



Test observacionales para gravedad modificada y energía oscura

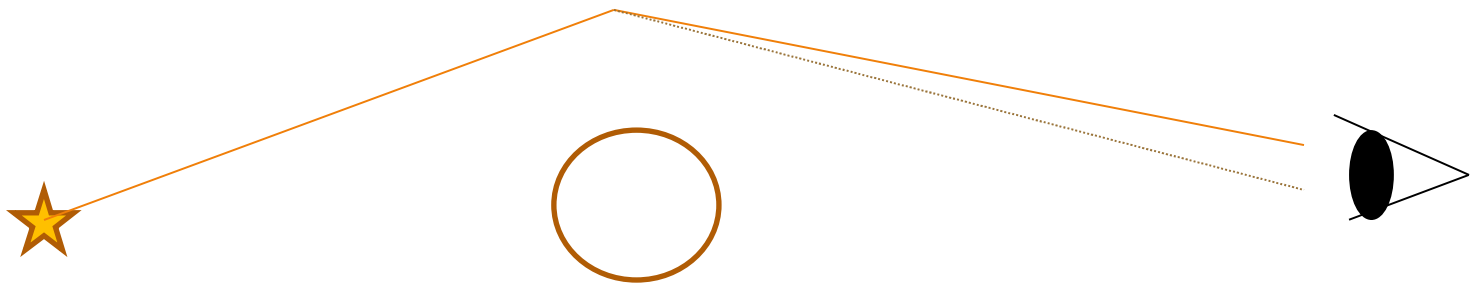
INAOE – 2008
Luisa G. Jaime.


Teorema “No-go” para teorías $f(R)$

- Soussa plantea que las teorías métricas no serán capaces de reproducir lentes gravitacionales con un ángulo de deflexión más grande que la relatividad general estándar.
- Mendoza & Rosas-Guevara encuentran por medio de un código que las teorías $f(R)=R^n$ producen un ángulo de deflexión mayor.

La transformación conforme

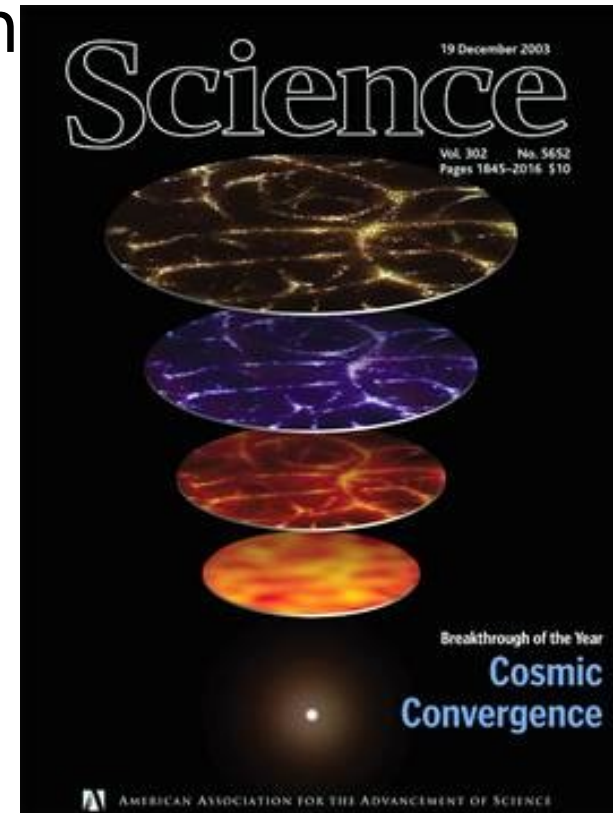
- El argumento de Soussa se centra en que las teorías métricas sean una transformación conforme de las ecuaciones de Einstein.
- Por lo tanto no producirían un lenteaje mayor al producido por RG.





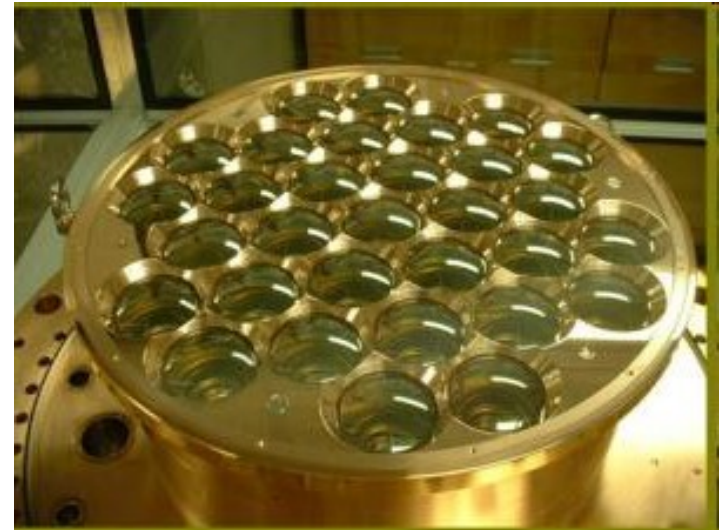
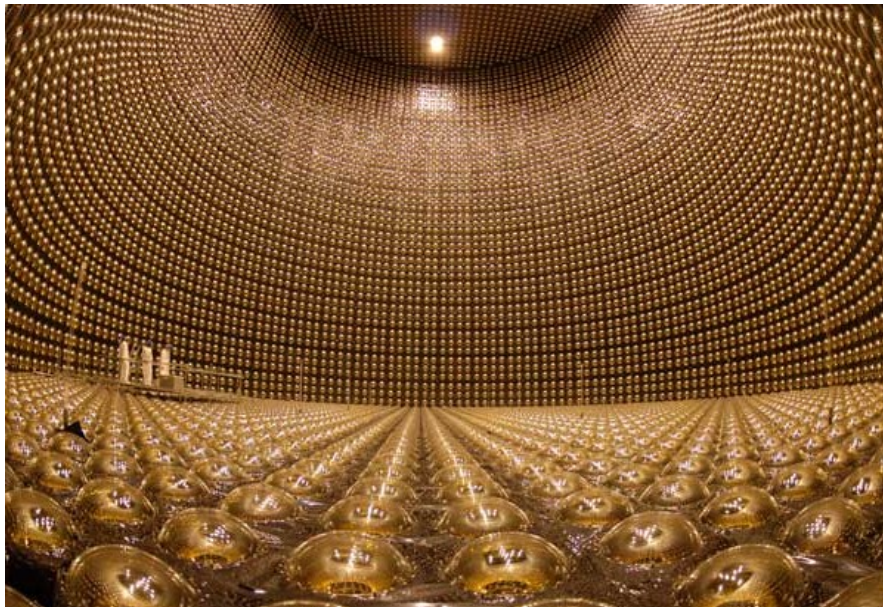
**¿Cómo distinguir entre el
paradigma oscuro y
gravedad modificada?**

- Existen actualmente dos paradigmas que pretenden explicar la evolución y contenido del Universo.
- Con observaciones de ciertos fenómenos astrofísicos sería posible distinguir cuál de los paradigmas es el que gobierna el universo.
- ¿Cuáles observaciones nos servirían?



La evidencia oscura

- MACHO's
- Neutrinos
- Axiones
- SUSY



La expansión del Universo

- La ecuación de Einstein con la constante cosmológica es:

$$G_{\mu\nu} = 8\pi GT_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu}$$

Quinta esencia
Energía fantasma
Viscosidad

- Con lo que la expansión del Universo quedaría descrita por:

$$H^2 \equiv \left(\frac{\dot{a}}{a} \right)^2 = \frac{8\pi G}{3} \rho - \frac{k}{a^2} + \frac{\Lambda}{3}$$

$$\frac{\ddot{a}}{a} = -\frac{4\pi G}{3} (\rho + 3p) + \frac{\Lambda}{3}$$

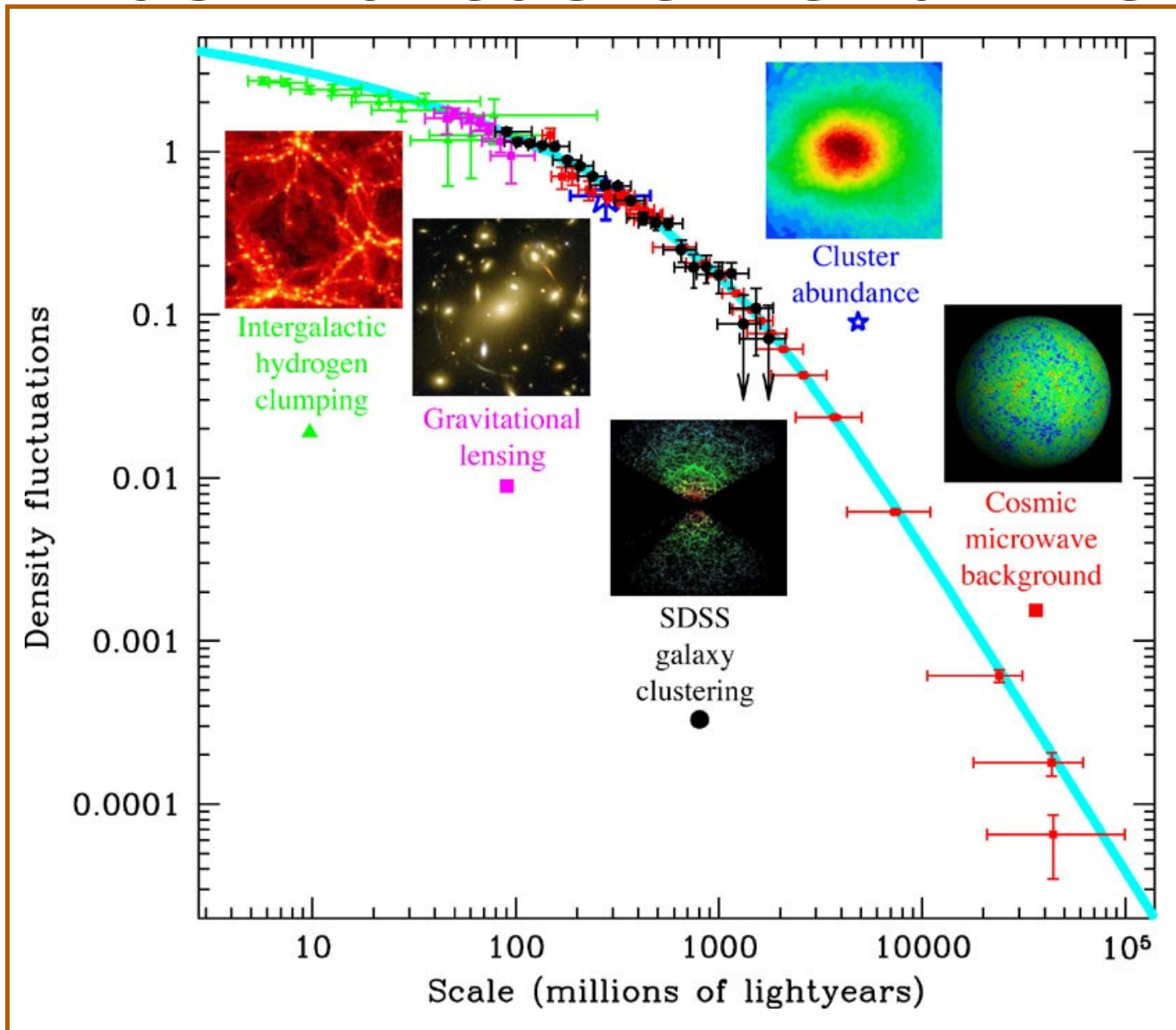
La evolución cósmica

- Diferentes modelos de evolución dejarán una firma distinta en distintos objetos astrofísicos.

$$\rho_X + \rho_m + \rho_b + \rho_\gamma + \rho_\nu - \rho_k = \frac{3H^2}{8\pi G} \equiv \rho_{crit}$$

- La evolución de la energía oscura dependerá de la forma de la ecuación de estado que la describa.

Las marcas en el universo



Las pistas...

- Como se ha mencionado, podemos pensar en dos vías para la explicación de la aceleración del universo. Cada una de ellas traerá consigo fundamentos físicos distintos
- Es necesario distinguir cuál paradigma es el que rige el universo.

$$d_L(z) = r(z)(1+z)$$

Distancia luminosa

$$d_A(z) = r(z)/(1+z)$$

Distancia diametral angular

$$dV = \frac{r^2(z)}{\sqrt{1-kr^2(z)}} dr d\Omega$$

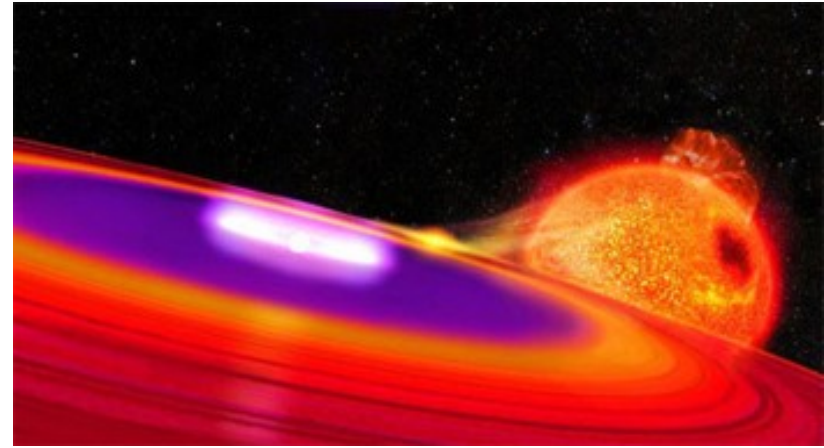
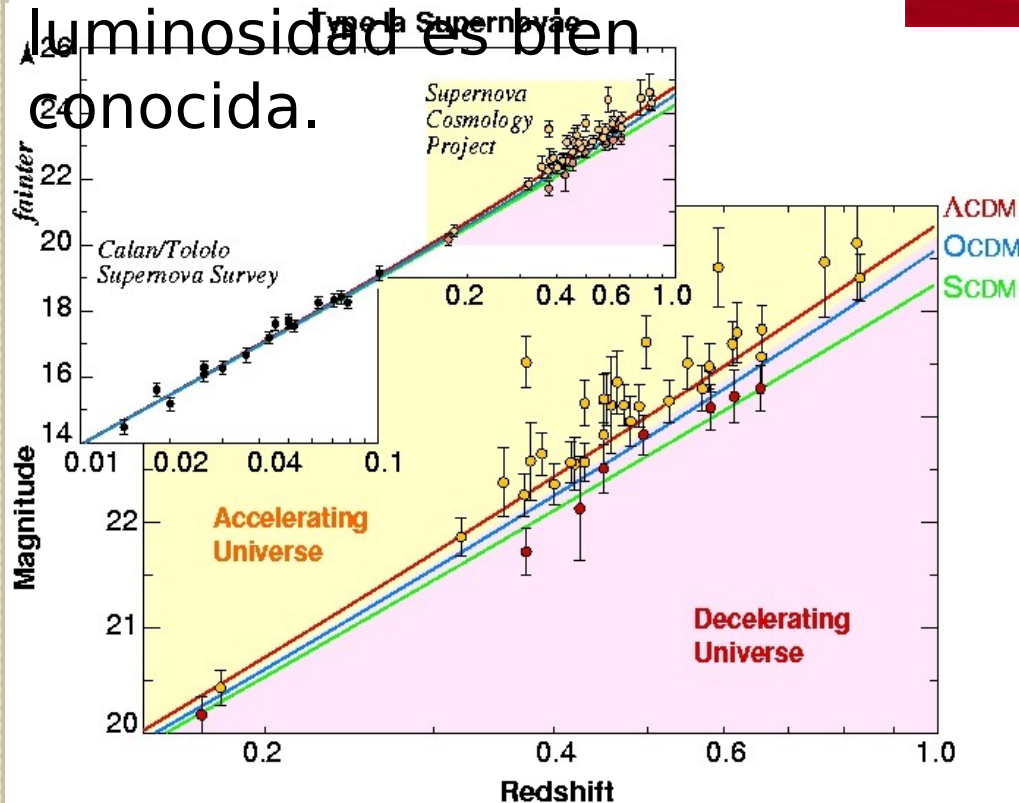
Elemento de volumen comóvil

$$D(z) = \int_0^z \frac{dz'}{H(z')} = \begin{cases} |k|^{-1/2} \text{Sen}^{-1}[|k|^{1/2} r(z)], & k > 0 \\ r(z), & k = 0 \\ |k|^{-1/2} \text{Senh}^{-1}[|k|^{1/2} r(z)], & k < 0 \end{cases}$$

Distancia comóvil

Supernovas

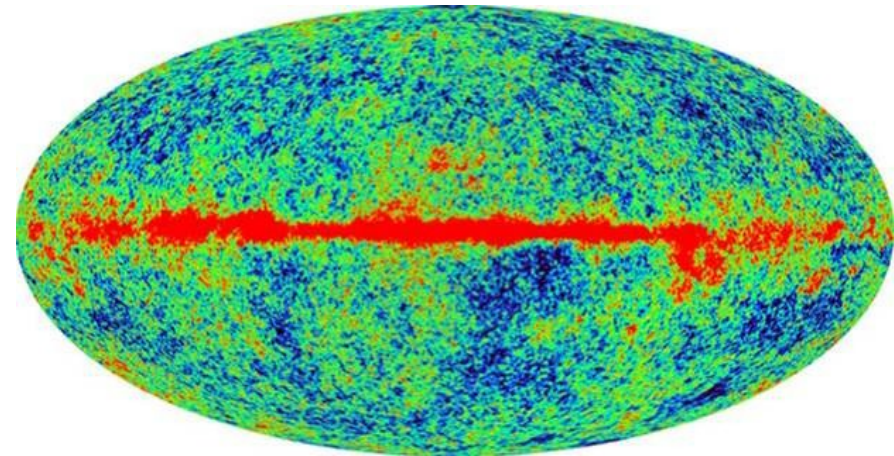
Como sabemos, las supernovas pueden ser utilizadas como faros estándar pues su luminosidad es bien conocida.



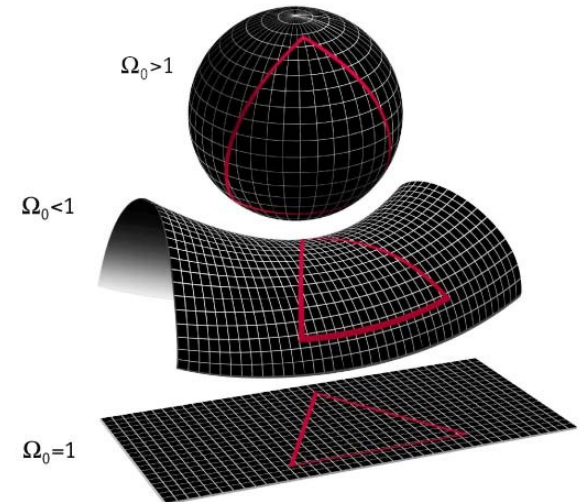
- Nos proveen de la forma de la expansión del universo hasta $z=1$.
- Otros objetos propuestos:
 - Estallidos de rayos gama
 - Ondas

Fondo cósmico de microondas

- El CMB nos provee de escalas estándar para comparar crecimiento de estructura.



- La forma en que actúa la gravedad es importante para conocer la forma que tendrán los picos acústicos, pero esto no mostrará diferencias a primer orden.

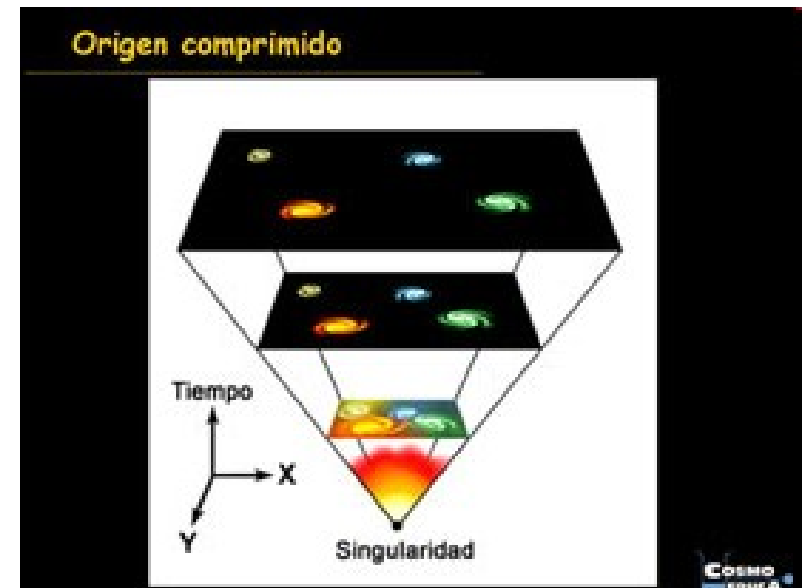


MAP990006

Cúmulos de galaxias

- Otra herramienta será el conteo de galaxias por unidad de volumen, esta cantidad también dependerá del modelo utilizado.

$$dV = \frac{r^2(z)}{\sqrt{1 - kr^2(z)}} dr d\Omega$$



Lentes gravitacionales

- La materia tiene la capacidad de deformar el espacio en el que se encuentra, sin embargo la forma en la que lo hace es la que nos dará información sobre la grav

