

Expansión acelerada en cosmologías AdS con disipación

Norman Cruz

Universidad de Santiago de Chile

COSMOCONCE 2016 , 7 de abril

► MOTIVACION

- Procesos disipativos en el universo
- Modelos de materia oscura con temperatura
- Modelos unificados de materia oscura y λ
- Posibilidad de phantom matter

► COSMOLOGÍA CON CONSTANTE COSMOLOGICA Y UN FLUIDO CON DISIPACION

- El approach no causal de Eckart
- Soluciones tipo de Sitter con constante cosmológica negativa
- Soluciones generales

PROCESOS DISIPATIVOS EN EL UNIVERSO

- Entropía por barión: $10^9 \Rightarrow$ gran crecimiento de la entropía en la formación del universo
 - Recalentamiento en el universo al final de inflación , decaimiento de campos escalares en partículas.
 - desacoplamiento de los neutrinos durante la era de la radiación
 - desacoplamiento de la materia de la radiación en la era de la recombinación : el crecimiento del camino libre de los fotones da lugar a transporte de calor y momentum y, por consiguiente, damping.

- **Disipación en procesos astrofísicos:**

- En el colapso gravitacional para formar estructuras galácticas, la viscosidad y el calentamiento conducen a disipación.
- En el colapso de estrellas radiativas a objetos densos como estrellas de neutrones o agujeros negros star or black hole la emisión de neutrinos es responsable de flujos de calor disipativos y viscosidad.
- Acreción de materia en torno a una estrella de neutrones o un agujero negro

- Modelos de materia oscura con temperatura

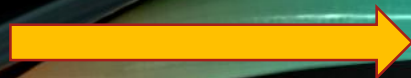
- La investigación actual ha abierto la posibilidad de tener una componente de warm dark matter que ajusta mejor los nuevos resultados a nivel de galaxias y clusters de galaxias [1].

[1].- H. J. de Vega and N.G. Sanchez, *Warm dark matter in the galaxies: theoretical and observational progresses. Highlights and conclusions of the chalonge meudon workshop 2011* [astro-ph/1109.3187].

- Modelos unificados de materia oscura y λ

- Los efectos viscosos introducen una presión negativa que contribuye a una expansión acelerada. Luego

MATERIA OSCURA + VISCOSIDAD



EXPANSIÓN ACELERADA

Los modelos unificados de materia oscura con viscosidad muestran incompatibilidad con la formación de estructura [2].

FLUIDO MATERIAL CON DISIPACIÓN + λ

Approach
termodinámico

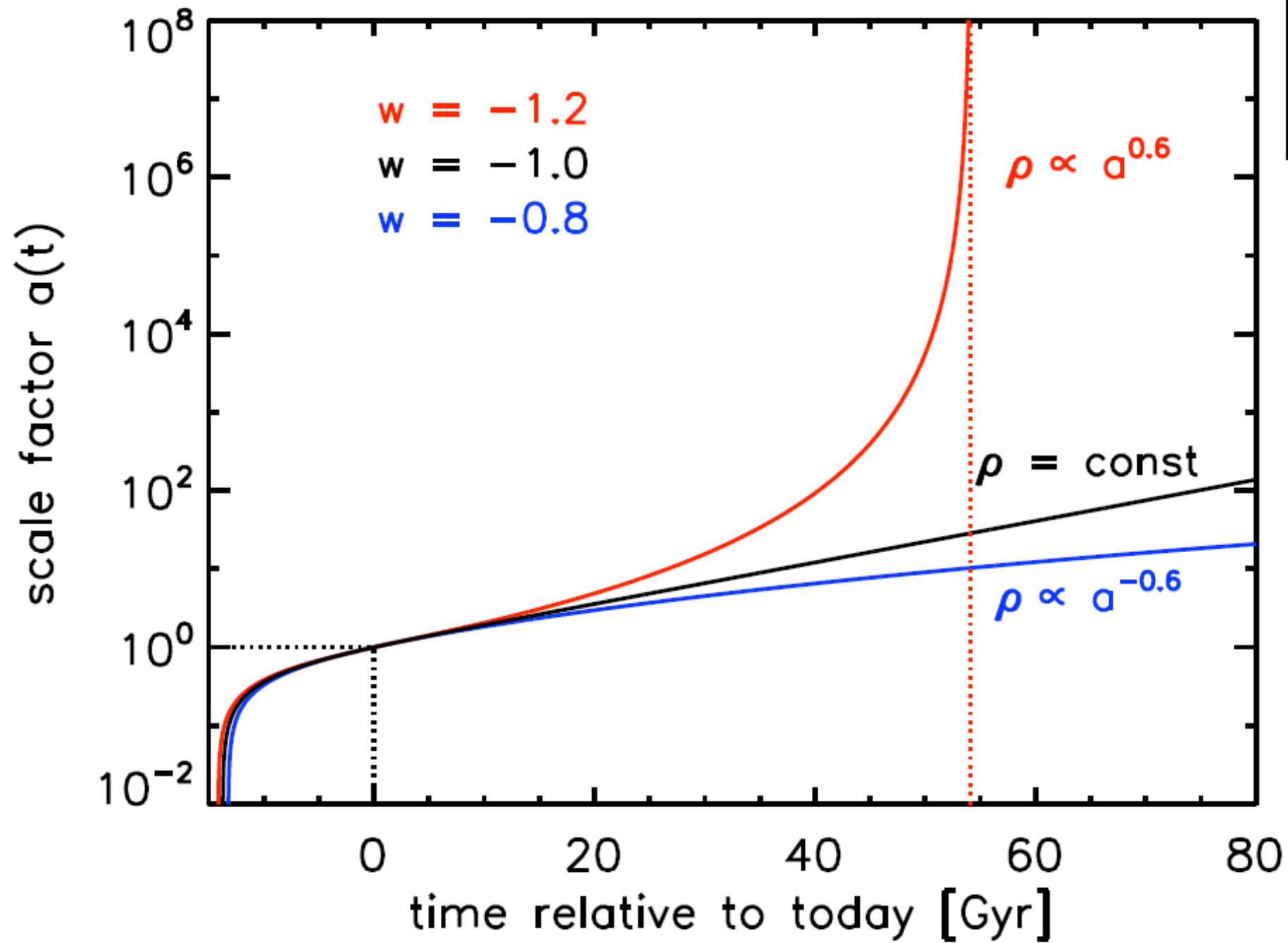
[1] H. Velten and D. Schwarz, *Phys.Rev. D*86 (2012) 08350

- Posibilidad de phantom matter

- Observaciones actuales de supernovas, BAO, $H(z)$ son compatibles con $w < -1$
phantom matter [2]
- Violación de la condición de energía dominante (DEC): $\rho + p < 0$. Posibilidad de singularidad futura con densidad de energía infinita en un tiempo finito: BIG RIP.
- Otro mecanismo que permite violar DEC es la existencia de disipación dentro de los fluidos cósmicos [3]. Para universos isotropicos y homogeneos cualquier proceso de disipación es escalar y puede ser modelado como viscosidad en el bulk dentro de un esquema termodinámico.

[2] N. Suzuki et al., *Astrophys. J.* 746, 85 (2012)

[3] J. D. Barrow, *Phys. Lett. B* 180, 335-339 (1987); *Nucl. Phys. B* 310, 743 (1988).



EL APPROACH NO CAUSAL DE ECKART

Ecuaciones de Friedmann ($8\pi G=1$, $k=0$)

$$H^2 = \frac{\rho}{3} + \frac{\lambda}{3},$$

$$\frac{\ddot{a}}{a} = \dot{H} + H^2 = -\frac{1}{6} (\rho + 3P_{eff}),$$

Presión efectiva

$$P_{eff} = p + \Pi,$$

$$p = (\gamma - 1)\rho,$$

$$\Pi = -3\xi(\rho)H$$

Presión viscosa

$$\xi = \xi_0 \rho^m, \quad \xi_0 \geq 0,$$

Ecuación de continuidad

$$\dot{\rho} + 3H(\rho + p + \Pi) = 0.$$

Ecuación diferencial en H

$$2\dot{H} + 3\gamma H^2 - 3\xi_0 H (H^2 - \lambda)^m - \lambda\gamma = 0.$$

SOLUCIONES TIPO DE SITTER $H=\text{cte}$

$$3\gamma H_{dS}^2 - 3\xi_0 H_{dS} (H_{dS}^2 - \lambda)^m - \lambda\gamma = 0.$$

CASO $m=0$

Ecuación cuadrática con discriminante

$$\Delta = \xi_0^2/\gamma^2 + 4\lambda/3.$$

$$H_{dS} = \frac{\xi_0}{2\gamma} + \frac{\sqrt{\Delta}}{2}.$$

$\lambda > 0$

Para $\lambda < 0$ se tiene la siguiente restricción

$$|\lambda| \leq \frac{3}{4} \left(\frac{\xi_0}{\gamma} \right)^2$$

Las soluciones son

$$H_{dS\pm} = \frac{\xi_0}{2\gamma} \pm \frac{\sqrt{\Delta}}{2},$$

Solución acelerada para un universo AdS con un fluido barotrópico con disipación

Estabilidad de la solución de Sitter

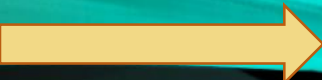
$$H(t) = H_{dS}(1 + h(t)), \quad |h(t)| \ll 1.$$

Esta solución perturbada en la ecuación diferencial da lugar a una ecuación para $h(t)$

$$2\dot{h} + h(6\gamma H_{dS} - 3\xi_0) = 0,$$

Solución

$$h(t) = C \exp[3(\xi_0/2 - \gamma H_{dS})t].$$


$$H_{dS} > \frac{\xi_0}{2\gamma}.$$

$$\lambda > 0$$



$$H_{dS} = \frac{\xi_0}{2\gamma} + \frac{\sqrt{\Delta}}{2}.$$

Estable para cualquier valor de λ

$$H_{dS} > \frac{\xi_0}{2\gamma}.$$

$$\lambda < 0$$



$$H_{dS\pm} = \frac{\xi_0}{2\gamma} \pm \frac{\sqrt{\Delta}}{2},$$

Estable solo la solución con + y con λ estrictamente menor

$$|\lambda| \leq \frac{3}{4} \left(\frac{\xi_0}{\gamma} \right)^2$$

Soluciones para cosmologías AdS aceleradas son estables

Conclusiones en el avance

▶ la constante cosmológica en el modelo Λ CDM está justificada sólidamente por las observaciones: aceleración del universo, formación de estructuras, conteo de galaxias, edad del universo, etc. LOS PROCESOS DISIPATIVOS QUE DAN LUGAR A PRESIONES NEGATIVAS NO PERMITEN REEMPLAZARLA EN EL MODELO SI SE QUIERE SER CONSISTENTE CON LA DATA .

▶ Sin embargo, LA INCLUSIÓN DE DISIPACIÓN EN UNA COSMOLOGÍA CON UN FLUIDO MATERIAL Y CONSTANTE COSMOLÓGICA NO PARECE ESTAR DESCARTADA DE PLANO POR LAS OBSERVACIONES: expansión acelerada, formación de estructuras.

▶ LA INCLUSIÓN DE DISIPACIÓN EN UNA COSMOLOGÍA CON UN FLUIDO MATERIAL Y CONSTANTE COSMOLÓGICA DA LUGAR A NUEVAS POSIBILIDADES EN LA DINAMICA DEL UNIVERSO:

POSIBILIDAD DE EXPANSIÓN ACELERADA EN UNIVERSOS CON
CONSTANTE COSMOLOGICA NEGATIVA

GRACIAS



