

O problema da Aceleração Recente do Universo

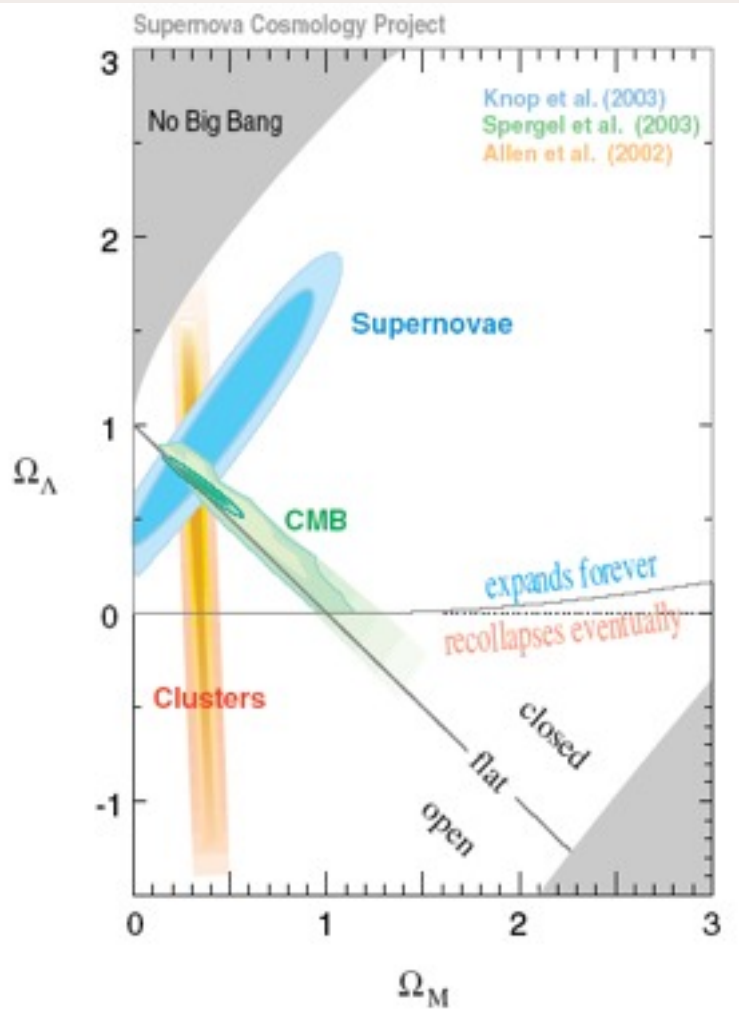
Fábio Cabral
UERN

Universo acelerado

Relatividade Geral :

$$G_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu}$$

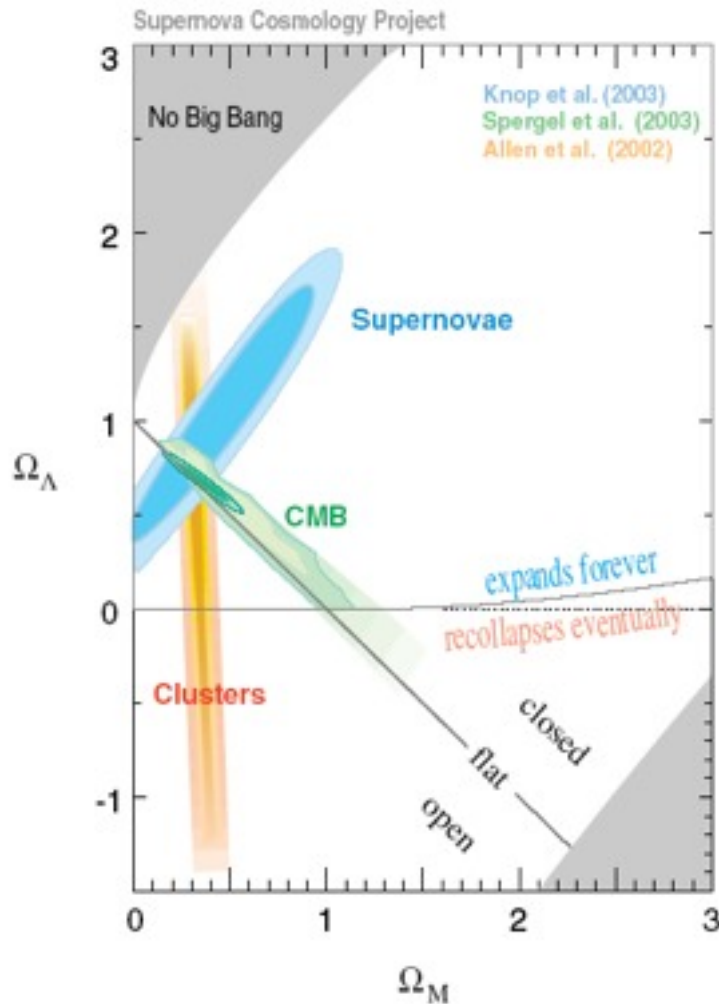
Universo acelerado



Relatividade Geral :

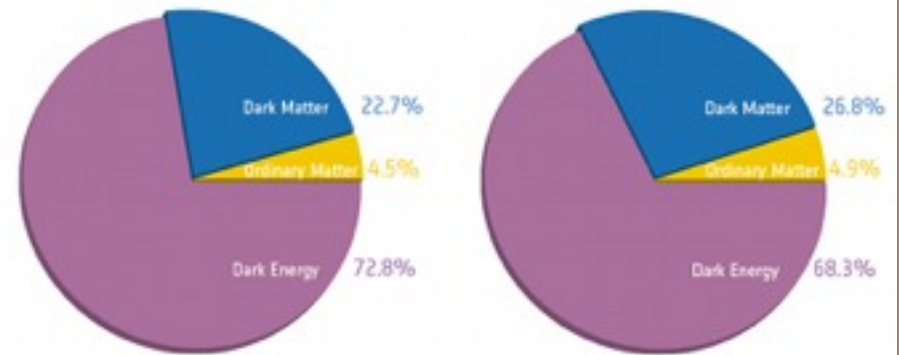
$$G_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu}$$

Universo acelerado



Relatividade Geral :

$$G_{\mu\nu} = 8\pi G T_{\mu\nu}$$



Before Planck

After Planck



O problema da expansão acelerada

O problema da expansão acelerada

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = 8\pi G T_{\mu\nu}$$

O problema da expansão acelerada

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = 8\pi G T_{\mu\nu}$$

gravidade matéria

$\Omega_{tot} \approx 1$ $\Omega_{cluster} \approx 0.3$

The diagram illustrates the components of the Einstein field equations. The left side of the equation, $R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R$, is labeled 'gravidade' (gravity). The right side, $8\pi G T_{\mu\nu}$, is labeled 'matéria' (matter). Below the equation, two density parameters are shown: $\Omega_{tot} \approx 1$ on the left and $\Omega_{cluster} \approx 0.3$ on the right. Two blue arrows point from these parameters towards the equation: one from $\Omega_{tot} \approx 1$ to the 'gravidade' term, and another from $\Omega_{cluster} \approx 0.3$ to the 'matéria' term.

O problema da expansão acelerada

$$F(g_{\mu\nu}) + R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = 8\pi G T_{\mu\nu}$$

gravidade

matéria

$$\Omega_{tot} \approx 1$$

$$\Omega_{cluster} \approx 0.3$$



O problema da expansão acelerada

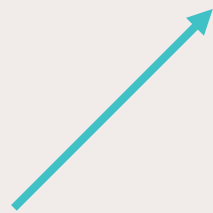
$$F(g_{\mu\nu}) + R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = 8\pi G T_{\mu\nu} + 8\pi G T_{\mu\nu}(\phi; \Lambda)$$

gravidade

matéria

$$\Omega_{tot} \approx 1$$

$$\Omega_{cluster} \approx 0.3$$



O problema da expansão acelerada

$$F(g_{\mu\nu}) + R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = 8\pi G T_{\mu\nu} + 8\pi G T_{\mu\nu}(\phi; \Lambda)$$

gravidade

matéria

$$\Omega_{tot} \approx 1$$

$$\Omega_{cluster} \approx 0.3$$

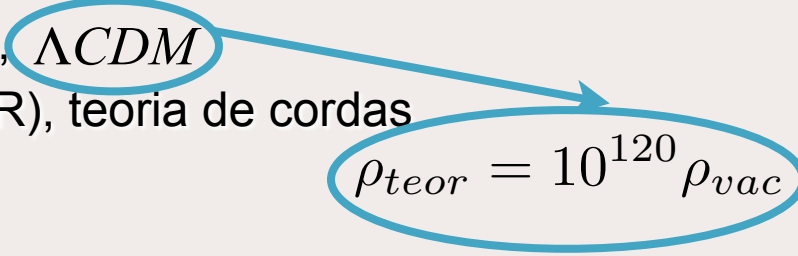
Solução: ou modificamos o setor de matéria \longrightarrow energia escura
ou o setor de Gravidade \longrightarrow teorias $f(R)$, DGP etc

Questões não respondidas

- Qual é a natureza da energia escura?
 - Nenhuma pista até o momento
- Uma componente com pressão negativa é fisicamente aceitável no contexto clássico (não-quântico)?
- Problema da degenerescência de modelos
 - Energia escura: Quintessência, Λ CDM
 - Gravidade modificada: DGP, $f(R)$, teoria de cordas

Questões não respondidas

- Qual é a natureza da energia escura?
 - Nenhuma pista até o momento
- Uma componente com pressão negativa é fisicamente aceitável no contexto clássico (não-quântico)?
- Problema da degenerescência de modelos
 - Energia escura: Quintessência, Λ CDM
 - Gravidade modificada: DGP, f(R), teoria de cordas


$$\rho_{teor} = 10^{120} \rho_{vac}$$

Questões não respondidas

- Qual é a natureza da energia escura?
 - Nenhuma pista até o momento
- Uma componente com pressão negativa é fisicamente aceitável no contexto clássico (não-quântico)?
- Problema da degenerescência de modelos
 - Energia escura: Quintessência, Λ CDM
 - Gravidade modificada: DGP, f(R), teoria de cordas

$$\rho_{teor} = 10^{120} \rho_{vac}$$

Navalha de Occam

Questões não respondidas

- Qual é a natureza da energia escura?
 - Nenhuma pista até o momento
- Uma componente com pressão negativa é fisicamente aceitável no contexto clássico (não-quântico)?
- Problema da degenerescência de modelos
 - Energia escura: Quintessência, Λ CDM
 - Gravidade modificada: DGP, f(R), teoria de cordas

$$\rho_{teor} = 10^{120} \rho_{vac}$$

Navalha de Occam

Existem muitos modelos e até abordagens diferentes que explicam satisfatoriamente os dados

Observação

Observação

- Medidas de distância
 - SNIa
 - BAO
 - CMB Shift Parameter

Observação

- Medidas de distância
 - SNIa
 - BAO
 - CMB Shift Parameter

Degenerescência de modelos

Observação

- Medidas de distância
 - SNIa
 - BAO
 - CMB Shift Parameter
- Medidas de estruturas em larga escala (LSS)
 - Densidade de galáxias
 - Efeito Sunyaev-Zeldovich
 - Efeito de lentes gravitacionais

Degenerescência de modelos

Observação

- Medidas de distância
 - SNIa
 - BAO
 - CMB Shift Parameter
- Medidas de estruturas em larga escala (LSS)
 - Densidade de galáxias
 - Efeito Sunyaev-Zeldovich
 - Efeito de lentes gravitacionais
- Efeito Sachs-Wolfe
 - Evidencia indireta da aceleração

Degenerescência de modelos

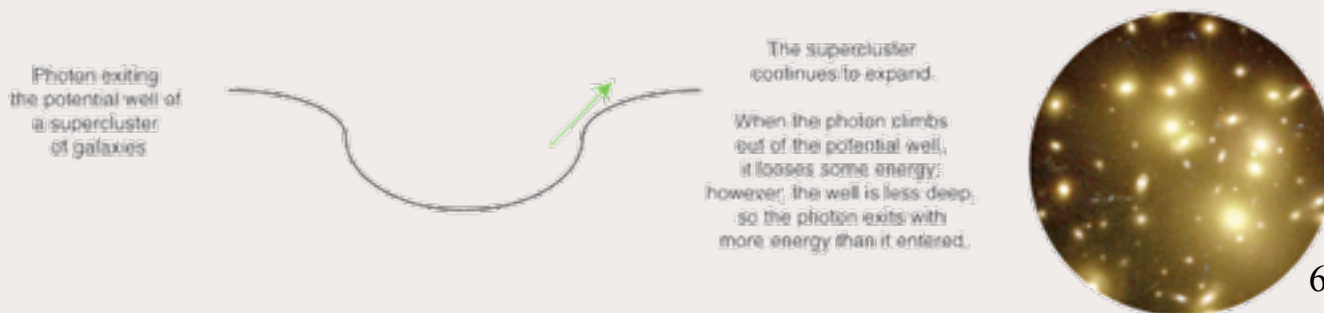
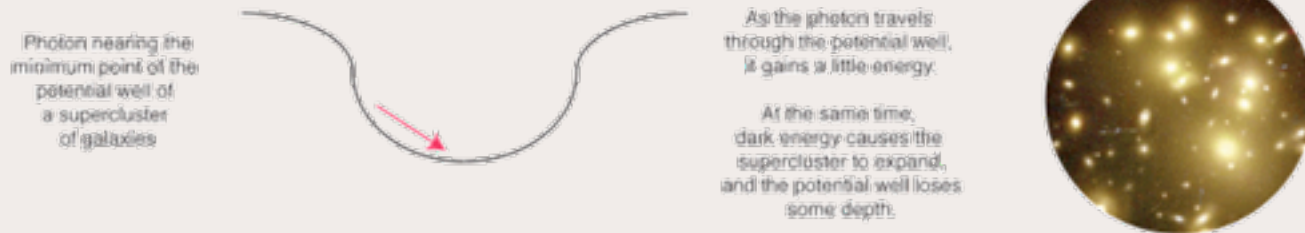
Observação

- Medidas de distância
 - SNIa
 - BAO
 - CMB Shift Parameter
- Medidas de estruturas em larga escala (LSS)
 - Densidade de galáxias
 - Efeito Sunyaev-Zeldovich
 - Efeito de lentes gravitacionais
- Efeito Sachs-Wolfe
 - Evidencia indireta da aceleração

Degenerescência de modelos

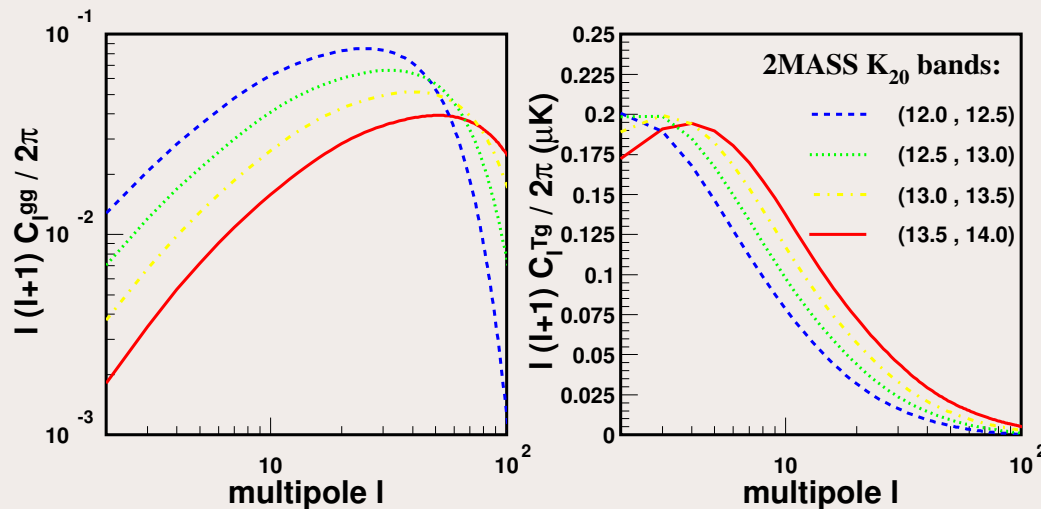
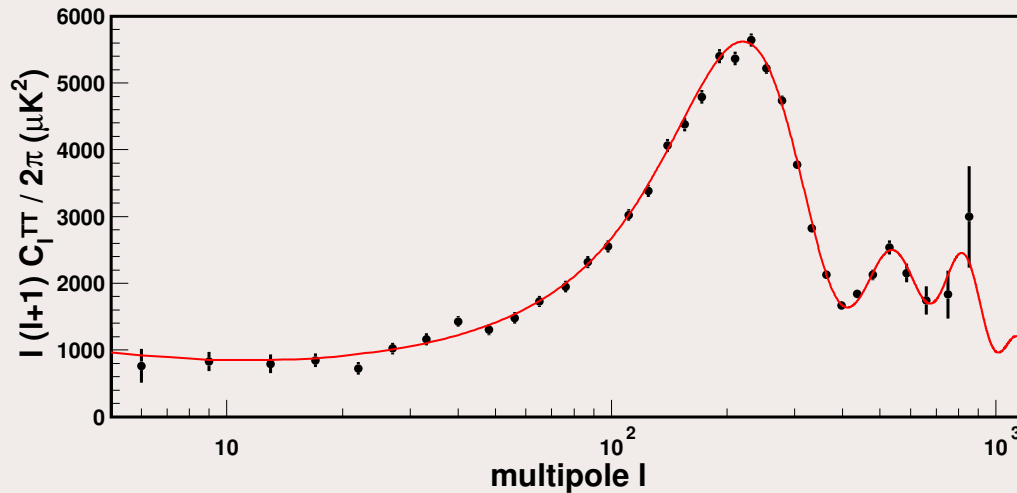
Correlação de LSS com CMB

Efeito Sachs-Wolfe Integrado



2MASS

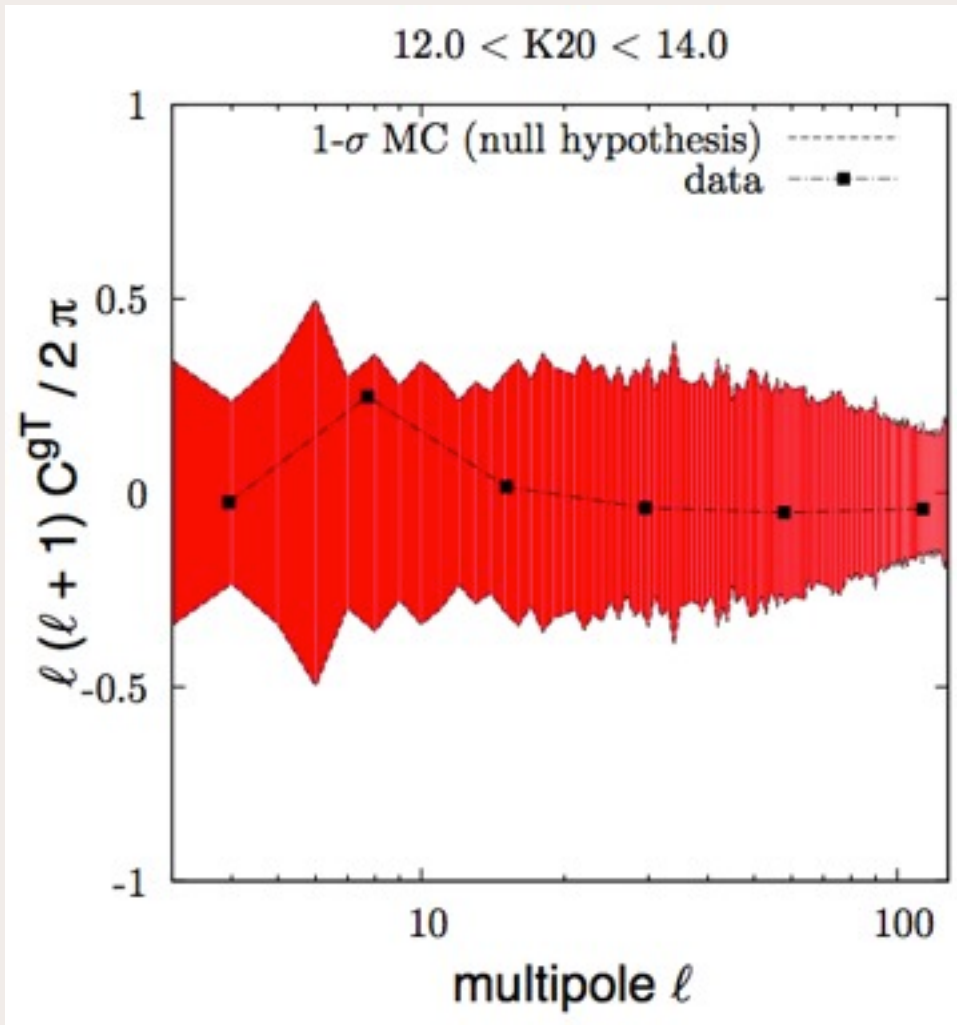
- Espectro de potência angular Λ CDM



Carvalho, Moura,
Wuensche, Paiva
and Lima 2013, in
preparation

2MASS

- Espectro de potência angular Λ CDM



Carvalho, Moura,
Wuensche, Paiva
and Lima 2013, in
preparation

Conclusões

Conclusões

- O Universo passa, atualmente, por uma fase de expansão acelerada que pode ser explicada de duas formas
 - Energia escura
 - Teoria de gravidade modificada -> A aceleração atual do universo teria origem totalmente geométrica

Conclusões

- O Universo passa, atualmente, por uma fase de expansão acelerada que pode ser explicada de duas formas
 - Energia escura
 - Teoria de gravidade modificada -> A aceleração atual do universo teria origem totalmente geométrica
- Testes de distancias
 - Boa qualidade
 - Degenerescência de modelos

Conclusões

- O Universo passa, atualmente, por uma fase de expansão acelerada que pode ser explicada de duas formas
 - Energia escura
 - Teoria de gravidade modificada -> A aceleração atual do universo teria origem totalmente geométrica
- Testes de distancias
 - Boa qualidade
 - Degenerescência de modelos
- Medidas de estruturas em larga escala
 - Poucos dados
 - Qualidade ruins

Conclusões

- O Universo passa, atualmente, por uma fase de expansão acelerada que pode ser explicada de duas formas
 - Energia escura
 - Teoria de gravidade modificada -> A aceleração atual do universo teria origem totalmente geométrica
- Testes de distancias
 - Boa qualidade
 - Degenerescência de modelos
- Medidas de estruturas em larga escala
 - Poucos dados
 - Qualidade ruins
- Futuros surveys: DES, EUCLID
 - SNIa, Clusters, BAO, Lentes Gravitacionais