

Candidatos a Materia Oscura, ¿qué sabemos al día de hoy?

Leonardo Coito
Lic.M.Sc en Física



VNIVERSITAT
DE VALÈNCIA

IFIC
INSTITUT DE FÍSICA
CORPUSCULAR

Contenido:

- Introducción a las mediciones sobre Materia Oscura (MO)
 - Evidencia de interacción gravitatoria
 - (No)Evidencia de interacción (no)gravitatoria
- Qué hago como investigador
 - Introducción al Modelo Estándar de partículas elementales
 - Pautas para implementar un modelo

Evidencia de interacción gravitatoria:

Algunas de las observaciones que muestran desacuerdo con Relatividad General (1915) y el contenido de materia visible son los siguientes:

- Curva de rotación de galaxias espirales
- La temperatura del gas en galaxias elípticas
- Velocidades y temperaturas dispares a nivel de cúmulos de galaxias
- Weak lensing
- Filamentos entre cúmulos de galaxias
- Bullet Cluster

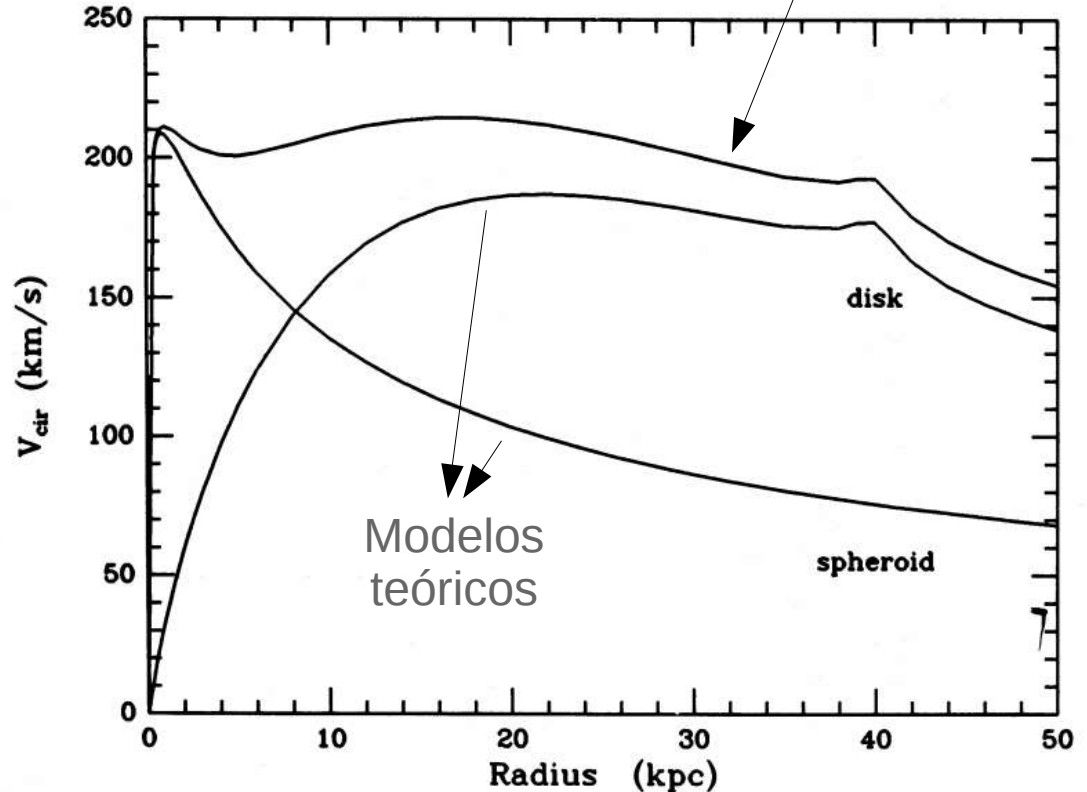
Curva de rotación de galaxias espirales:

Medición NGC 3198

El contenido de materia visible se estima como constante $M(r) = \text{cte}$ luego:

$$\frac{v_{rot}^2}{r} = \frac{GM(r)}{r^2}$$

$$\rightarrow v_{rot} \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$$



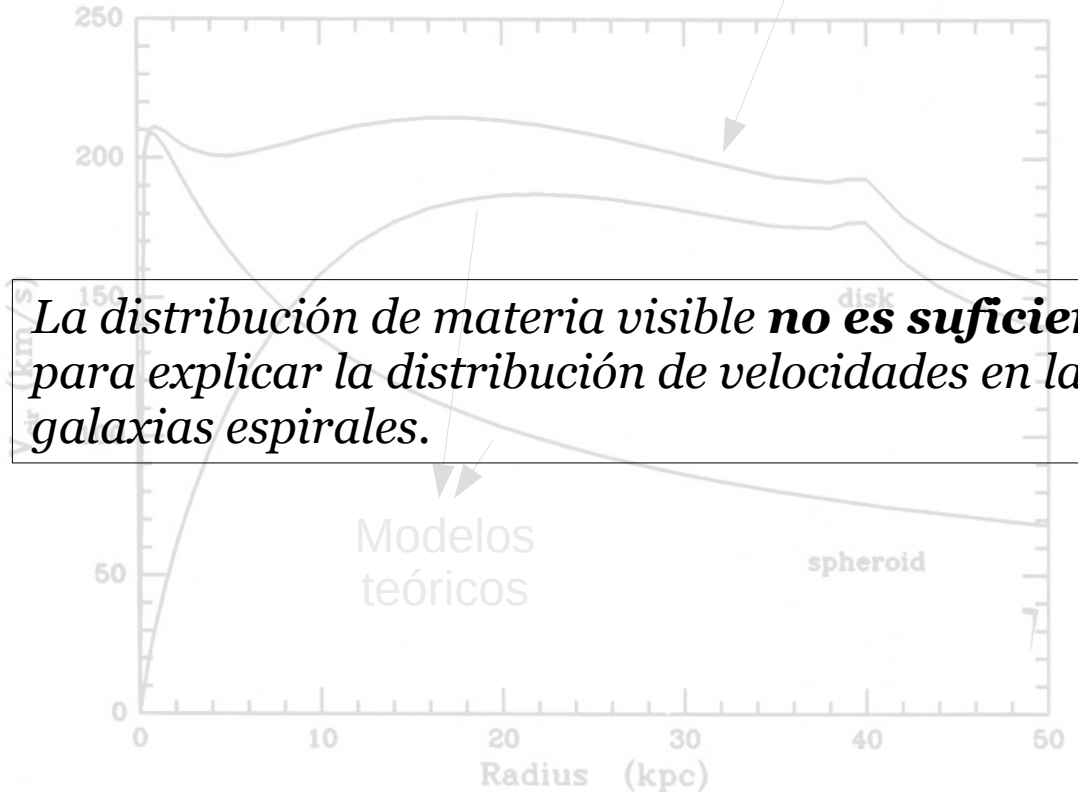
Curva de rotación de galaxias espirales:

El contenido de materia visible se estima como constante $M(r) = \text{cte}$ luego:

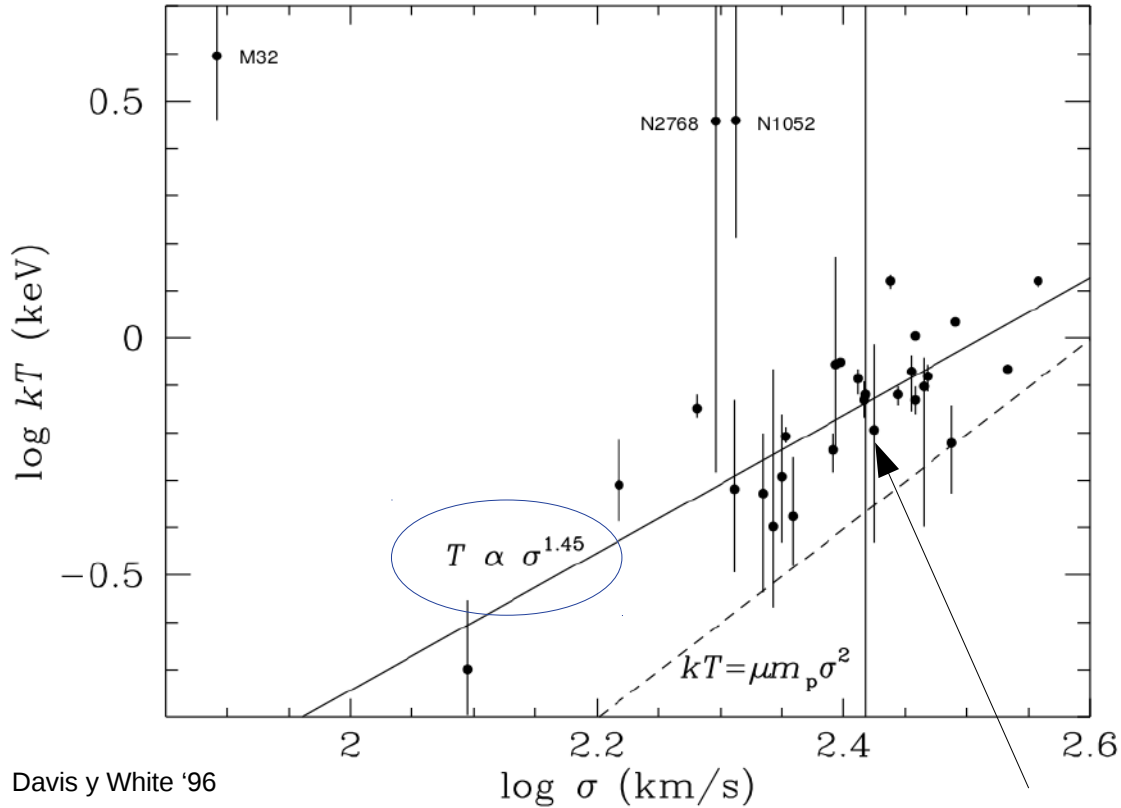
$$\frac{v_{rot}^2}{r} = \frac{GM(r)}{r^2}$$

$$\rightarrow v_{rot} \propto \frac{1}{\sqrt{r}}$$

Medición NGC 3198



La temperatura del gas en galaxias elípticas:



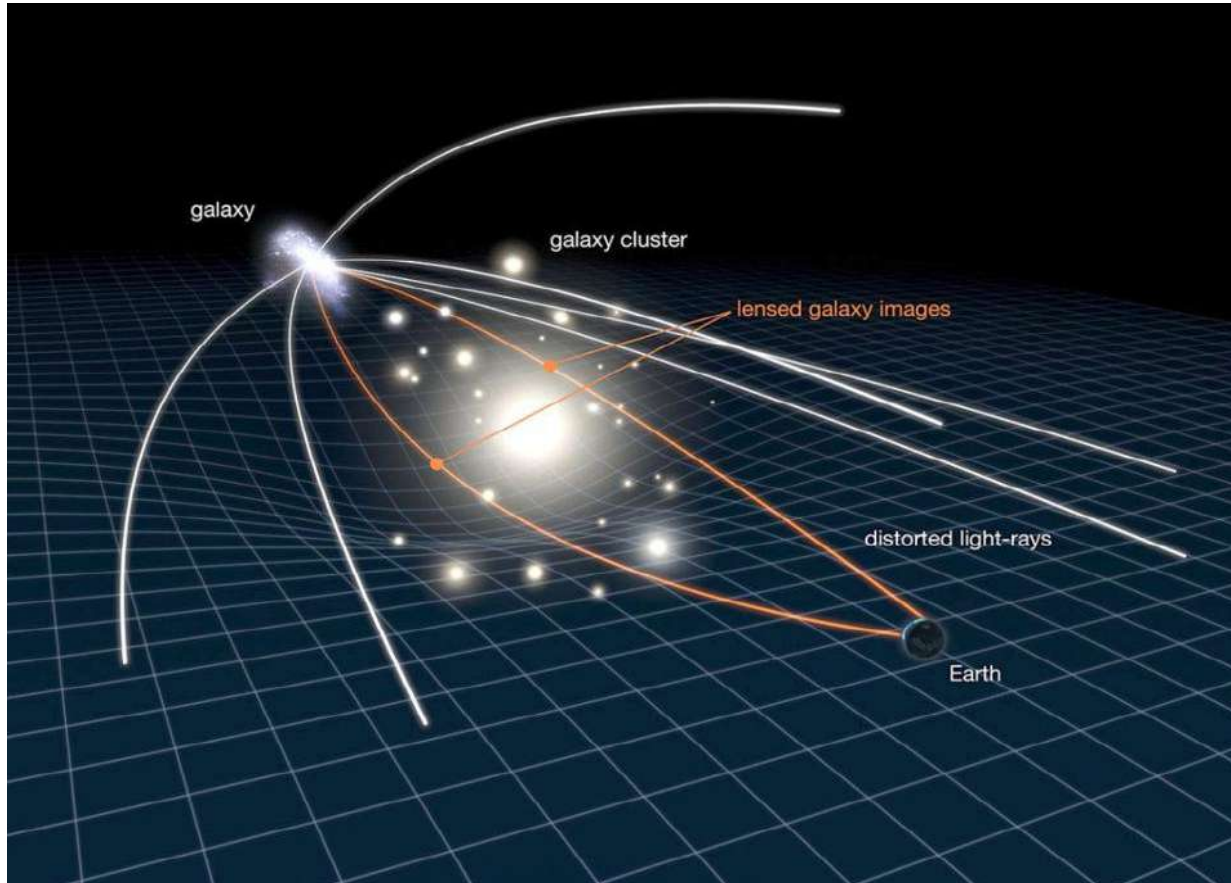
*Dispersión en
velocidad*

Cada punto corresponde a
una galaxia

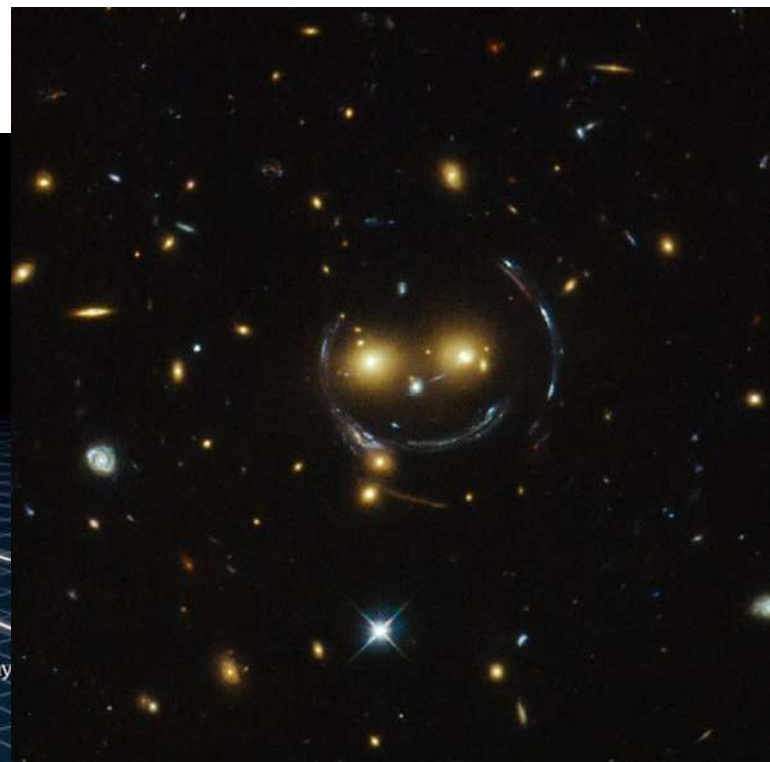
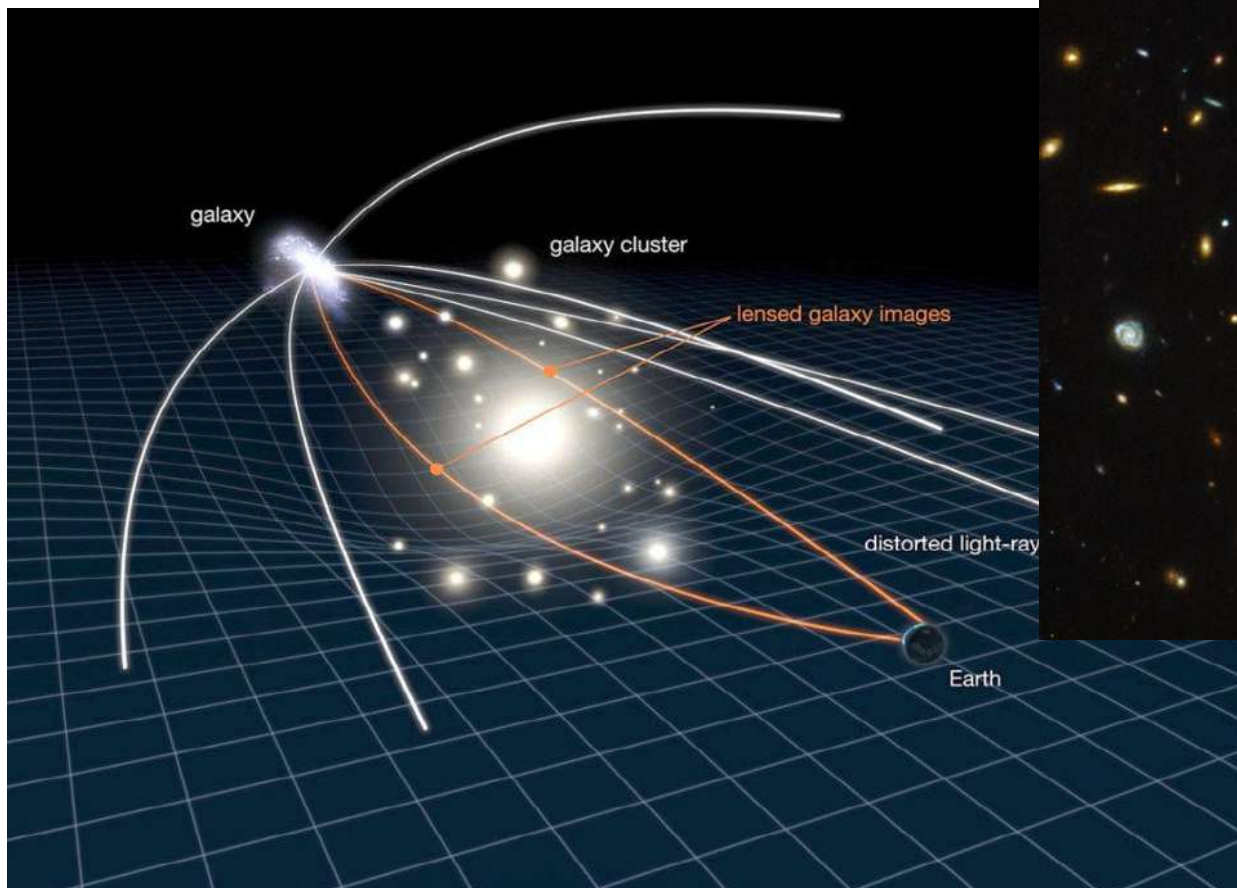
El gas emisor de rayos X es
substancialmente más
caliente que la temperatura
cinética de las estrellas
visibles.

Indicando que los halos
poseen velocidades de
dispersión mayores que las
estrellas.

Lente Gravitacional:

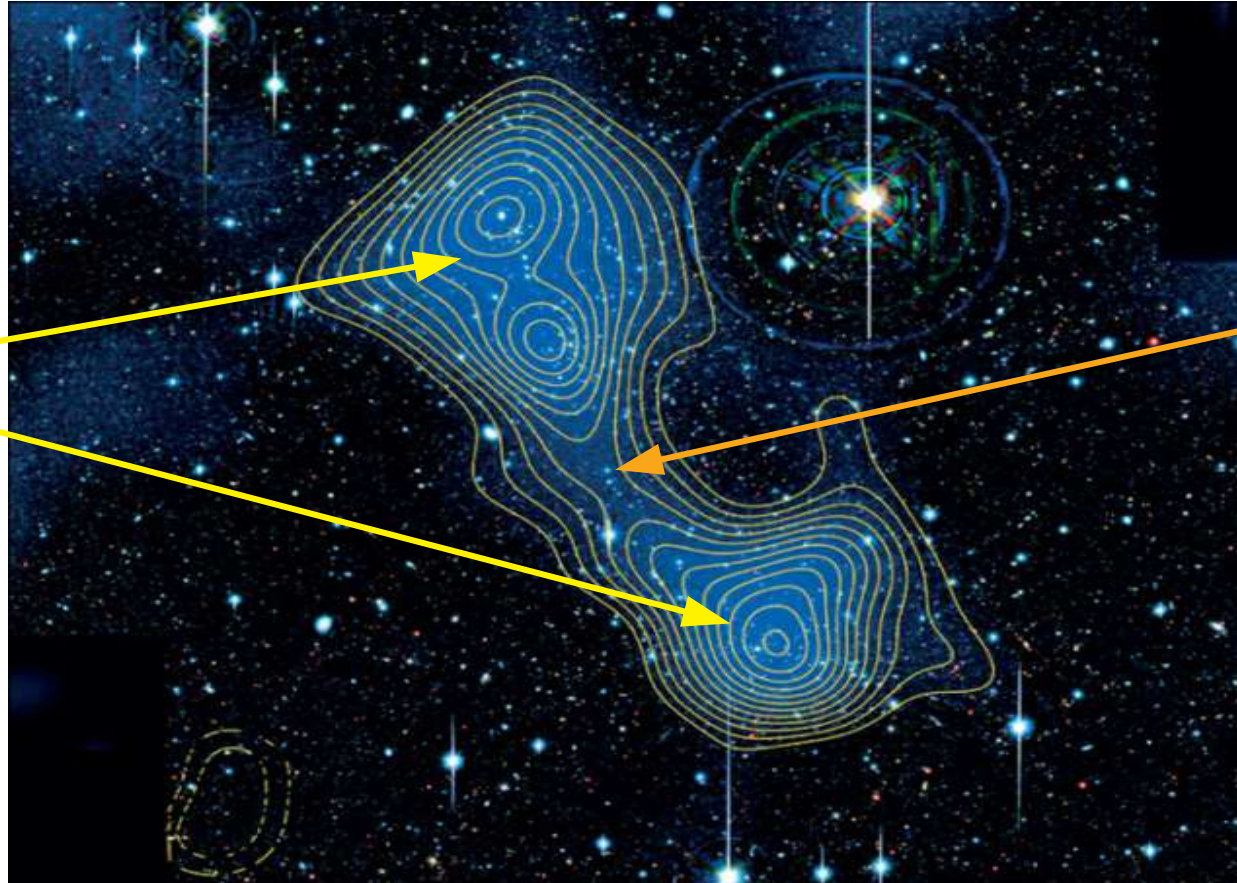


Lente Gravitacional:



Filamentos entre cúmulos de galaxias:

Cúmulos
de
Galaxias



Filamento de
Materia
Oscura



Observado a
partir del efecto
de lente
gravitacional

Evidencia de interacción gravitatoria:

Algunas de las observaciones que muestran desacuerdo con Relatividad General (1915) y el contenido de materia visible son los siguientes:

- Curva de rotación de galaxias espirales
- La temperatura del gas en galaxias elípticas
- Velocidades y temperaturas dispares a nivel de cúmulos de galaxias
- Weak lensing
- Filamentos entre cúmulos de galaxias
- Bullet Cluster

Evidencia de interacción gravitatoria:

Algunas de las observaciones que muestran desacuerdo con Relatividad General (1915) y el contenido de materia visible son los siguientes:

- Curva de rotación de galaxias espirales
- La temperatura del gas en galaxias elípticas
- Velocidades y temperaturas dispares a nivel de cúmulos de galaxias
- Weak lensing
- Filamentos entre cúmulos de galaxias
- Bullet Cluster



Teorías de Gravedad
Modificada

Evidencia de interacción gravitatoria:

Algunas de las observaciones que muestran desacuerdo con Relatividad General (1915) y el contenido de materia visible son los siguientes:

- Curva de rotación de galaxias espirales
- La temperatura del gas en galaxias elípticas
- Velocidades y temperaturas dispares a nivel de cúmulos de galaxias
- Weak lensing
- Filamentos entre cúmulos de galaxias
- Bullet Cluster

Teorías de Gravedad
Modificada

Existe Materia Extra
no visible

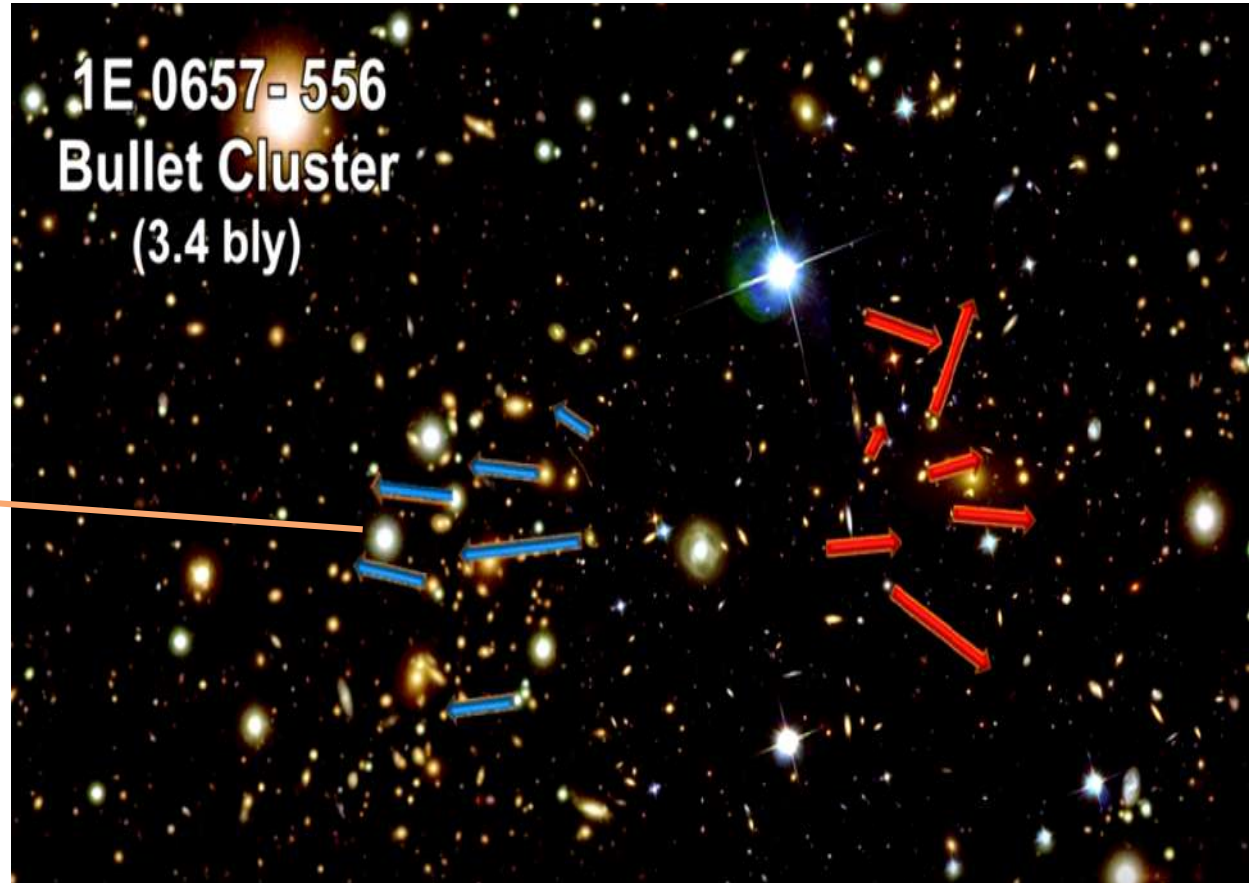
Bullet Cluster:

Dos cúmulos de
Galaxias que están en
colisión

Galaxias en
movimiento



Atraviesan sin
colisiones

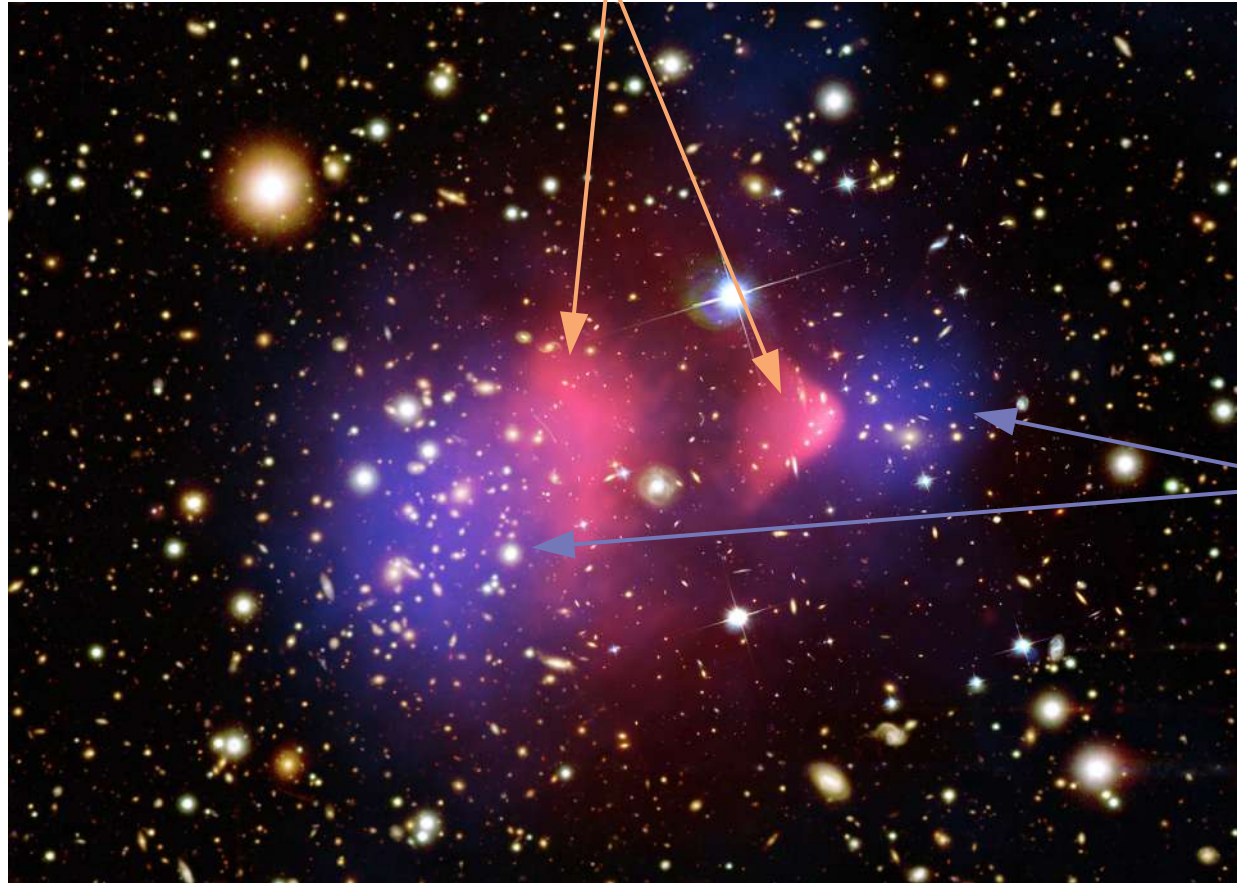


Bullet Cluster:

Gas observado por el observatorio Chandra

Aporta evidencia sobre la existencia de **MO**.

La teoría de **Gravedad Modificada** tiene conflictos.



Materia Oscura deducida a partir de lentes gravitacionales

Bullet Cluster:

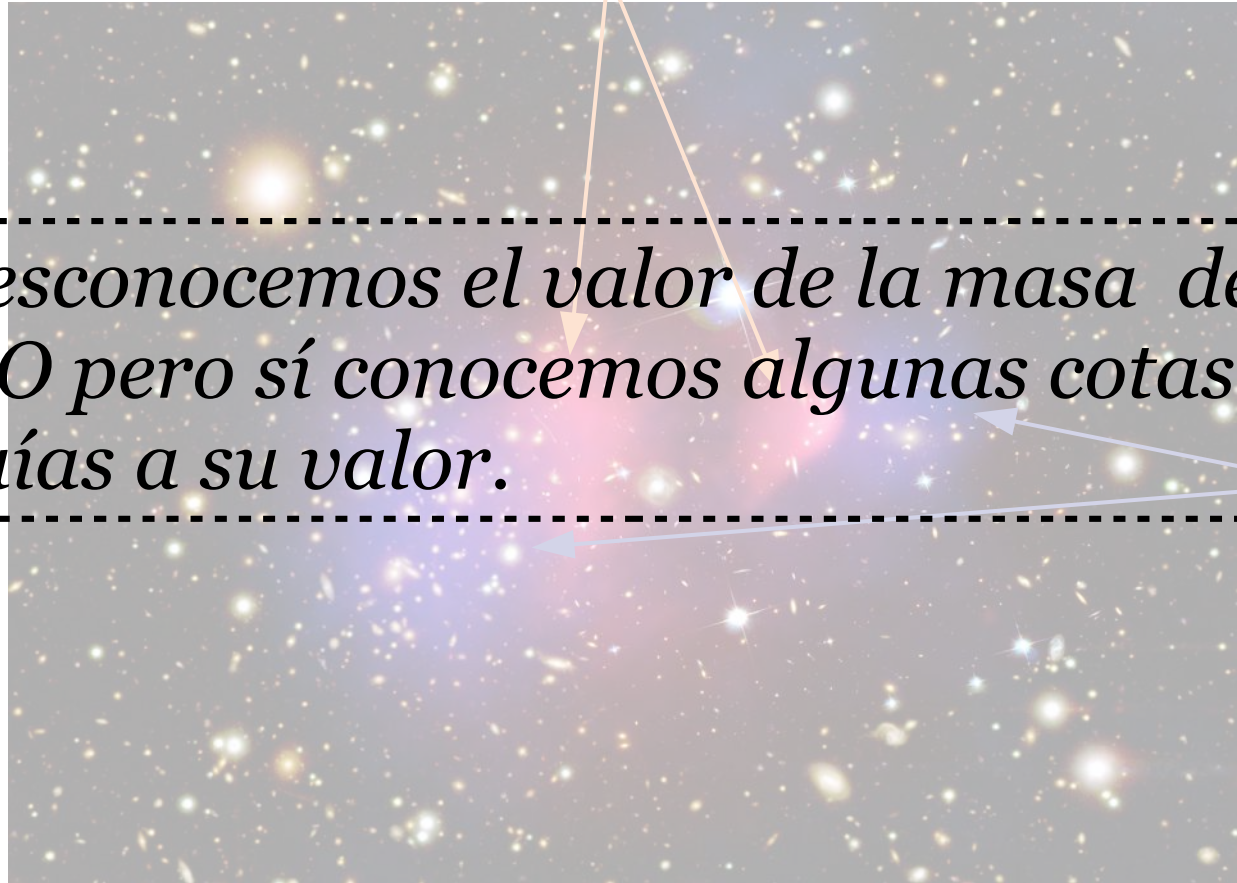
Gas observado por el observatorio Chandra

Aporta evidencia sobre la existencia de MO.

Desconocemos el valor de la masa de MO pero sí conocemos algunas cotas o guías a su valor.

La teoría de Gravedad Modificada tiene conflictos.

Materia Oscura deducida a partir de lentes gravitacionales

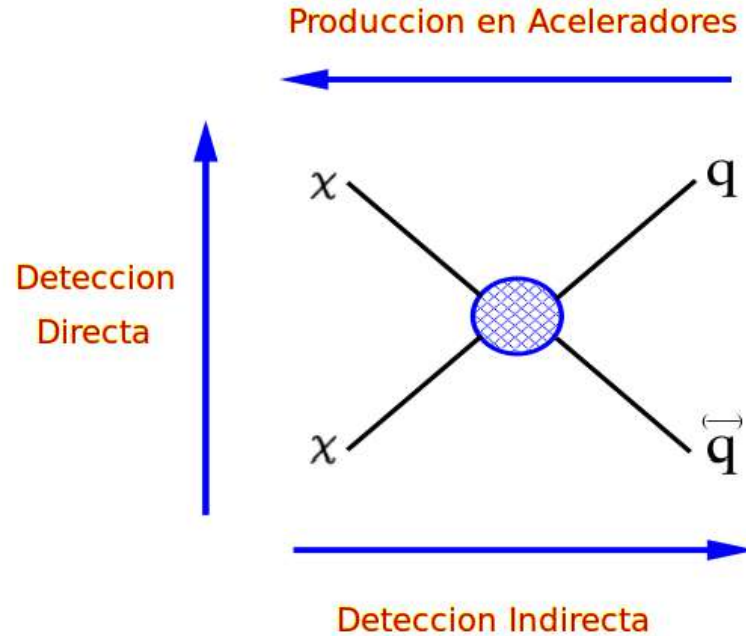


(No)Evidencia de interacción (no)gravitatoria:

Qué es un candidato a materia oscura?

Propiedades:

- **Neutro**
- **Evita las detecciones actuales**
- Vida media mayor que la edad del universo
- Reproduce la abundancia correcta

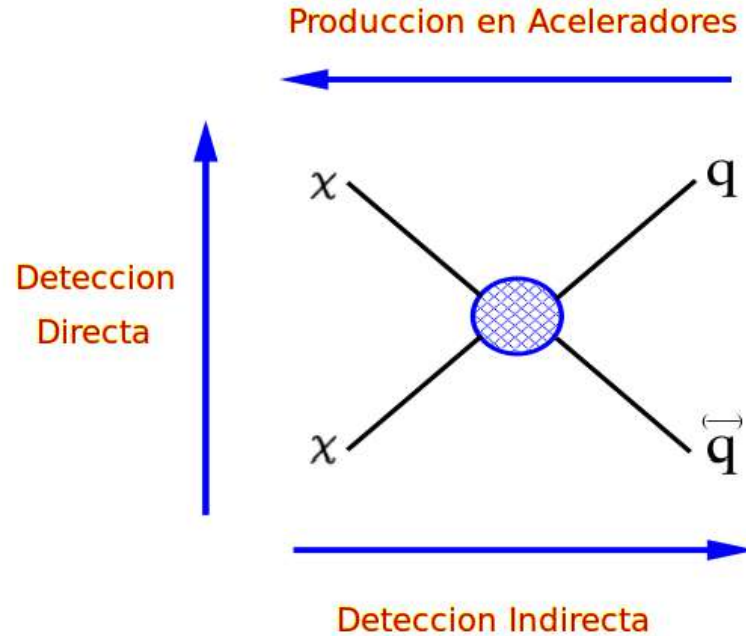


(No)Evidencia de interacción (no)gravitatoria:

Qué es un candidato a materia oscura?

Propiedades:

- **Neutro** (*no fuerzas fundamentales*)
- **Evita las detecciones actuales**
- Vida media mayor que la edad del universo
- Reproduce la abundancia correcta

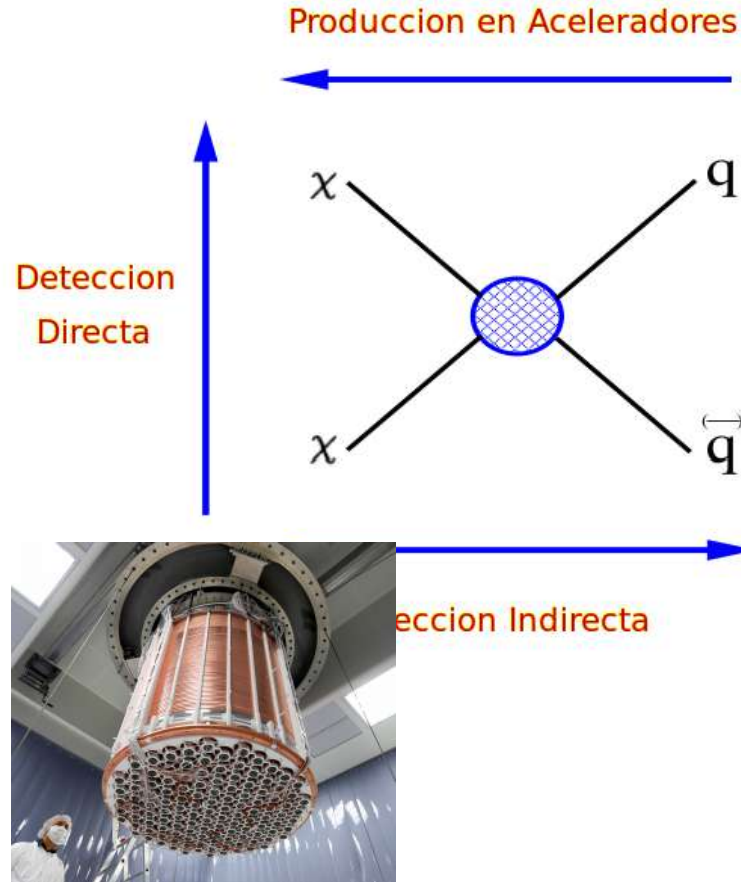


(No)Evidencia de interacción (no)gravitatoria:

Qué es un candidato a materia oscura?

Propiedades:

- **Neutro** (*no fuerzas fundamentales*)
- **Evita las detecciones actuales**
- Vida media mayor que la edad del universo
- Reproduce la abundancia correcta

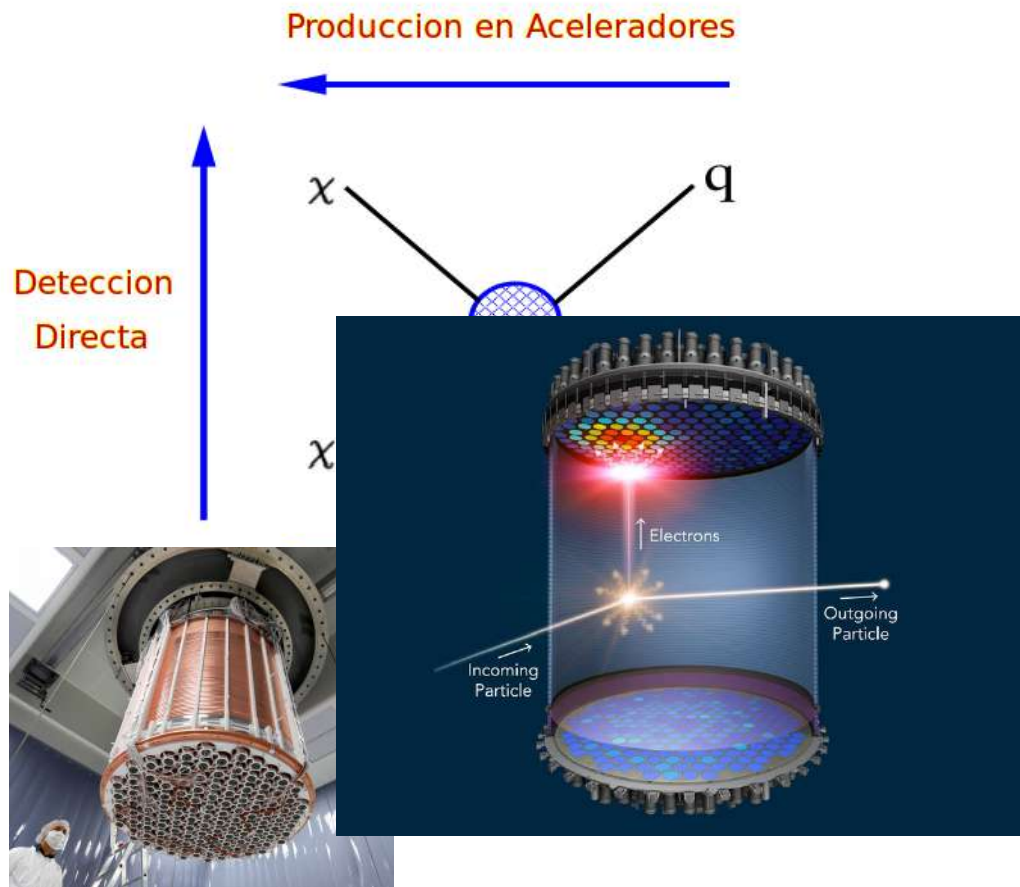


(No)Evidencia de interacción (no)gravitatoria:

Qué es un candidato a materia oscura?

Propiedades:

- **Neutro** (*no fuerzas fundamentales*)
- **Evita las detecciones actuales**
- Vida media mayor que la edad del universo
- Reproduce la abundancia correcta

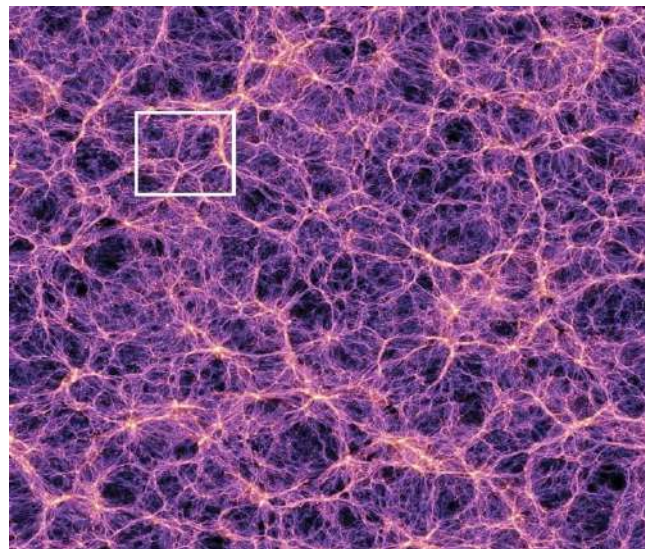


(No)Evidencia de interacción (no)gravitatoria:

Qué es un candidato a materia oscura?

Propiedades:

- Neutro
- Evita las detecciones actuales
- **Vida media mayor que la edad del universo**
- Reproduce la abundancia correcta



Simulaciones numéricas de la evolución del universo nos dicen:

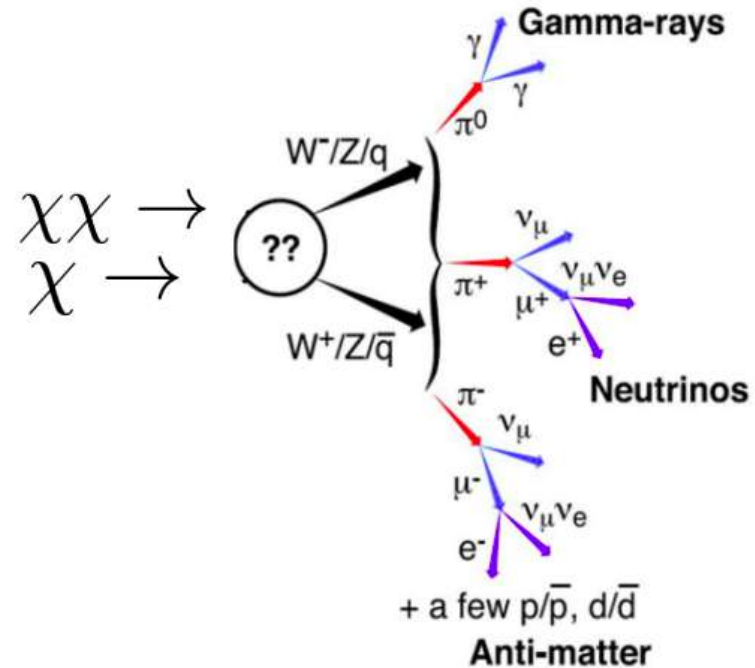
$$\tau_{DM} = 10 \times \text{edad universo}$$

(No)Evidencia de interacción (no)gravitatoria:

Qué es un candidato a materia oscura?

Propiedades:

- Neutro
- Evita las detecciones actuales
- **Vida media mayor que la edad del universo**
- Reproduce la abundancia correcta

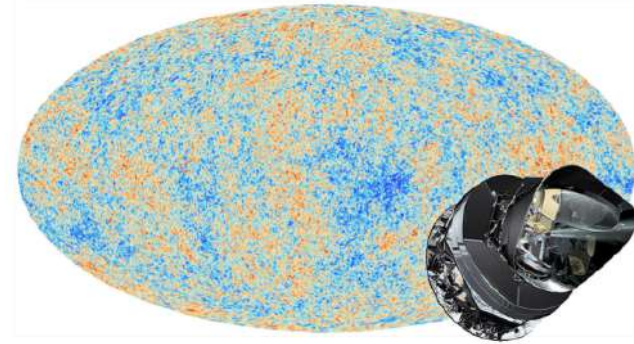


(No)Evidencia de interacción (no)gravitatoria:

Qué es un candidato a materia oscura?

Propiedades:

- Neutro
- Evita las detecciones actuales
- Vida media mayor que la edad del universo
- **Reproduce la abundancia correcta**



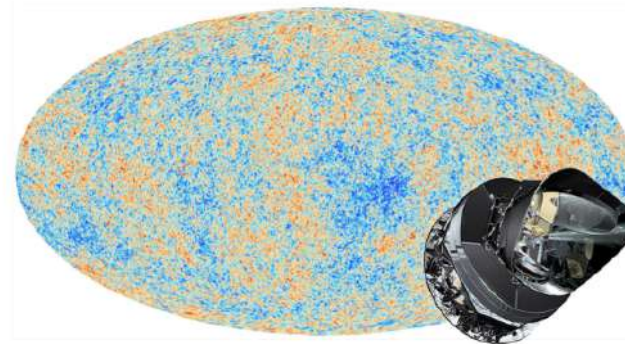
COBE,
WMAP y
PLANCK

(No)Evidencia de interacción (no)gravitatoria:

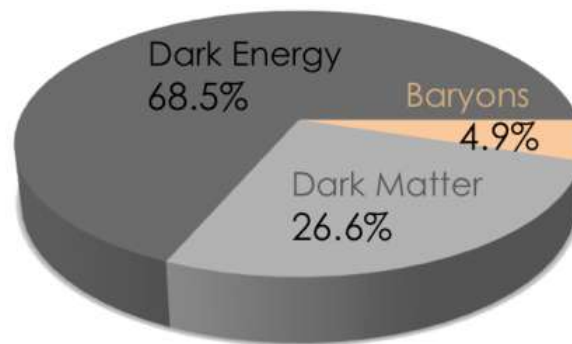
Qué es un candidato a materia oscura?

Propiedades:

- Neutro
- Evita las detecciones actuales
- Vida media mayor que la edad del universo
- **Reproduce la abundancia correcta**



COBE,
WMAP y
PLANCK



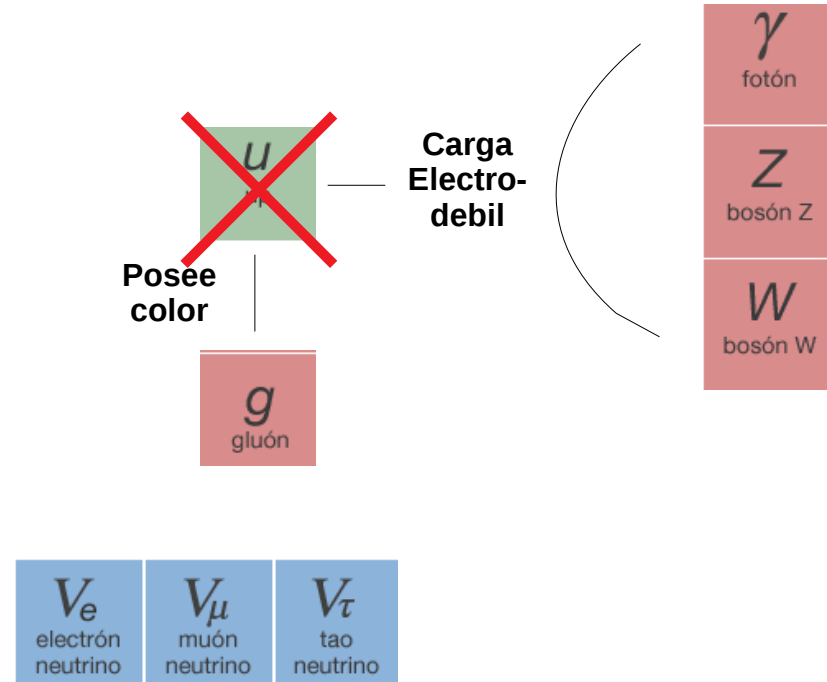
$$\Omega_{DM}h^2 = \rho_{DM}/\rho_c \\ = 0.120 \pm 0.001$$

Introducción al Modelo Estándar:

Contenido del Modelo Estándar:

	Fermiones			Bosones	
Quarks	u up	c charm	t top	γ fotón	Portadores de fuerza
	d down	s strange	b bottom	Z bosón Z	
Leptones	ν_e electrón neutrino	ν_μ muón neutrino	ν_τ tao neutrino	W bosón W	
	e electrón	μ muón	τ tao	g gluón	
				H Bosón de Higgs	

Fuente: AAAS



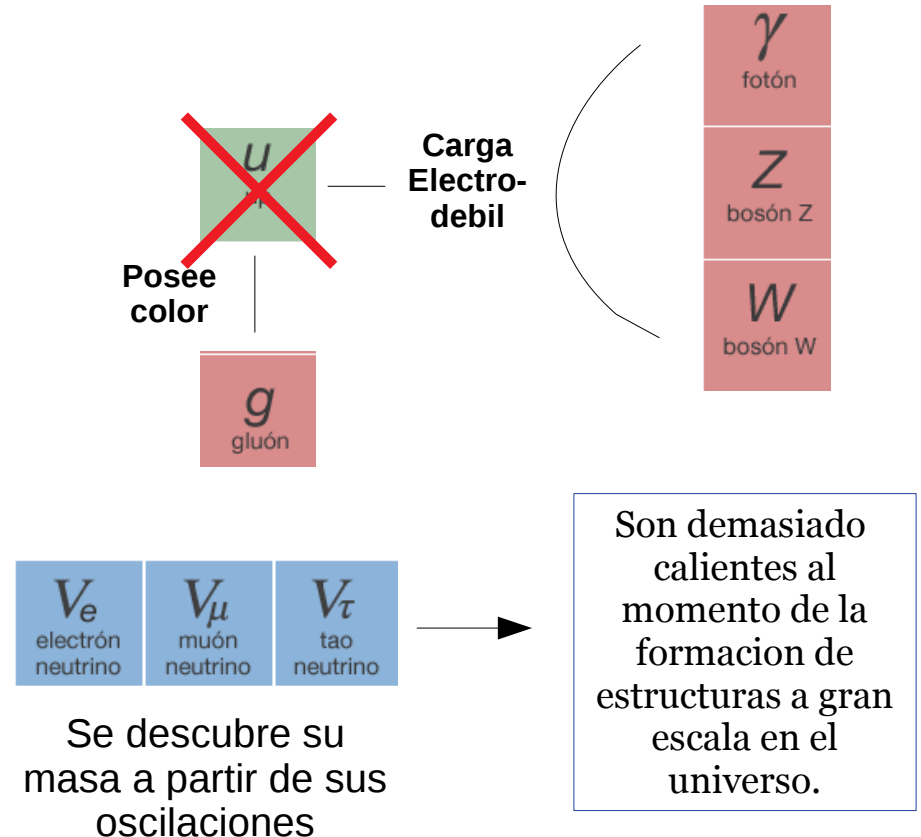
Se descubre su masa a partir de sus oscilaciones

Introducción al Modelo Estándar:

Contenido del Modelo Estándar:

	Fermiones			Bosones	
Quarks	u up	c charm	t top	γ fotón	Portadores de fuerza
	d down	s strange	b bottom	Z bosón Z	
Leptones	ν_e electrón neutrino	ν_μ muón neutrino	ν_τ tau neutrino	W bosón W	
	e electrón	μ muón	τ tau	g gluón	
				H Bosón de Higgs	

Fuente: AAAS

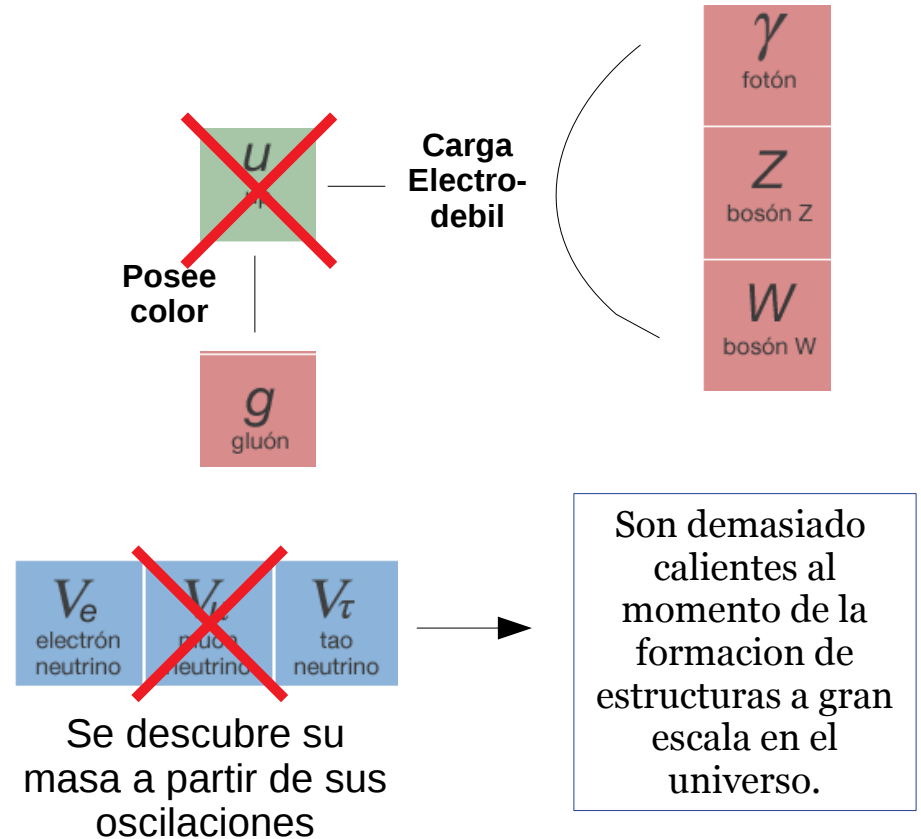


Introducción al Modelo Estándar:

Contenido del Modelo Estándar:

	Fermiones			Bosones	
Quarks	u up	c charm	t top	γ fotón	Portadores de fuerza
	d down	s strange	b bottom	Z bosón Z	
Leptones	ν_e electrón neutrino	ν_μ muón neutrino	ν_τ tau neutrino	W bosón W	
	e electrón	μ muón	τ tau	g gluón	
				H Bosón de Higgs	

Fuente: AAAS

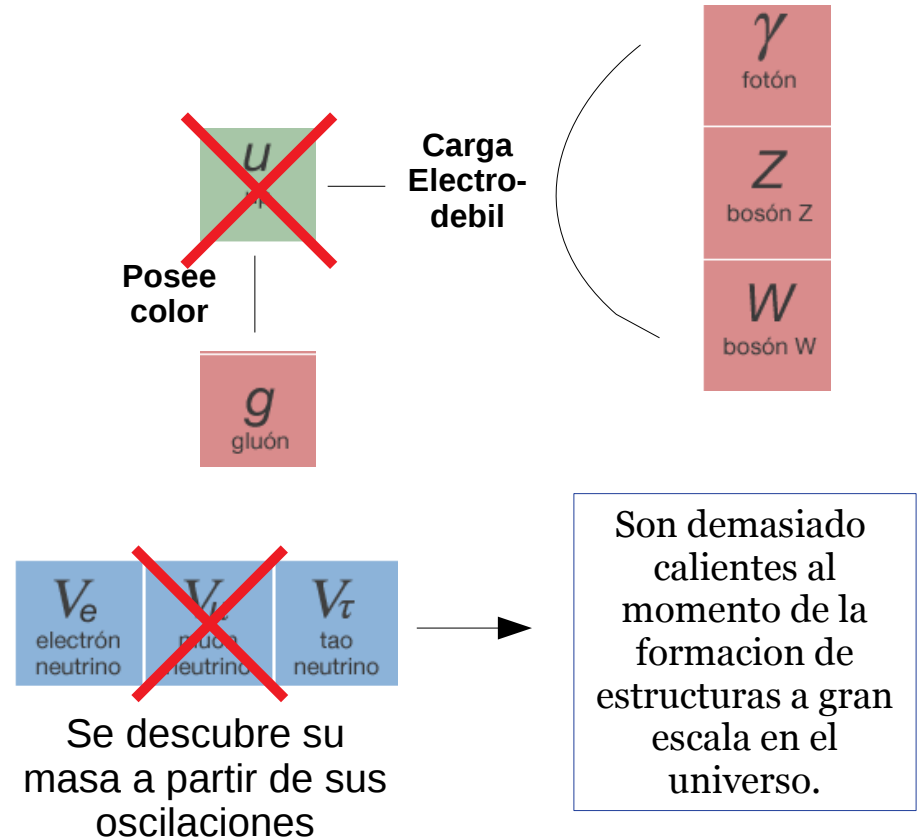


Introducción al Modelo Estándar:

Contenido del Modelo Estándar:

	Fermiones			Bosones	
Quarks	u up	c charm	t top	γ fotón	Portadores de fuerza
	d down	s strange	b bottom	Z bosón Z	
Leptones	ν_e electrón neutrino	ν_μ muón neutrino	ν_τ tao neutrino	W bosón W	
	e electrón	μ muón	τ tao	g gluón	
				H Bosón de Higgs	

Fuente: AAAS



Introducción al Modelo Estándar:


Contenido del Modelo Estándar:





Pautas para encontrar candidatos a MO:

- Masa
- NO deteccion
- Vida media muy grande o ser estable
- Abundancia correcta al dia de hoy
- Naturalidad en los acoplamientos
- Mínimo número de adicciones




Pautas para encontrar candidatos a MO:

- Masa  Responde a las int. gravitatorias
- NO detección
- Vida media muy grande o ser estable
- Abundancia correcta al día de hoy
- Naturalidad en los acoplamientos
- Mínimo número de adicciones





Pautas para encontrar candidatos a MO:

- Masa  Responde a las int. gravitatorias
- NO deteccion  No interacciona con los portadores de fuerzas
- Vida media muy grande o ser estable
- Abundancia correcta al dia de hoy
- Naturalidad en los acoplamientos
- Mínimo número de adicciones





Pautas para encontrar candidatos a MO:

- Masa  Responde a las int. gravitatorias
- NO deteccion  No interacciona con los portadores de fuerzas
- Vida media muy grande o ser estable  Interacciones reducidas
- Abundancia correcta al dia de hoy
- Naturalidad en los acoplamientos
- Mínimo número de adicciones

Pautas para encontrar candidatos a MO:

- Masa  Responde a las int. gravitatorias
- NO deteccion  No interacciona con los portadores de fuerzas
- Vida media muy grande o ser estable  Interacciones reducidas
- Abundancia correcta al dia de hoy  Reproducir la cantidad correcta!
- Naturalidad en los acoplamientos
- Mínimo número de adicciones

Pautas para encontrar candidatos a MO:

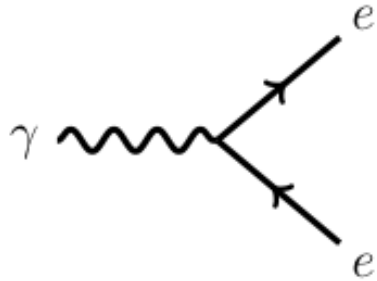
- Masa  Responde a las int. gravitatorias
- NO deteccion  No interacciona con los portadores de fuerzas
- Vida media muy grande o ser estable  Interacciones reducidas
- Abundancia correcta al dia de hoy  Reproducir la cantidad correcta!
- Naturalidad en los acoplamientos $O(1)$
- Mínimo número de adicciones

Pautas para encontrar candidatos a MO:

- Masa \longrightarrow Responde a las int. gravitatorias
- NO deteccion \longrightarrow No interacciona con los portadores de fuerzas
- Vida media muy grande o ser estable \longrightarrow Interacciones reducidas
- Abundancia correcta al dia de hoy \longrightarrow Reproducir la cantidad correcta!
- Naturalidad en los acoplamientos $O(1)$
- Mínimo número de adicciones \longrightarrow Permite minimizar la cantidad de evidencias necesarias

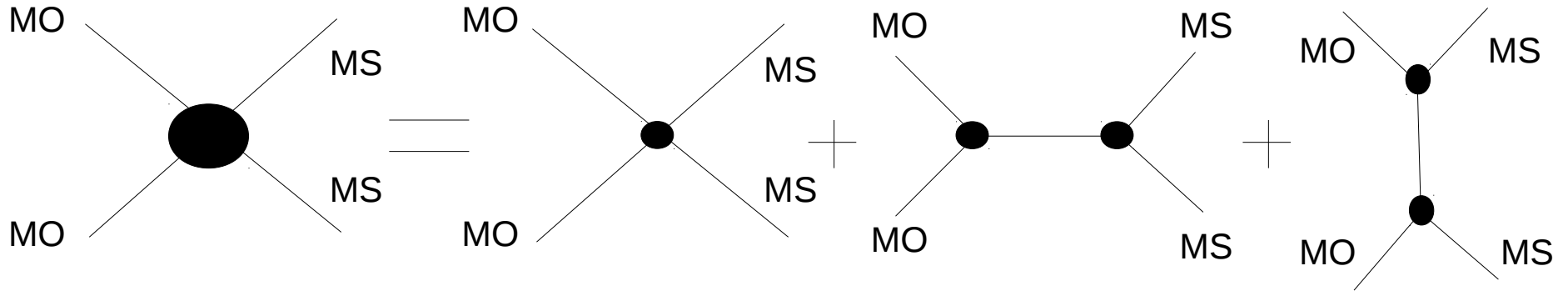
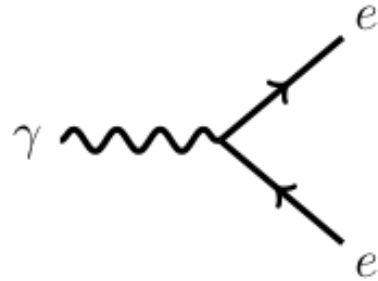
Interacciones con Diagramas de Feynman:

Interacción de un
electrón, un positrón
y un fotón:



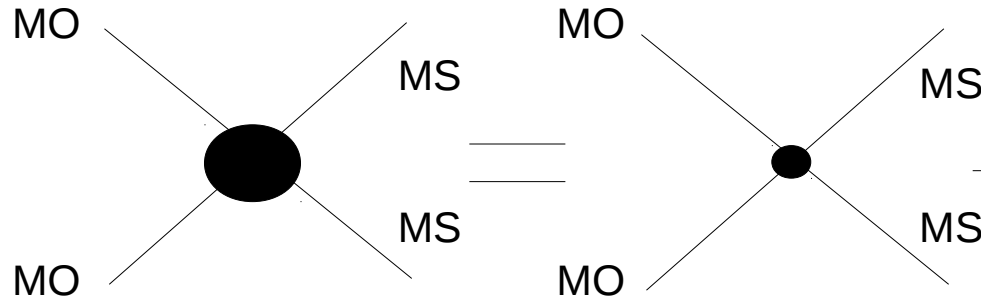
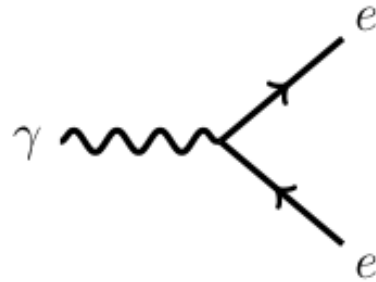
Interacciones con Diagramas de Feynman:

Interacción de un electrón, un positrón y un fotón:

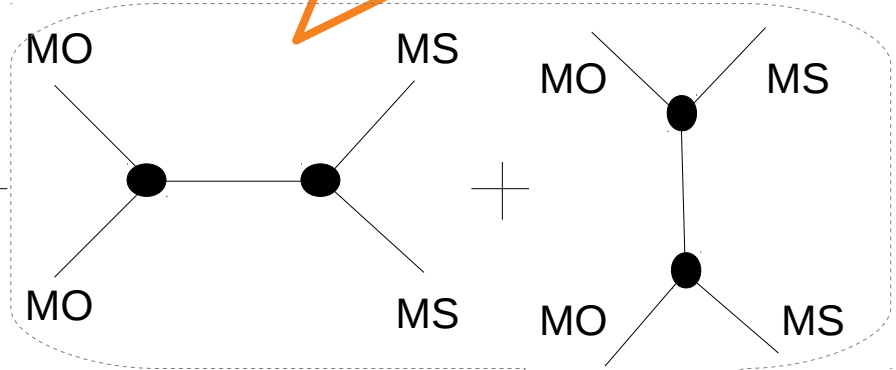


Interacciones con Diagramas de Feynman:

Interacción de un electrón, un positrón y un fotón:



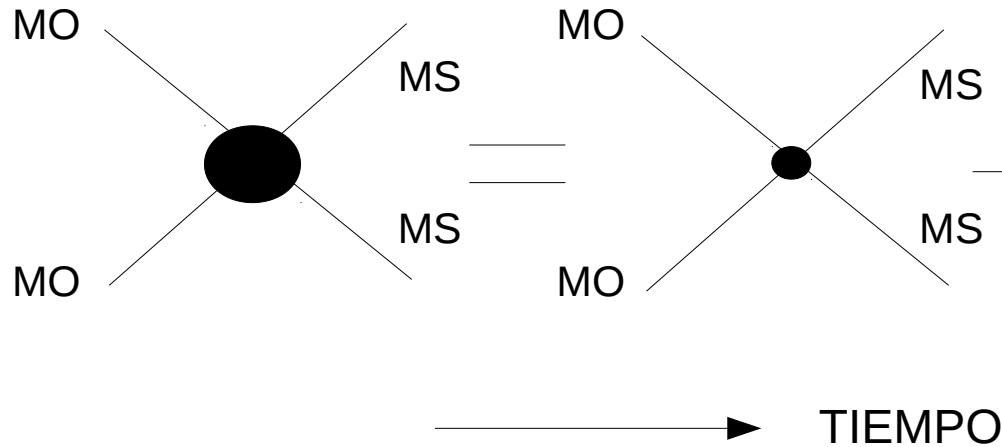
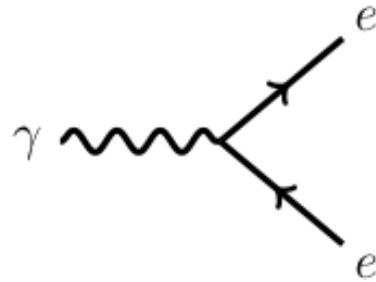
Entonces las posibles interacciones con el MS pueden ser:



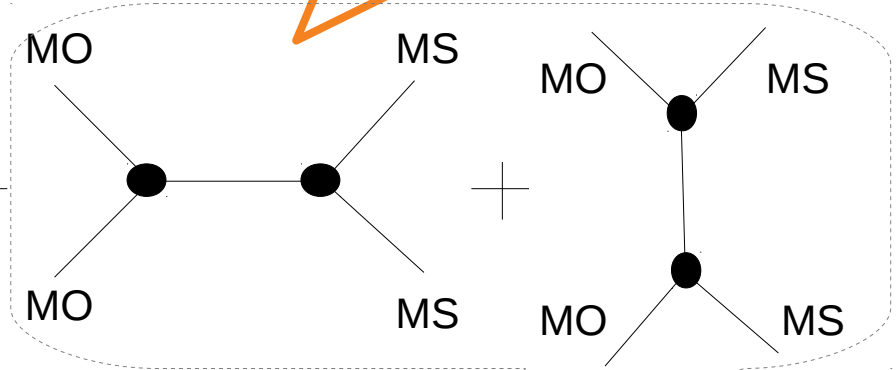
portadores

Interacciones con Diagramas de Feynman:

Interacción de un electrón, un positrón y un fotón:



Entonces las posibles interacciones con el MS pueden ser:



portadores

Muchas gracias!

Espero que les haya gustado.
Hasta la próxima...

Lectura extra:

David G. Cerdeno:

Audios:

<https://www.youtube.com/watch?v=MwqF8dlfRyM>

<https://www.canalextramadura.es/audio/principio-de-incertidumbre-intentando-detectar-materia-oscura-220821-redifusion>

Lectura:

<https://indico.ific.uv.es/event/3338/attachments/6345/7124/DM101-Cerdeno.pdf>
((nivel alto))

Alberto Aparici: *Todos los audios de Alberto son buenos!*

Audios:

https://www.ondacero.es/programas/la-brujula/audios-podcast/la-brujula-de-la-ciencia/brujula-ciencia-que-materia-oscura_20210312604bd9e0cc8eb7000138fd22.html

https://www.ivoox.com/aparici-orbita-s01e49-materia-oscura-agujeros-audios-mp3_rf_40485370_1.html

https://www.ivoox.com/alberto-aparici-juntos-pero-no-revuelto-materia-audios-mp3_rf_39731954_1.html

Lectura:

<https://www.larazon.es/ciencia/20210528/fltlr7a7ajakrlevbviyeiti7q.html>