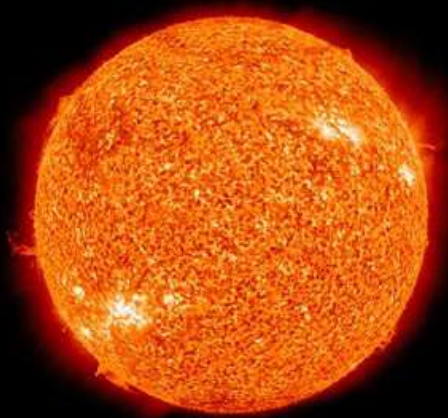


¿Qué sabemos hoy de la Materia Oscura?

Valentina Montoya Velásquez
Estudiante PhD, UHEI.



Hunting Invisibles: Dark sectors, Dark matter and Neutrinos



...Conceptos...

Modelo estándar

	I	II	III		
mass	$\approx 2.4 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 172.44 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 125.09 \text{ GeV}/c^2$
charge	2/3	2/3	2/3	0	0
spin	1/2	1/2	1/2	1	0
	u up	c charm	t top	g gluon	H Higgs
QUARKS	$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2 d down	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2 s strange	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ -1/3 1/2 b bottom	0 0 1 γ photon	
	$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$ -1 1/2 e electron	$\approx 105.67 \text{ MeV}/c^2$ -1 1/2 μ muon	$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$ -1 1/2 τ tau	$\approx 91.19 \text{ GeV}/c^2$ 0 1 Z Z boson	
LEPTONS	$< 2.2 \text{ eV}/c^2$ 0 1/2 ν_e electron neutrino	$< 1.7 \text{ MeV}/c^2$ 0 1/2 ν_μ muon neutrino	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$ 0 1/2 ν_τ tau neutrino	$\approx 80.39 \text{ GeV}/c^2$ ± 1 1 W W boson	SCALAR BOSONS
				GAUGE BOSONS	

Modelo estándar

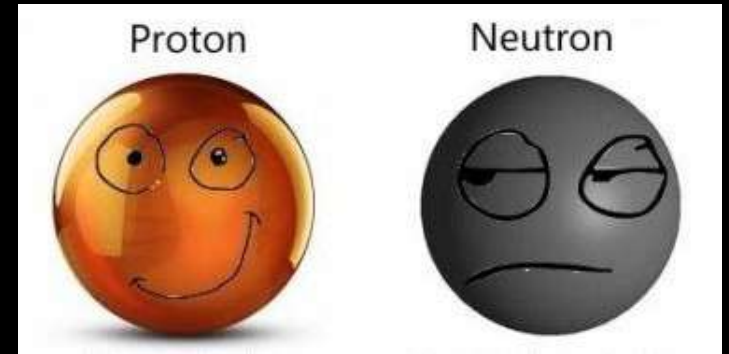
	I	II	III		
mass	$\approx 2.4 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 172.44 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 125.09 \text{ GeV}/c^2$
charge	2/3	2/3	2/3	0	0
spin	1/2	1/2	1/2	1	0
	u up	c charm	t top	g gluon	H Higgs
QUARKS	$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2 d down	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$ -1/3 1/2 s strange	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$ -1/3 1/2 b bottom	0 0 1 γ photon	
	$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$ -1 1/2 e electron	$\approx 105.67 \text{ MeV}/c^2$ -1 1/2 μ muon	$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$ -1 1/2 τ tau	$\approx 91.19 \text{ GeV}/c^2$ 0 1 Z Z boson	
LEPTONS	$< 2.2 \text{ eV}/c^2$ 0 1/2 ν_e electron neutrino	$< 1.7 \text{ MeV}/c^2$ 0 1/2 ν_μ muon neutrino	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$ 0 1/2 ν_τ tau neutrino	$\approx 80.39 \text{ GeV}/c^2$ ±1 1 W W boson	SCALAR BOSONS
				GAUGE BOSONS	

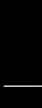
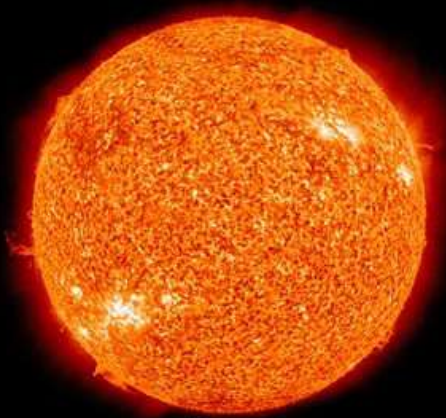
Mesones

Modelo estándar

	I	II	III		
mass	$\approx 2.4 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 172.44 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 125.09 \text{ GeV}/c^2$
charge	2/3	2/3	2/3	0	0
spin	1/2	1/2	1/2	1	0
	u up	c charm	t top	g gluon	H Higgs
QUARKS	$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$	0	
	-1/3	-1/3	-1/3	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	d down	s strange	b bottom	γ photon	
LEPTONS	$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 105.67 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 91.19 \text{ GeV}/c^2$	
	-1	-1	-1	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
		e electron	μ muon	τ tau	Z Z boson
	$< 2.2 \text{ eV}/c^2$	$< 1.7 \text{ MeV}/c^2$	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 80.39 \text{ GeV}/c^2$	
0	0	0	± 1		
1/2	1/2	1/2	1		
	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	W W boson	

Mesones
Bariones:

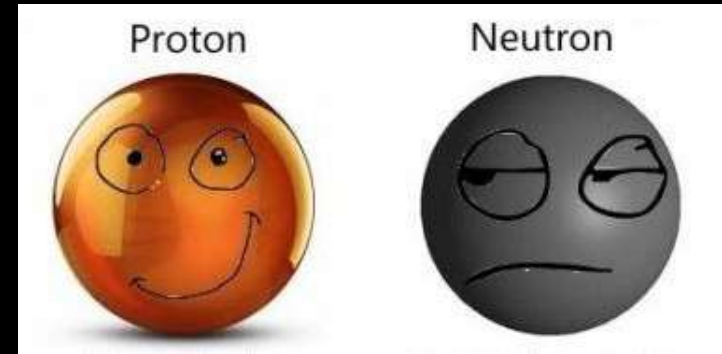




Modelo estándar

	I	II	III		
mass	$\approx 2.4 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.275 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 172.44 \text{ GeV}/c^2$	0	$\approx 125.09 \text{ GeV}/c^2$
charge	2/3	2/3	2/3	0	0
spin	1/2	1/2	1/2	1	0
	u up	c charm	t top	g gluon	H Higgs
QUARKS	$\approx 4.8 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 95 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 4.18 \text{ GeV}/c^2$	0	SCALAR BOSONS
	-1/3	-1/3	-1/3	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	d down	s strange	b bottom	γ photon	
LEPTONS	$\approx 0.511 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 105.67 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 1.7768 \text{ GeV}/c^2$	$\approx 91.19 \text{ GeV}/c^2$	GAUGE BOSONS
	-1	-1	-1	0	
	1/2	1/2	1/2	1	
	e electron	μ muon	τ tau	Z Z boson	
	$< 2.2 \text{ eV}/c^2$	$< 1.7 \text{ MeV}/c^2$	$< 15.5 \text{ MeV}/c^2$	$\approx 80.39 \text{ GeV}/c^2$	
	0	0	0	± 1	
	1/2	1/2	1/2	1	
	ν_e electron neutrino	ν_μ muon neutrino	ν_τ tau neutrino	W W boson	

Bariones



Gluón → Interacción fuerte
 Fotón → Interacción electromagnética
 Z, Ws → Interacción débil

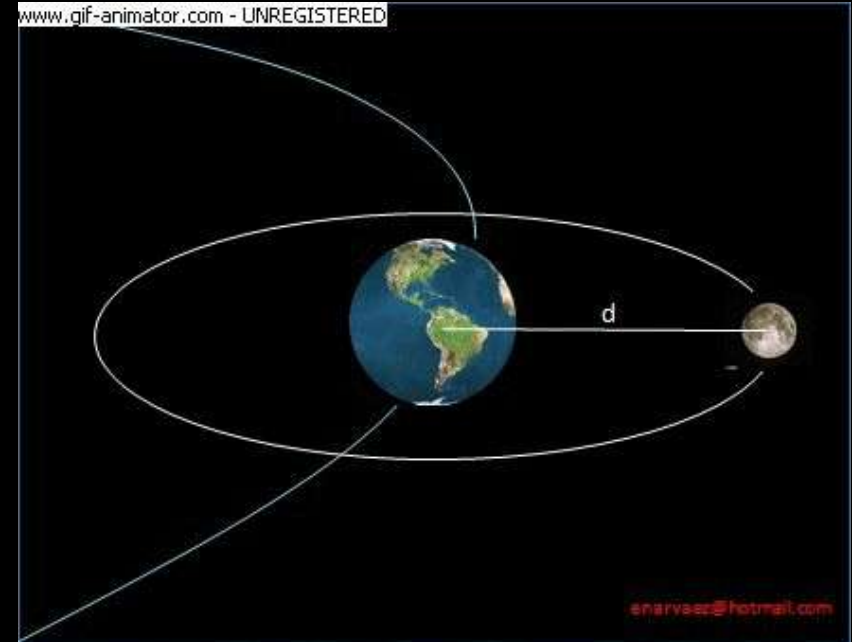
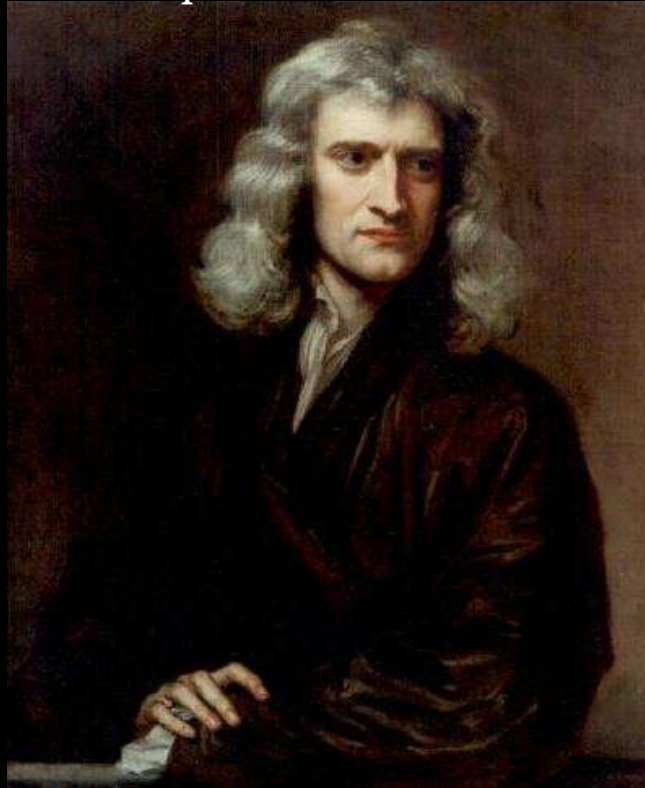
¿Y qué hay de la interacción Gravitacional?

Gravedad



Modelos Gravedad

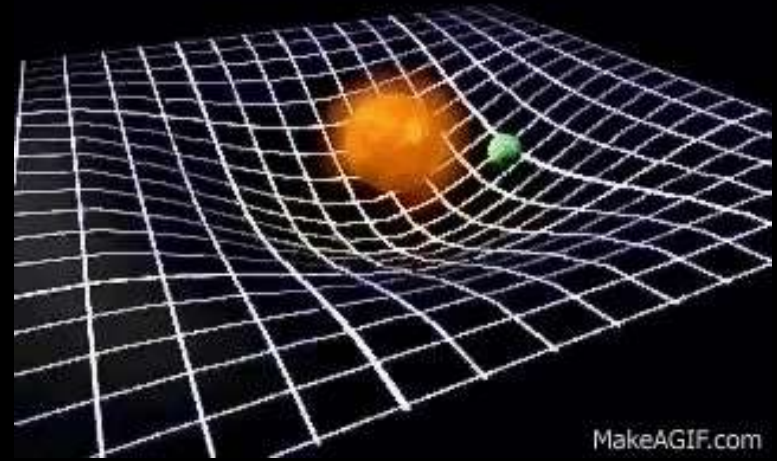
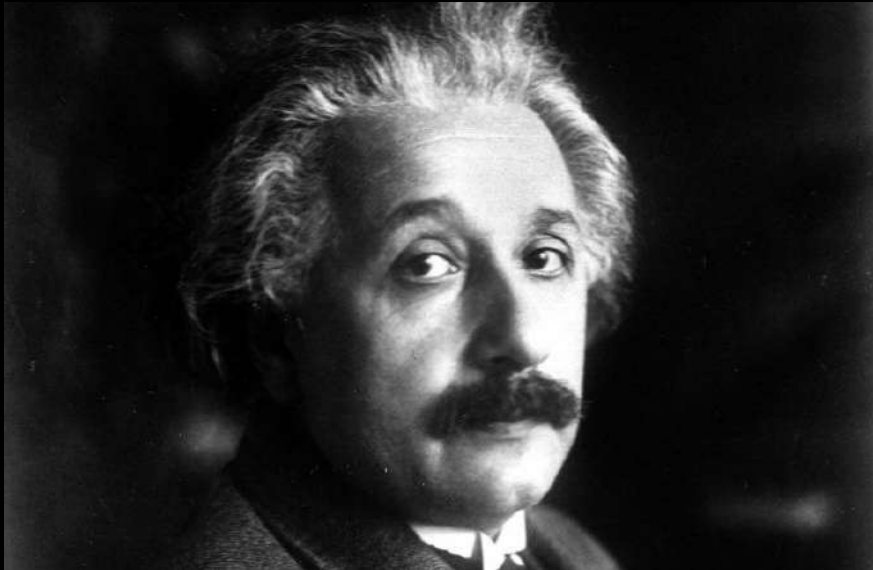
Isaac Newton
Principia Mathematica (1687)



$$\vec{F} = -G \frac{m_1 m_2}{|\vec{r}|^2} \cdot \vec{u}_r = -G \frac{m_1 m_2}{|\vec{r}|^2} \cdot \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|}$$

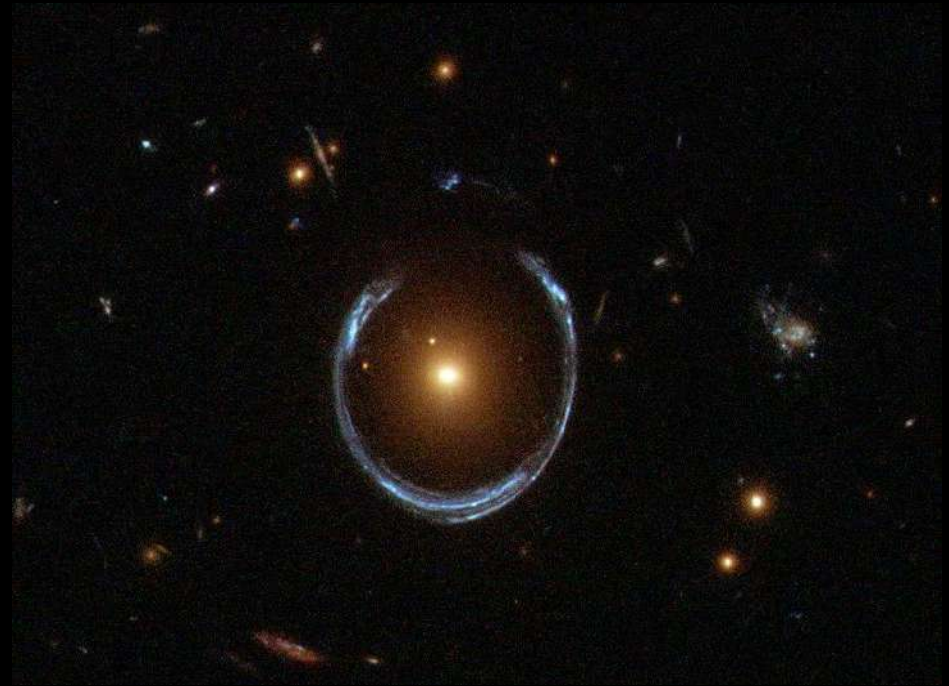
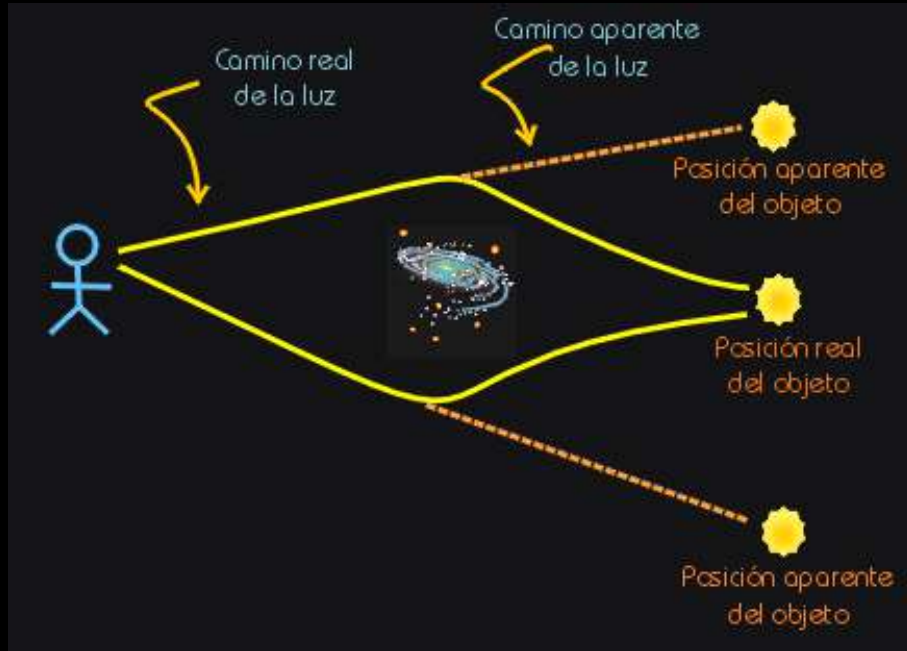
Modelos Gravedad

Albert Einstein
TGR (1915)



$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4}T_{\mu\nu}$$

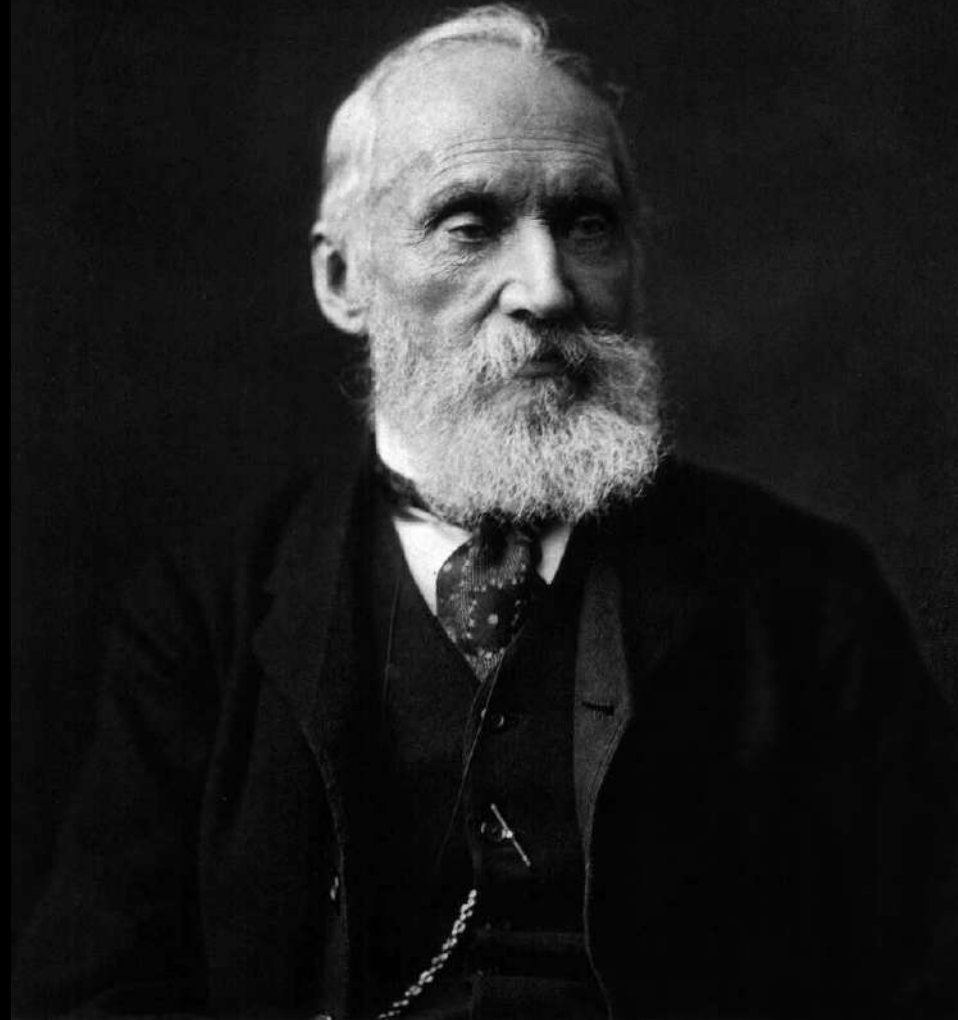
Lentes gravitacionales



LRG 3-757, Hubble -2011.

Ahora, ¿cómo se establece el problema?
...Evidencias...

Estrellas oscuras...



Cúmulo de Coma



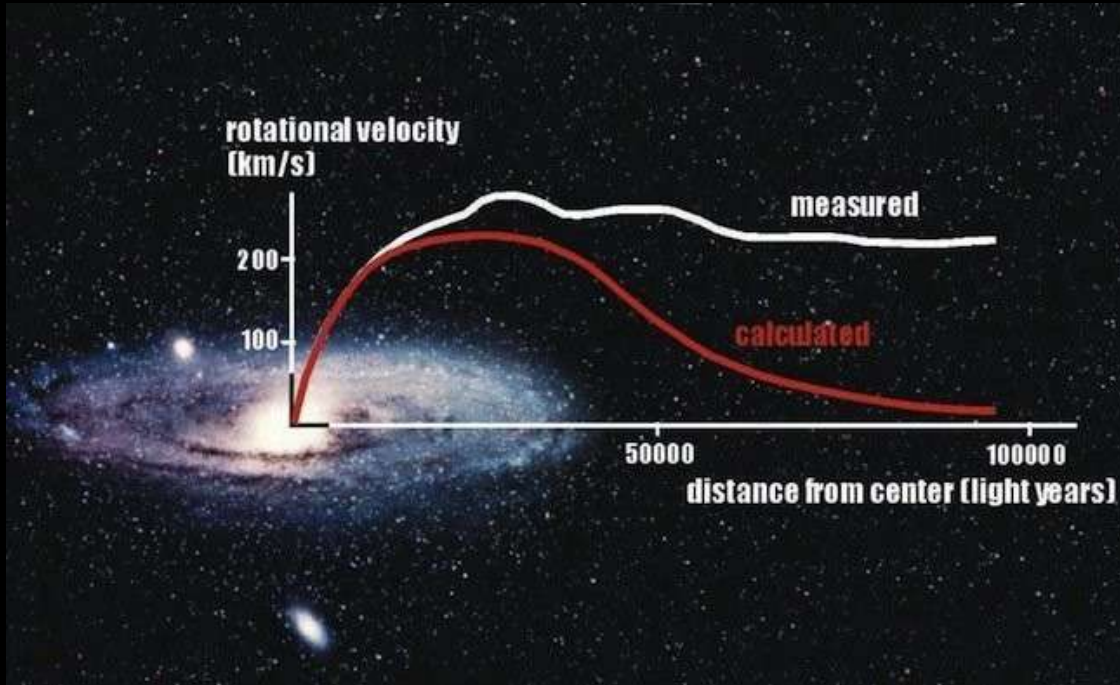
Fritz Zwicky



1933

(Teorema virial: Masa dinámica \sim 100 Masa Observada)

Curvas de Rotación



Vera Rubin



1970

(Teorema virial: Masa dinámica \sim 5-10 Masa Observada)

Curvas de rotación



Por Francisco R. Villatoro, el 26 abril, 2014

Estamos ante un agente que actúa gravitacionalmente, pero que no vemos.

Materia = interactúa gravitacionalmente

Oscura = su interacción electromagnética es nula o muy pequeña.



¿Posible solución?

- Materia Bariónica



- Materia No bariónica

Axiones

WIMPs

GIMPs

Neutrinos

¿Posible solución?

- Materia Bariónica

- Materia No bariónica



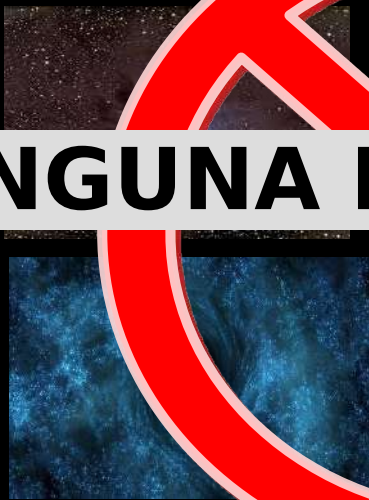
¿NINGUNA DE LAS ANTERIORES?

Axiones

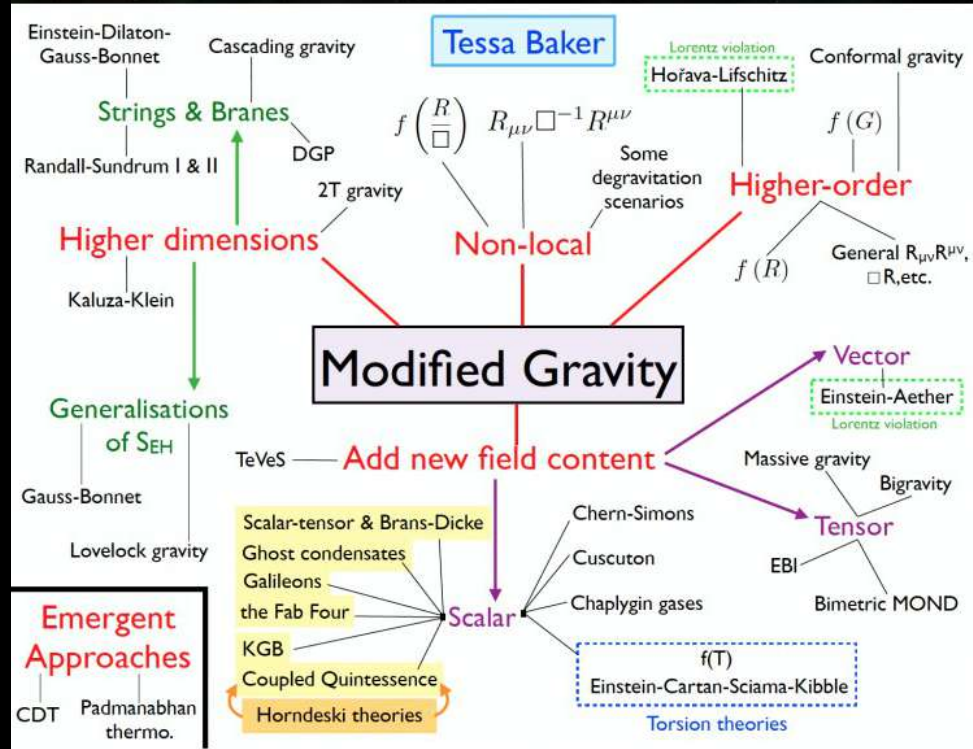
WIMPs

GIMPs

Neutrinos estériles

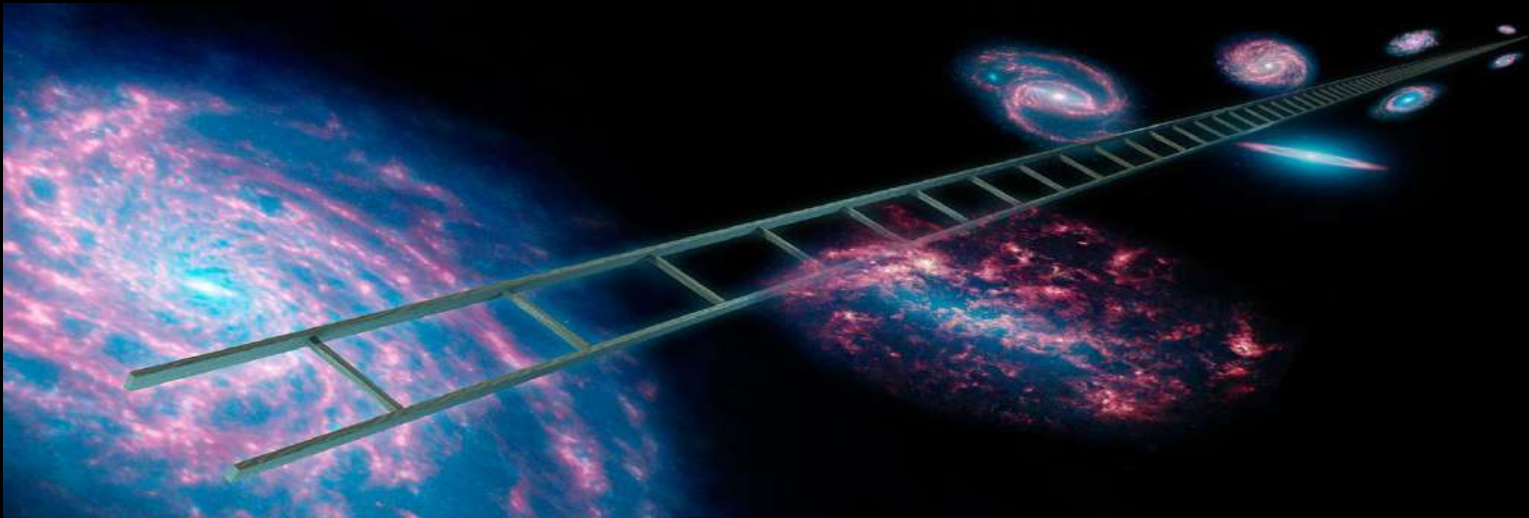


Gravedad modificada



Materia Oscura no Bariónica

Caliente
Templada
Fría = Λ CDM



Hasta ahora...

1. La materia oscura interactúa gravitacionalmente y no interacciona con la radiación electromagnética.
2. No está compuesta de materia bariónica.
3. En caso de que se trate de materia no bariónica es fría.

Detección

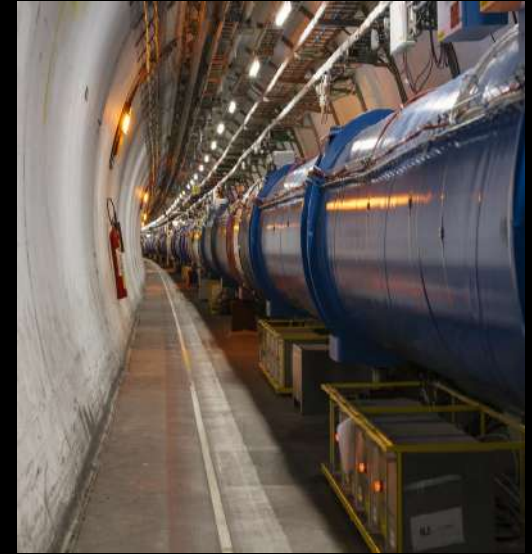
Indirecta



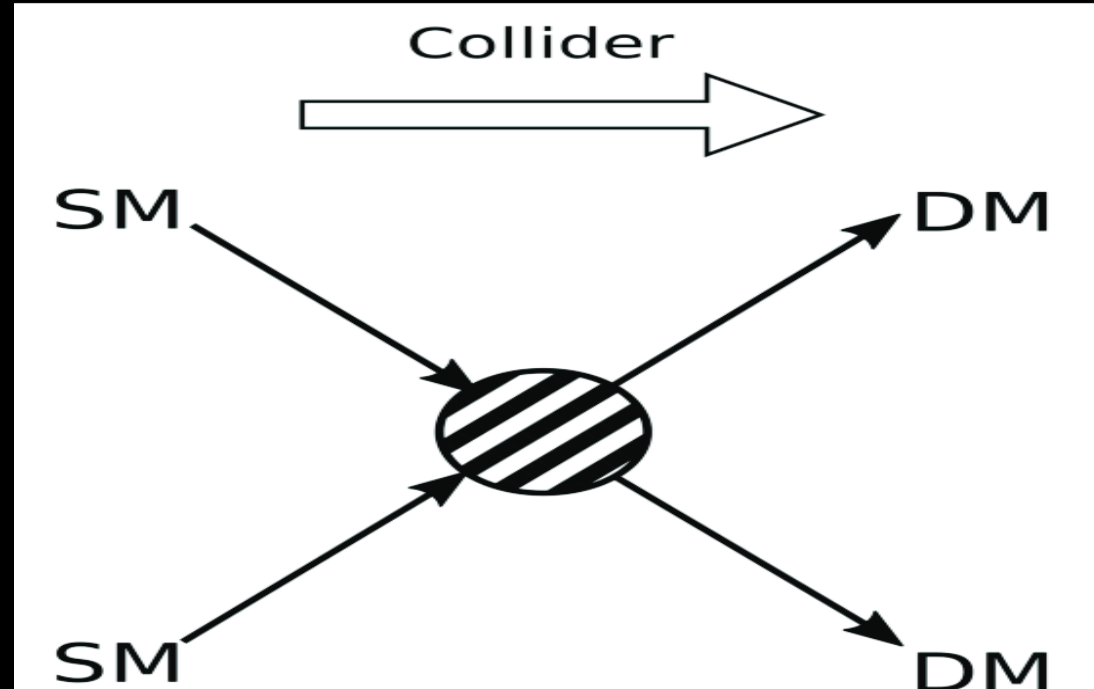
Directa



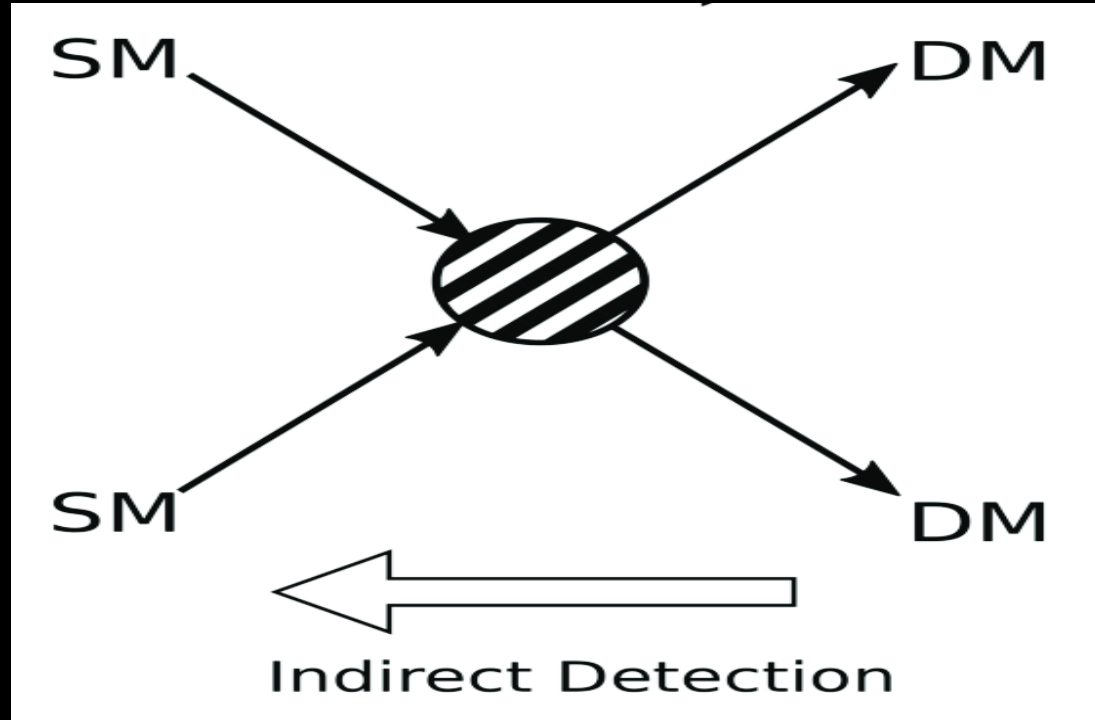
Colisionadores



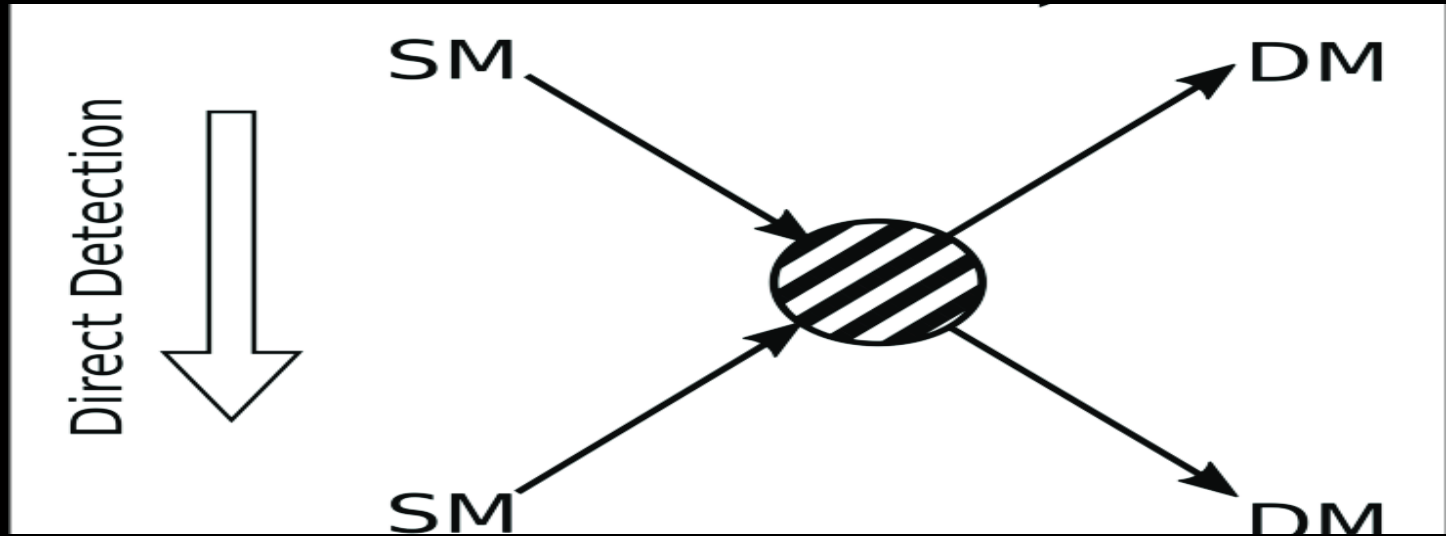
Detección Colisionadores



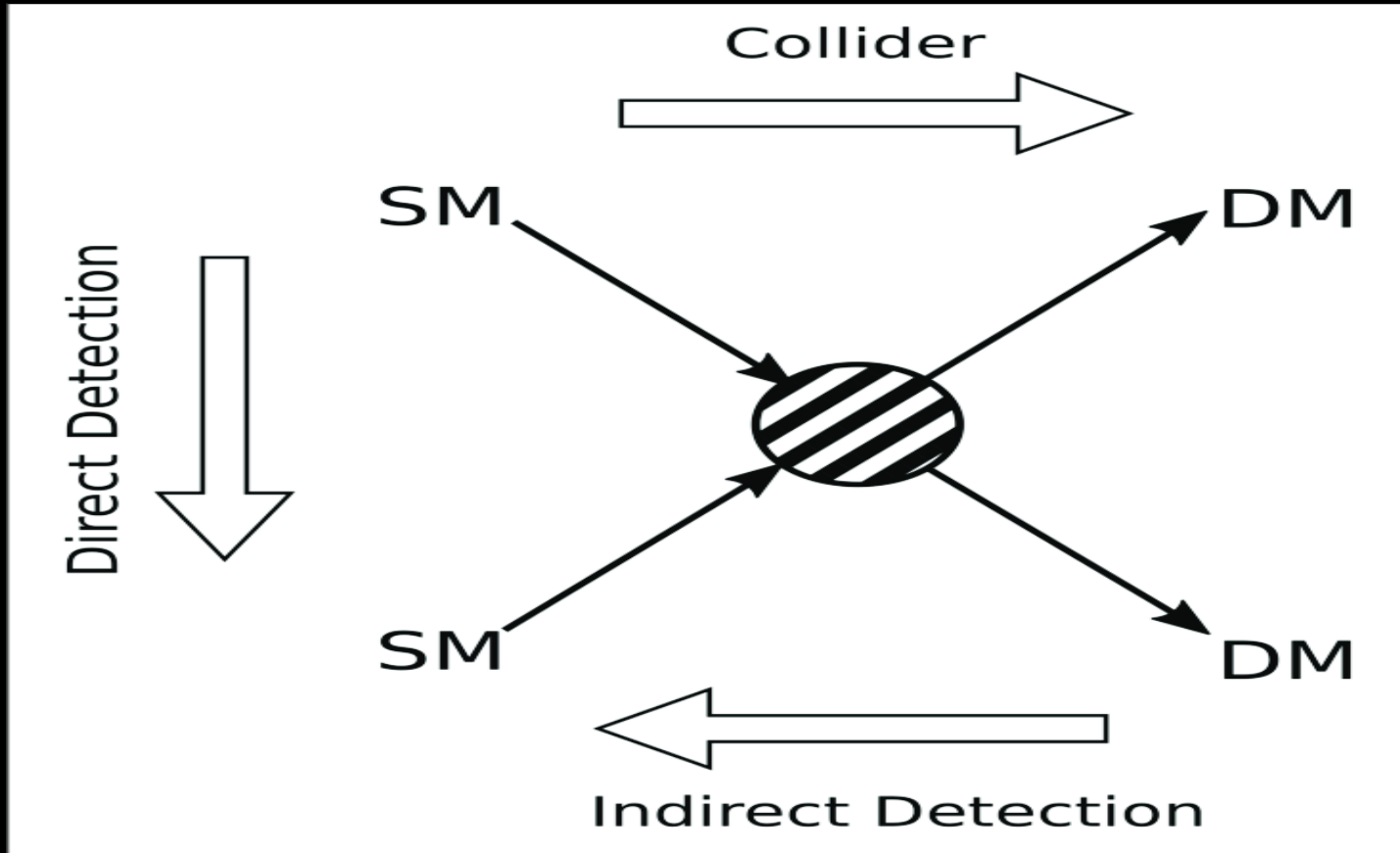
Detección Indirecta



Detección Directa

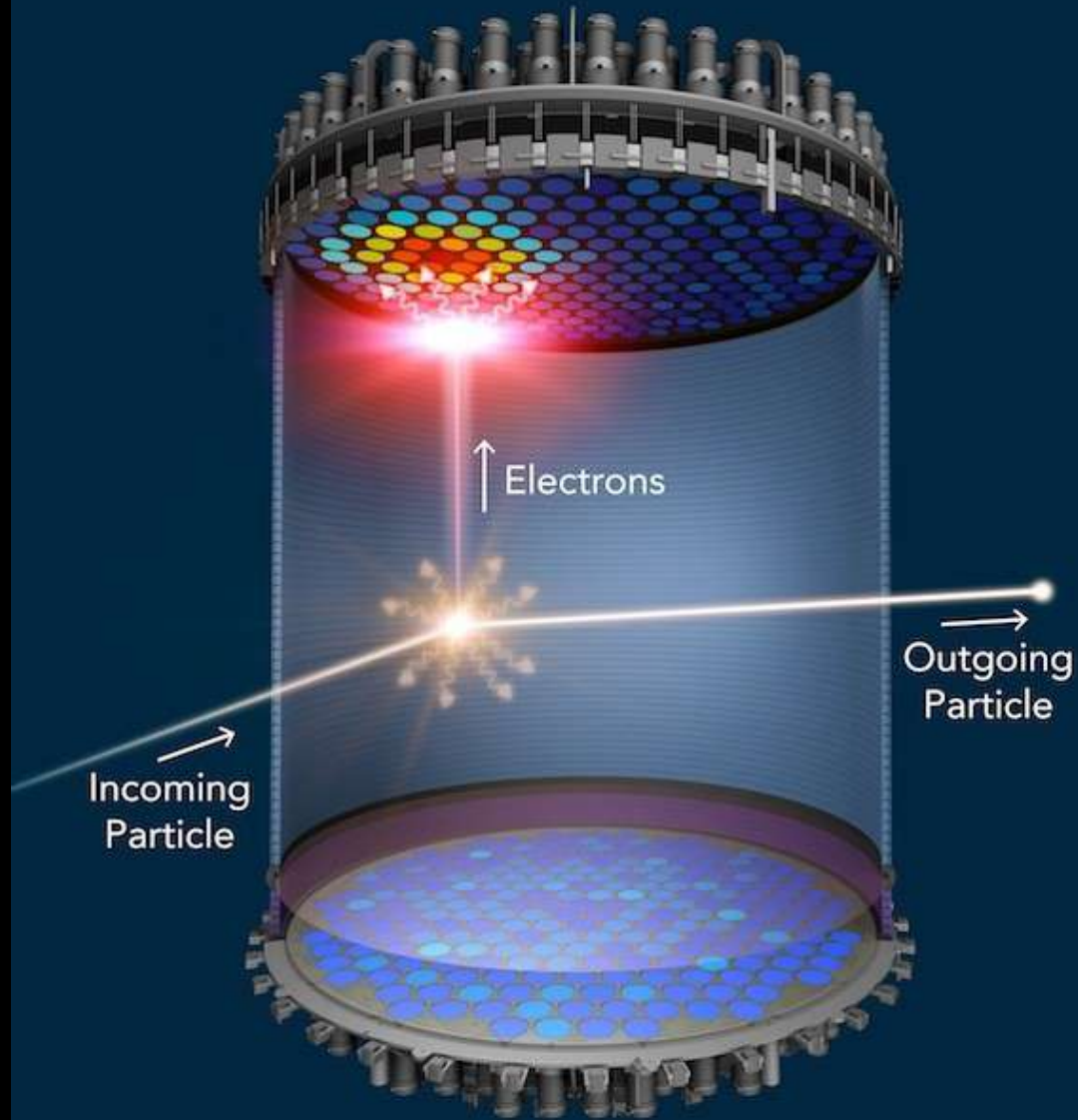


Detección



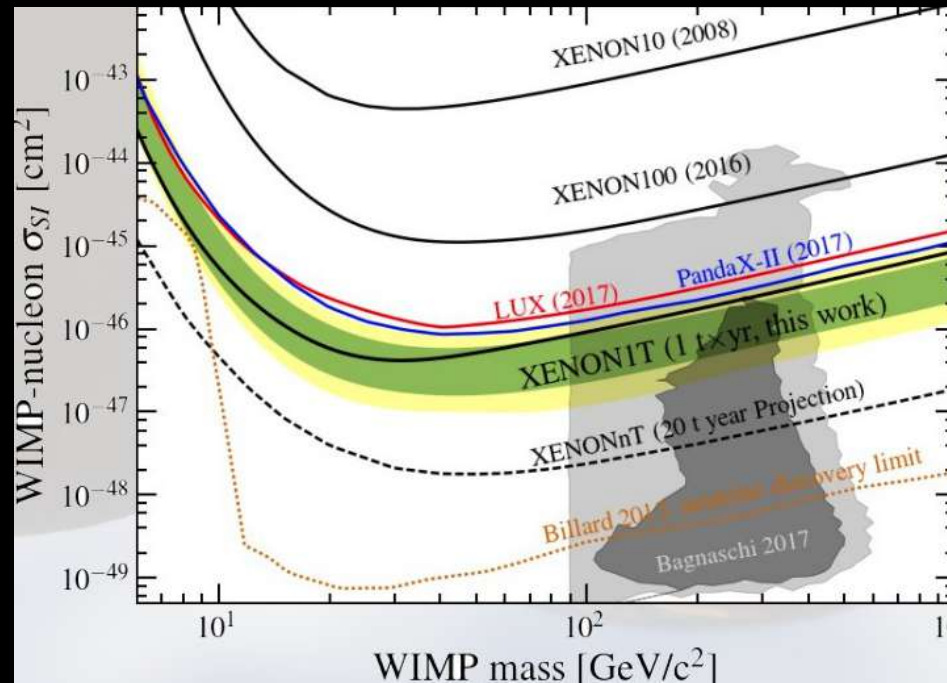
XENON

Gran Sasso, Italia.



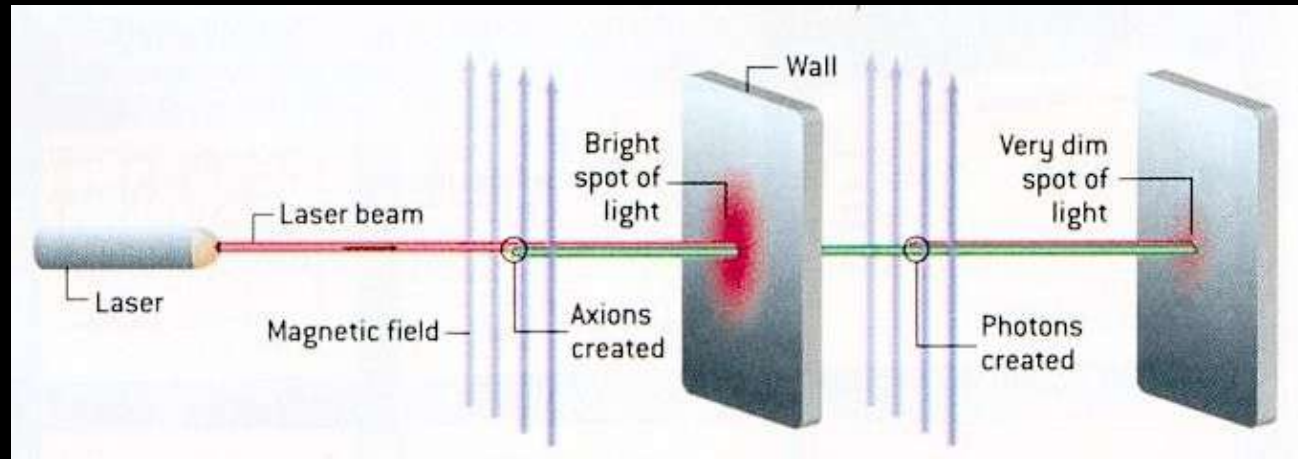
¿Qué resultados se tiene hasta ahora?

WIMPS:



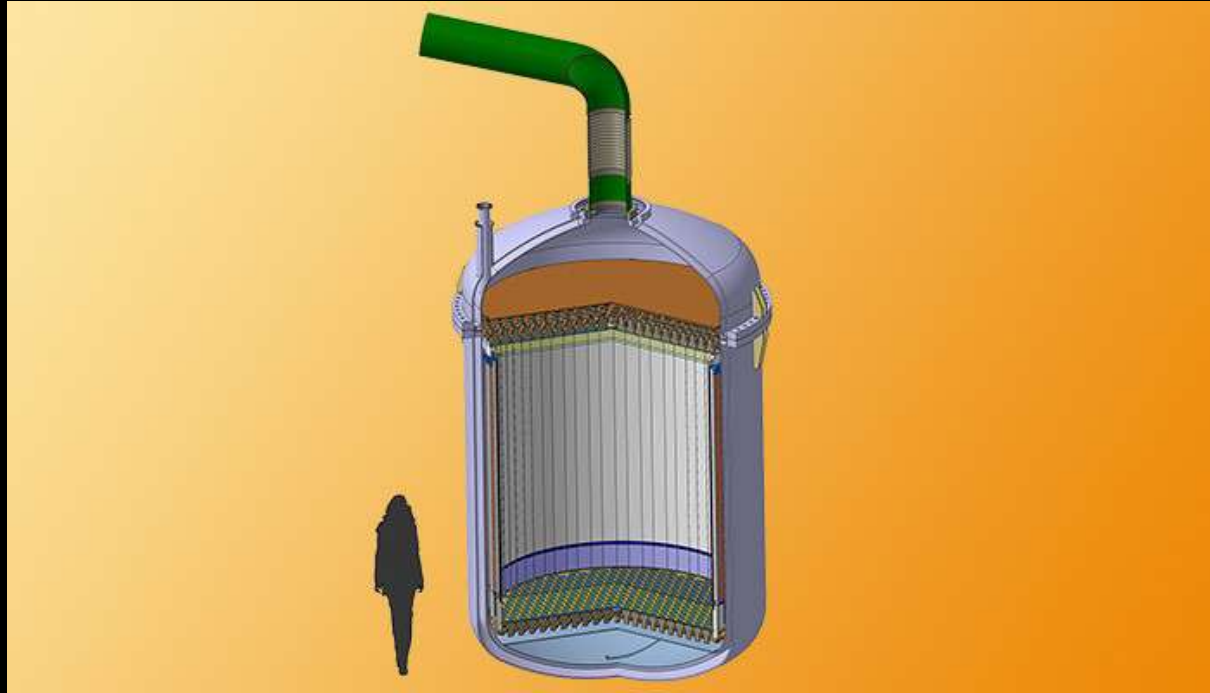
¿Qué resultados se tiene hasta ahora?

Axions:



Un experimento futuro...

...DARWIN...



Otro ítem a nuestra lista de conocimientos:

Otro ítem a nuestra lista de conocimientos:

¡Sabemos dónde NO está!



¡GRACIAS!