdot n}$

Neutrino mass in VSR:

$$\left( \not{p} - \frac{m_\nu^2}{2} \frac{\not{n}}{n \cdot p} \right) \nu_L = 0, \left( \not{p} - \frac{m_\nu^2}{2} \frac{\not{n}}{n \cdot p} \right)^2 \nu_L =$$

$$(p^2 - m_\nu^2) \nu_L = 0$$

J.A. and V. Rivelles, Very special relativity and Lorentz violating theories, Phys. Lett. B734(2014)239.

J.A. and V. Rivelles, Non-Abelian fields in very special relativity, Phys. Rev. D88,085023(2013).

- LHC do not see new particles or symmetries. It just ratifies the SM structure: particles and symmetries.
- Neutrino are massless in the SM, but in nature they are massive (neutrino oscillations).
- We want to keep the particles and symmetries of the SM, but provide masses for neutrinos
- The VSR SM is a simple theory with  $SU(2)_L \times U(1)_R$  symmetry, with the same number of leptons and gauge fields as in the SM.
- It is renormalizable and unitarity is preserved.
- New non-local terms that violate Lorentz invariance are able to describe in a straightforward manner the observed neutrino oscillations.
- We predict a tiny charge for the neutrino and a tiny mass for the photon, as well as new processes such as the decay  $\mu \rightarrow e + \gamma$ , which are forbidden in the SM.
- Violations of Lorentz invariance have been predicted by several theories of Quantum Gravity. It is a remarkable possibility that the low energy effects of Lorentz violation induced by Quantum Gravity could be contained in the non-local terms of the VSR SM.

J.A., R. Avila and P. González, Electroweak standard model with very special relativity, PHYSICAL REVIEW D 91, 105007 (2015)

## Delta Quantum Mechanics. Exorcism of ghosts

J.A., R. Avila and L.F. Urrutia, in preparation

- Hamiltonian unbounded from below. Ghosts

$$H = \frac{p_y^2}{2} + V(x) - p_y^2 + p_x p_y + V'(x)y$$

- Solution:

$$H = H_+ + H_-$$

$$[[H_+, H_-]] = 0 \quad H_+ \geq 0$$

$$H_- \Psi_{\text{Phys}} = 0$$

- No ghosts
- Unicity?

- General Relativity is non-renormalizable
- The low energy theory of strong interactions(chiral lagrangian) is non-renormalizable as well.
- But QCD is renormalizable.
- It produces the chiral lagrangian by spontaneous symmetry breaking of the chiral symmetry, which is a symmetry of QCD for massless quarks.
- *Is there an analogous mechanism for gravity?*
  
- Spontaneous generation of geometry in four dimensions. JA, D. Espriu, D. Puigdomenech, Phys.Rev. D86 (2012) 025015
- The emergence of geometry: a two-dimensional toy model.JA, D. Espriu, D. Puigdomenech, Phys.Rev82 (2010) 045018.

BLACK HOLES?

# Entre Física de Partículas y Relatividad General

Benjamin Koch  
bkoch@fis.puc.cl

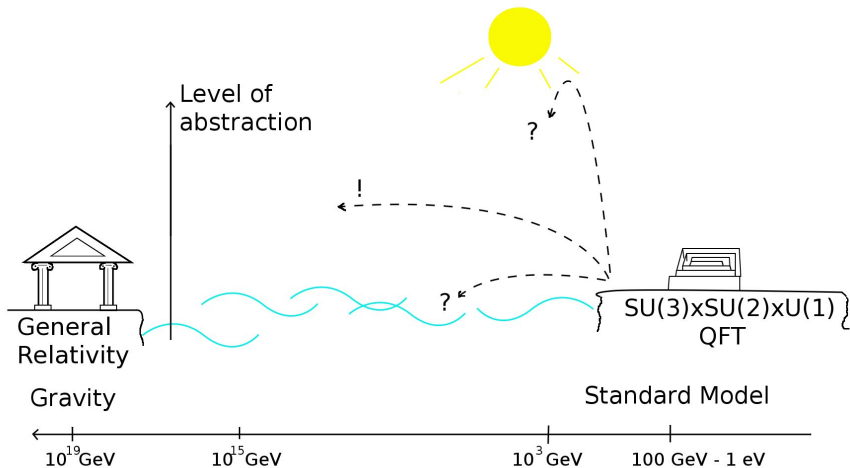
Coloquio  
Pontificia Universidad Católica, Chile

Santiago, October 2015



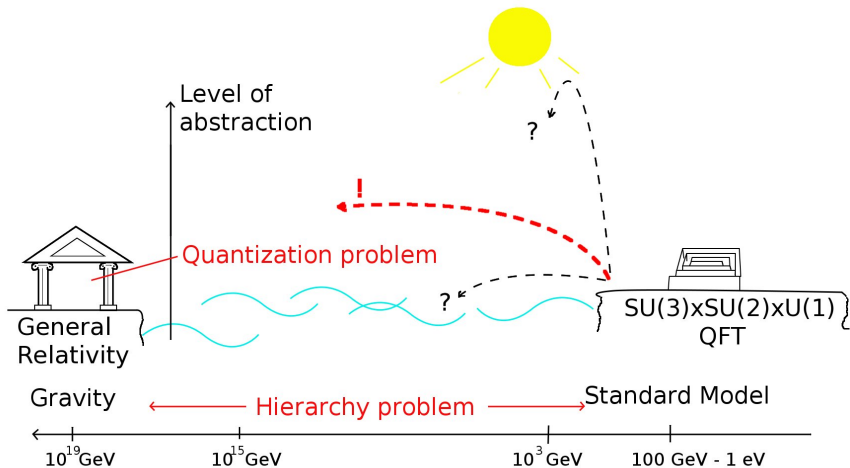
# The Daedalus Problem

## Physics Analogy



# The Daedalus Problem

## Physics Analogy





# Scale Dependence and Renormalization Group

## Functional RG for Gravity

What is **perturbative renormalizable**?

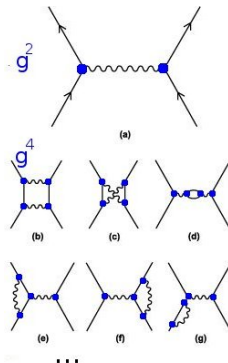
Feynman method:

Power expansion in coupling  $g$

$$\text{Result} = c_1 \cdot g^2 + c_2 \cdot g^4 \cdot \infty + \dots \quad (1)$$

**Problem**  $\infty$  canceled by  $N$  adjustments  
( $N$ =small for any order  $g^m$ )

$$\text{Result}' = c_1 \cdot g^2 + c_2' \cdot g^4 + \dots \quad (2)$$



Gravity:  $N_G \rightarrow \infty$  for order  $g^m$ ,  $m \rightarrow \infty$

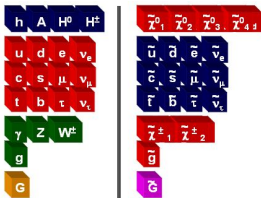


# New Physics, New Land

## New Physics, New Land, General

Consider

- Supersymmetry,
- Weakly Interacting Slim Particles

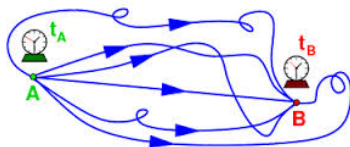


# Probing the “Known” Land

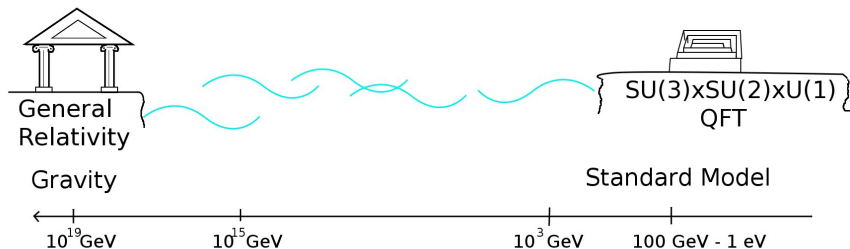
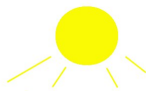
## Probing the “Known” Land, General

We consider

- Spinning top in GR  
(with Max Bañados, Cristobal Armaza, Nico Zalaquett ...)
- Geometry of quantum path integrals  
(with Enrique Muñoz, Ignacio Reyes)



# Thank you!





Cristopher González Díaz  
Doctorado en Física  
PUC

---

# Formación

- 2007-2011: Licenciatura en Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile

---

## Formación

- 2007-2011: Licenciatura en Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile
- 2011-2012: Eligiendo el programa de postgrado más **lucrativo** :D pero con las **Altas Energías** siempre en mente :)

---

## Formación

- 2007-2011: Licenciatura en Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile
- 2011-2012: Eligiendo el programa de postgrado más **lucrativo** :D pero con las **Altas Energías** siempre en mente :)
- fines de 2012: Lamentablemente, no encontré ninguno... :( Me acerqué a los investigadores Jorge Alfaro, Max Bañados y Gonzalo Palma y me motivaron a postular a la UC



---

## Formación

- 2007-2011: Licenciatura en Física, Facultad de Ciencias, Universidad de Chile
- 2011-2012: Eligiendo el programa de postgrado más **lucrativo** :D pero con las **Altas Energías** siempre en mente :)
- fines de 2012: Lamentablemente, no encontré ninguno... :( Me acerqué a los investigadores Jorge Alfaro, Max Bañados y Gonzalo Palma y me motivaron a postular a la UC
- 2013-????: Doctorado en Física Teórica, Instituto de Física, PUC

---

# Investigación

Trabajo supervisado: *Black Holes in Asymptotic safety*

---

# Investigación

Trabajo supervisado: *Black Holes in Asymptotic safety*

Improved Reissner-Nordström-(A)dS Black Hole  
in Asymptotic Safety

Cristopher González\* and Benjamin Koch†

---

# Investigación

Trabajo supervisado: *Black Holes in Asymptotic safety*

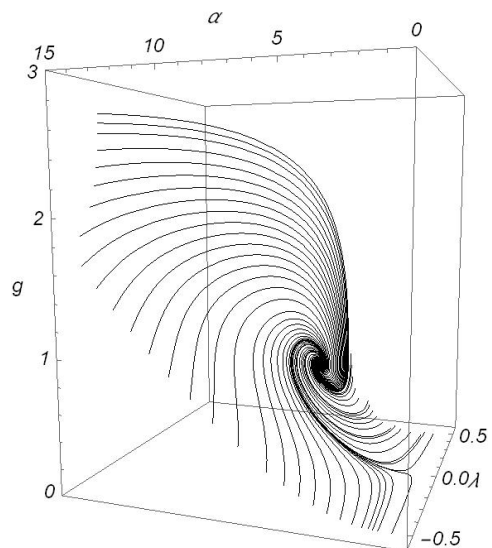
Improved Reissner-Nordström-(A)dS Black Hole  
in Asymptotic Safety

Cristopher González\* and Benjamin Koch†

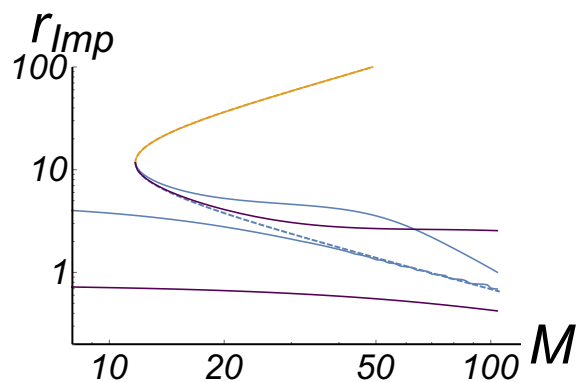
Se promueven las constantes de la teoría (couplings) a constantes dependientes de la escala energía, con el fin de encontrar modificaciones a la solución clásica o bien a las propiedades estructurales de la solución, como horizontes, temperatura, etc, gracias a las incorporaciones del grupo de renormalización funcional.

# Black Holes in Asymptotic safety

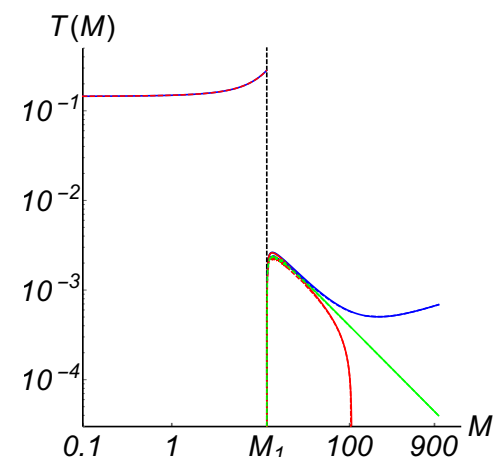
Modificaciones y mejoras:



(a) RG-Flow



(b) Horizontes



(c) Temperatura

---

# Tesis Doctorado

*Hidden photons. Spectral distortions of cosmological photons*

Trabajo en conjunto con Ph.D. Paola Arias (USACH), Ph.D Benjamin Koch (PUC) y Ph.D. Gonzalo Palma (UCH).

---

# Tesis Doctorado

*Hidden photons. Spectral distortions of cosmological photons*

Trabajo en conjunto con Ph.D. Paola Arias (USACH), Ph.D Benjamin Koch (PUC) y Ph.D. Gonzalo Palma (UCH).

Oscilación de fotones en fotones ocultos. Interacción modelada por

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} - \frac{1}{4}B_{\mu\nu}B^{\mu\nu} - \frac{\sin \chi_0}{2}B_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + \frac{\cos \chi_0^2}{2}m_{\gamma'}^2 B_\mu B^\mu + j^\mu A_\mu,$$

---

# Tesis Doctorado

*Hidden photons. Spectral distortions of cosmological photons*

Trabajo en conjunto con Ph.D. Paola Arias (USACH), Ph.D Benjamin Koch (PUC) y Ph.D. Gonzalo Palma (UCH).

Oscilación de fotones en fotones ocultos. Interacción modelada por

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} - \frac{1}{4}B_{\mu\nu}B^{\mu\nu} - \frac{\sin \chi_0}{2}B_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + \frac{\cos \chi_0^2}{2}m_{\gamma'}^2 B_\mu B^\mu + j^\mu A_\mu,$$

$F_{\mu\nu}$  es el campo de los fotones,  $B_{\mu\nu}$  y  $m_{\gamma'}$  es el campo y la masa de los Hidden Photons y  $\chi_0$  parámetro de mezcla.



---

# Tesis Doctorado

Si los fotones oscilan en su trayecto, debería existir un déficit en el espectro observado de fotones cosmológicos COBE/FIRAS

---

# Tesis Doctorado

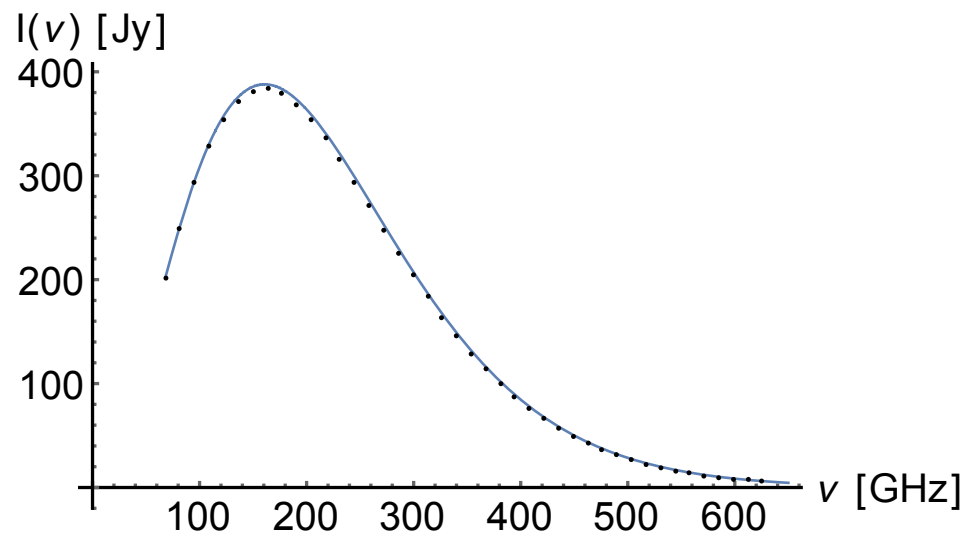
Si los fotones oscilan en su trayecto, debería existir un déficit en el espectro observado de fotones cosmológicos COBE/FIRAS

$$I(\nu) = \frac{\nu^3}{2\pi^2} [\exp(\nu/T) - 1]^{-1}$$

---

Si los fotones oscilan en su trayecto, debería existir un déficit en el espectro observado de fotones cosmológicos COBE/FIRAS

$$I(\nu) = \frac{\nu^3}{2\pi^2} [\exp(\nu/T) - 1]^{-1}$$



**Buscamos como se modifica esta curva!** si tienen alguna idea, diganmela, porfa! de verdad :)

---

**Gracias!**

# Aproximaciones al Efecto Casimir con Fotones Ocultos

Christian F. Díaz Bahamondes

PUC

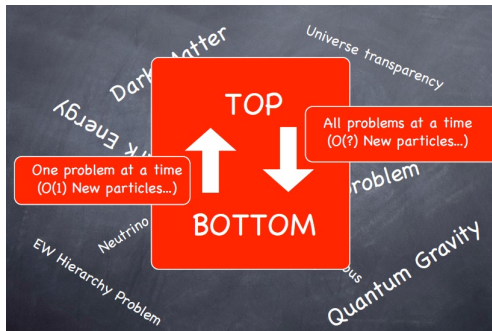
30 de Octubre del 2015

# Índice

- 1 Motivación
- 2 Lagrangiano de Fotones Ocultos
- 3 Nuestro cálculo
- 4 Primeros resultados

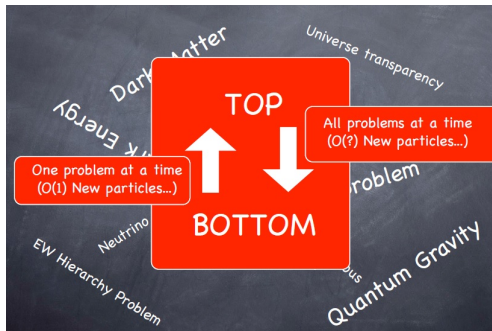
# Motivación

- Más allá del Modelo Estandar existen problemas por solucionar



# Motivación

- Más allá del Modelo Estandar existen problemas por solucionar

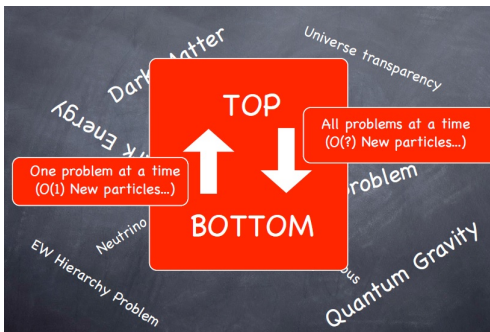


- Algunas propuestas de soluciones son los WISPs y los WIMPs



# Motivación

- Más allá del Modelo Estandar existen problemas por solucionar



- Algunas propuestas de soluciones son los WISPs y los WIMPs
- Nos interesa estudiar los Fotones ocultos (WISPs), que solo interactúan con el campo EM

- Por otro lado, en 1948, Casimir calcula la fuerza que lleva su nombre.

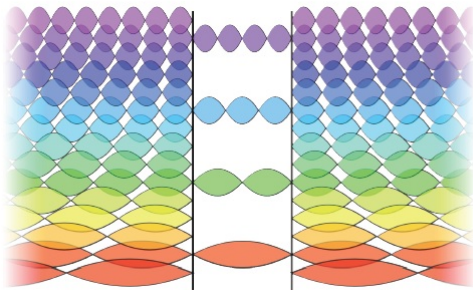


Figure: Representación del Efecto Casimir

- Por otro lado, en 1948, Casimir calcula la fuerza que lleva su nombre.

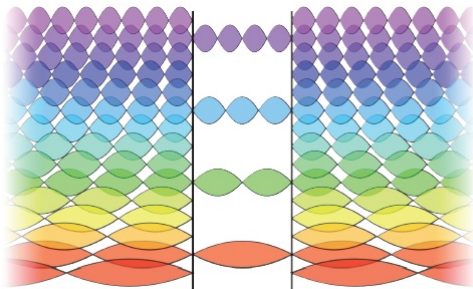


Figure: Representación del Efecto Casimir

La fuerza es:

$$F_c = -\frac{\hbar c \pi^2}{240 a^4} \quad (1)$$

# Lagrangiano de Fotones Ocultos

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4}F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} - \frac{1}{4}G_{\mu\nu}G^{\mu\nu} + \frac{\sin\chi}{2}G_{\mu\nu}F^{\mu\nu} + m_\gamma \frac{\cos\chi^2}{2}X_\mu X^\mu - eJ^\mu A_\mu \quad (2)$$

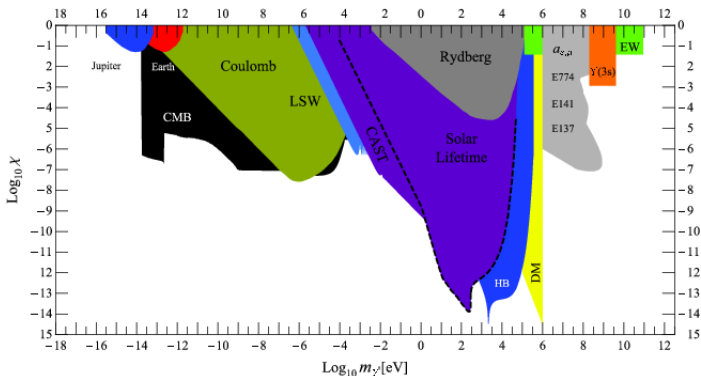


Figura: Gráfico de exclusión

# Nuestro cálculo

# Nuestro cálculo

Tendremos un campo sin masa, y otro con masa.

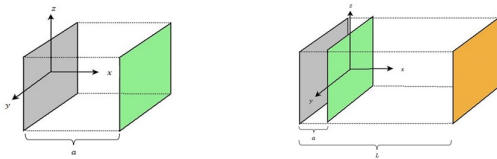


Figure: Configuración idealizada

# Nuestro cálculo

Tendremos un campo sin masa, y otro con masa.

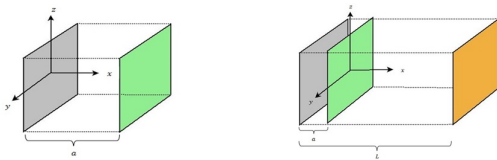


Figure: Configuración idealizada

Tendremos una fuerza:

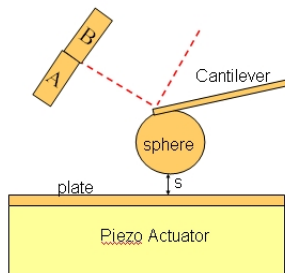
$$F = -\frac{\hbar c \pi^2}{240 a^4} + g(\chi, m, d) \quad (3)$$

# Primeros resultados



# Primeros resultados

Utilizamos un ejemplo más realista, una esfera y placa conductora.



After Mohideen & Roy, Phys Lett D 81,  
4550 (1998)

Figure: Mohideen Roy in 1998



Los primeros resultados nos sirven de motivación para mejorar el cálculo

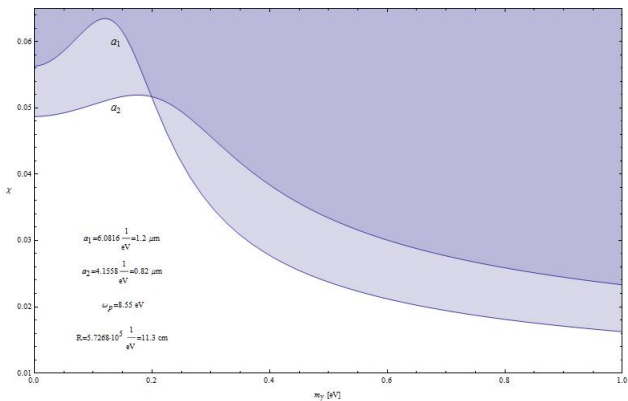
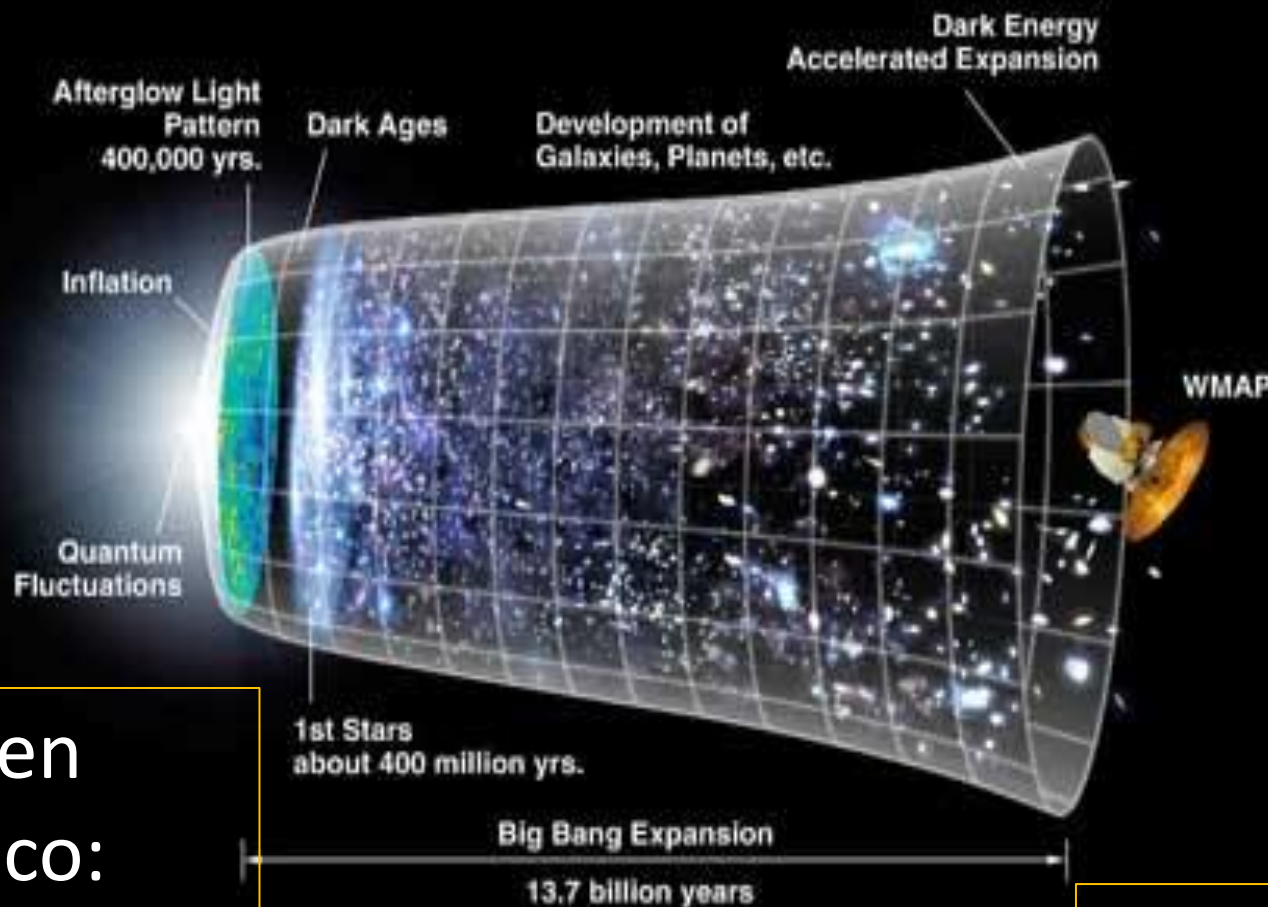


Figure: Primeros resultados

# Muchas Gracias



Vacío

Régimen  
Cuántico:  
"incertidumbre"

Expansión

Nuestra  
Existencia

¡Gracias por venir!



INSTITUTO DE FÍSICA  
FACULTAD DE FÍSICA

# 3er Festival de altas energías

Una instancia para conversar sobre nuestro trabajo e intereses.

Charlas  
breves (5 a 10  
minutos).

30 de octubre  
A partir de las 14  
horas  
Auditorio Jorge  
Krause

Profesores  
y alumnos

¿Buscas tema de  
tesis o práctica?  
Ven y aprende más  
sobre nuestras  
investigaciones.

Contacto:  
[hep@fis.uc.cl](mailto:hep@fis.uc.cl)