

William H. Kinney (astro-ph/0301448)

“Not only should
particle physicists
care about cosmology,
but they should care
a lot!”

À Descoberta do Universo

Últimas Teorias

Eef van Beveren

ISAAC NEWTON (Século XVII):

Os objectos
(estrelas e planetas nessa altura)
interagem entre si
pela força da gravidade
e
movem-se dentro de um
Referencial de Inércia
do espaço e do tempo

Ficou assim o Universo do Homem
até ao início do século XX
embora existissem
as filosofias
do

GOTTFRIED LEIBNIZ (Século XVII):

para quem
o espaço e o tempo
surgiram
em consequência das relações
entre os objectos,
o que é o princípio básico
da Relatividade Geral
do

ALBERT EINSTEIN (Século XX)

Duas perguntas:

Porque são
as leis de Física
e as condições do Universo
de tal forma especial
que o Universo se tornou
num lugar acolhedor
para os seres vivos?

Porque,
bilhões de anos após a sua formação,
o Universo está
ainda
cheio de estrutura?

Em vez de se desenvolver
para um estado aborrecido
de equilíbrio térmico uniforme,
o Universo evoluiu para um estado
cheio de estrutura
a basicamente todas as escalas,
da subnuclear até à cosmológica.
Não apenas permitindo seres vivos,
mas ainda deliciando-os
com
uma interminável fonte de surpresas.

GRAVITAÇÃO QUÂNTICA

Como relacionar
a Mecânica Quântica
e
a Relatividade Geral?

Espera-se encontrar
uma teoria unificada da Física
que explique
todos os fenómenos
das escalas mais pequenas
até à escala do Universo.

É mais provável encontrarmos
então
a Teoria da Cosmologia.

INFLAÇÃO

[illegible]

É uma expansão acelerada
para evitar
o colapso do jovem universo.

INFLAÇÃO

Neste curto intervalo
a expansão podia atingir valores
tais que
o tamanho do universo
se duplicasse centenas de vezes.

O suficiente
para transformar um objecto
do tamanho do comprimento de Planck
numa bola de ténis.

Comprimento de Planck $\approx 10^{-33}$ cm

LIVRE CRIAÇÃO DE MASSA

A energia
que representa a massa criada,
através de $E = mc^2$,
é anulada
pela energia negativa
do campo gravítico criado.

Ou seja
cada um de nós
pode criar
o seu próprio universo
de borla.

AS CONDIÇÕES INICIAIS

No interior de um buraco negro
existem provavelmente
as condições
para que
universos bebé
possam ser formados.

UNIVERSOS DIFERENTES

Buracos negros
com propriedades diferentes
geram universos bebé diferentes.

Podíamos chamar genes
àquilo que distingue
um buraco negro
de todos os outros.

Assim,
segundo DARWIN,
há certos universos
que sobrevivem
e outros que não geram
novos universos e portanto morrem.

UNIVERSOS SAUDÁVEIS

Um universo saudável
tem muita estrutura
de que se geram estrelas,
acabando mais tarde
em buracos negros.

Ou seja,
um universo como o nosso.

Mas deve haver muitos outros
tipos de universos saudáveis,
ou COSMOS.

Reserva-se o termo Universo
para tudo que existe.

AS CARACTERÍSTICAS DOS COSMOS

O nosso Cosmo tem quatro dimensões,
contém electrões
que são quase
duas mil vezes mais leves
que os protões,
tem luz com a sua velocidade de luz,
etc.

Será que podem existir cosmos
com outras dimensões,
com electrões mais pesados,
com coisas mais rápidas que a luz?

Provavelmente que SIM.

E O MODELO PADRÃO?

Qual modelo padrão?

O nosso??

Apenas em cosmos como o nosso.

Noutros cosmos deve ser tudo
diferente.

As chamadas constantes da Natureza
dependem dos genes do cosmo,
ou das relações entre os objectos.

QUE TAL O ASPECTO DE UM COSMO VISTO DE FORA?

De fora é apenas
um buraco negro.

No início
ligado
por um tubo de minhoca
ao
cosmo mãe,
o
cosmo bebê
separa-se para sempre
após a fase da inflação.

VIAGENS NO TEMPO

Os tubos de minhoca
permitem-no.

Entra-se num lado do tubo,
vive-se no outro cosmo
e no regresso
ninguém se deu conta disso.

SUPERCORDAS

Uma teoria que podia
eventualmente
relacionar
a Mecânica Quântica
e
a Relatividade Geral.

Procura-se Trabalhadores!
para desenvolver novos métodos

SUPERCORDAS

Uma supercorda
tem as dimensões de
0,000000000000000000000001 vezes
o tamanho de um núcleo.

Suficientemente pequeno
para descrever
o caos quântico
do
espaço-tempo.

Propriedades do nosso cosmo:

1. Homogéneo
2. Isotrópico
3. Plano
4. Velho

Homogéneo e Isotrópico
apenas a escalas grandes.

Ou seja,
a densidade de matéria
para o nosso cosmo determina-se
com unidades de volume de
vários milhões de anos-luz ao cubo.

A homogeneidade do nosso cosmo
deve-se
à época da inflação.

Pequenas flutuações na homogeneidade
deram origem à estrutura
do nosso cosmo:
estrelas e planetas, galáxias,
conjuntos de galáxias.

A radiação de
micro-ondas cósmica do fundo,
reliquia do Big Bang,
é homogénea e isotrópica,
o que prova que o cosmo
inicialmente tinha estas mesmas
propriedades.

As recentes observações de pequenas*
variações
na radiação de
micro-ondas cósmica do fundo
indicam que realmente havia
perturbações na homogeneidade,
após a época inicial
da formação do nosso cosmo,
o que prova a necessidade
da fase de inflação.

$$* \left(\frac{\Delta T}{T} \right)_{\ell=1} \approx 0.1\%$$
$$\left(\frac{\Delta T}{T} \right)_{\ell>1} \approx 0.001\%$$

WIMPs

Para explicar
a planidade do nosso cosmo
assume-se a criação,
logo depois da inflação,
de partículas pesadas (MP):

10^{12} - 10^{19} vezes a massa do próton

No entanto,
não há vestígios destas partículas.

Portanto,
não interagem connosco,
ou interagem fracamente (WI).

OBSERVAÇÃO EXPERIMENTAL de OBJECTOS PESADOS

sinais sísmicos
de algumas passagens
de objectos muito pequenos
e muito pesados,
que atravessaram a Terra
a grande velocidade.

Strange Quark Matter ?

massa: toneladas
dimensão: 0,1 microns
velocidade: 400 km/s

HISTÓRIA DO NOSSO COSMO

10^{-43} s	cordas	?
10^{-38} s	inflação	variações na densidade
10^{-35} s	matéria	WIMPs
10^{-12} s		transições electrofracas
10^{-6} s		interacções fortes
10 s		aniquilação e^+e^-
10^4 anos	radiação	elementos leves asimetria bariónica
$> 10^5$ anos	matéria	estrutura
futuro	inflação	aceleração

É Preciso:

1. Pensamento independente

Como costumava dizer o Albert Einstein:

Levei vários anos
para
esquecer o que me ensinaram

2. Saber fazer contas com supercordas (parece-me ser necessário hoje em dia)

- Isto envolve logo

- geometria diferencial
- relatividade geral
- teoria de grupos
- cosmologia
- interacções fundamentais

3. E ainda

Talvez os genes do nosso Cosmo
sejam exactamente
estes números quânticos
do Modelo Padrão
ou algo equivalente.

Neste caso
não se esqueça de seguir
também
os desenvolvimentos
na decodificação de DNA!

Métrica
de
Friedmann, Robertson e Walker
para um cosmo
homogéneo e isotrópico:

$$ds^2 = dt^2 - a(t)d\vec{x}^2$$

$a(t)$ factor de escala (expansão)

Equação do estado do cosmo (fluido perfeito):

$$p = \omega \rho$$

ρ densidade média do cosmo

p pressão média do cosmo

ω constante de proporcionalidade

Para poeira (pressão $p = 0$): $\omega = 0$

Para radiação: $\omega = \frac{1}{3}$

Das equações de Einstein
para a métrica de FRW
e um fluido perfeito:

1. Equação de Friedmann:

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

$H(t)$ parâmetro de Hubble

G constante da gravidade

k constante de curvatura

2. Equação para a aceleração:

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

Equação para a aceleração:

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

Para pressão positiva:

$$\ddot{a}(t) < 0,$$

expansão desacelerada

Constante de Hubble H_0

$$H_0 = H(t_0)$$

$$t_0 \text{ (idade do cosmo)} \approx 12 \times 10^9 \text{ anos}$$

$$H_0 \approx 0.8 \times 10^{-10} \text{ c/ano-luz}$$

c velocidade da luz

Equação de Friedmann ($t = t_0$):

$$H_0^2 = \left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G}{3} \rho - \frac{k}{a^2}$$

$k < 0$ (cosmo fechado)

$k > 0$ (cosmo aberto)

$k = 0$ (cosmo plano)

densidade crítica: $\rho_c = \frac{3H_0^2}{8\pi G}$

Massa visível $\approx 0.3 \times M_c$

Cosmo plano $\leftrightarrow$ massa escura!

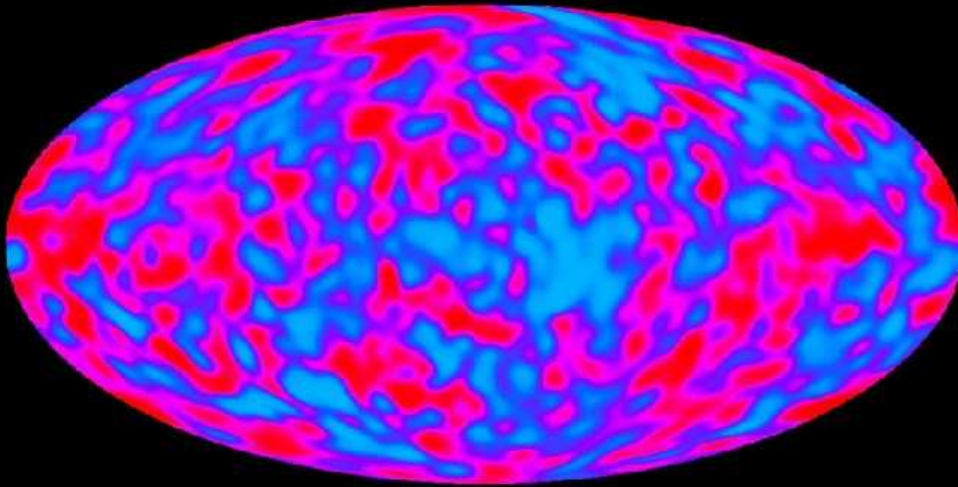
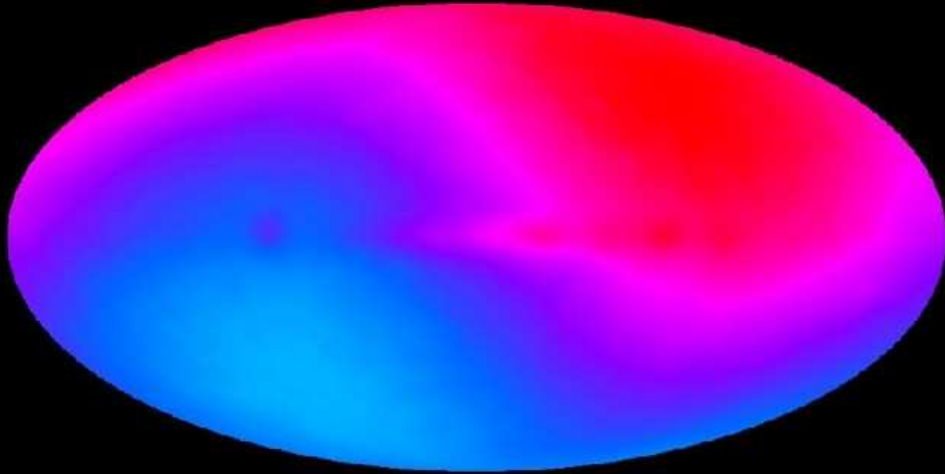
ou

energia do vácuo.

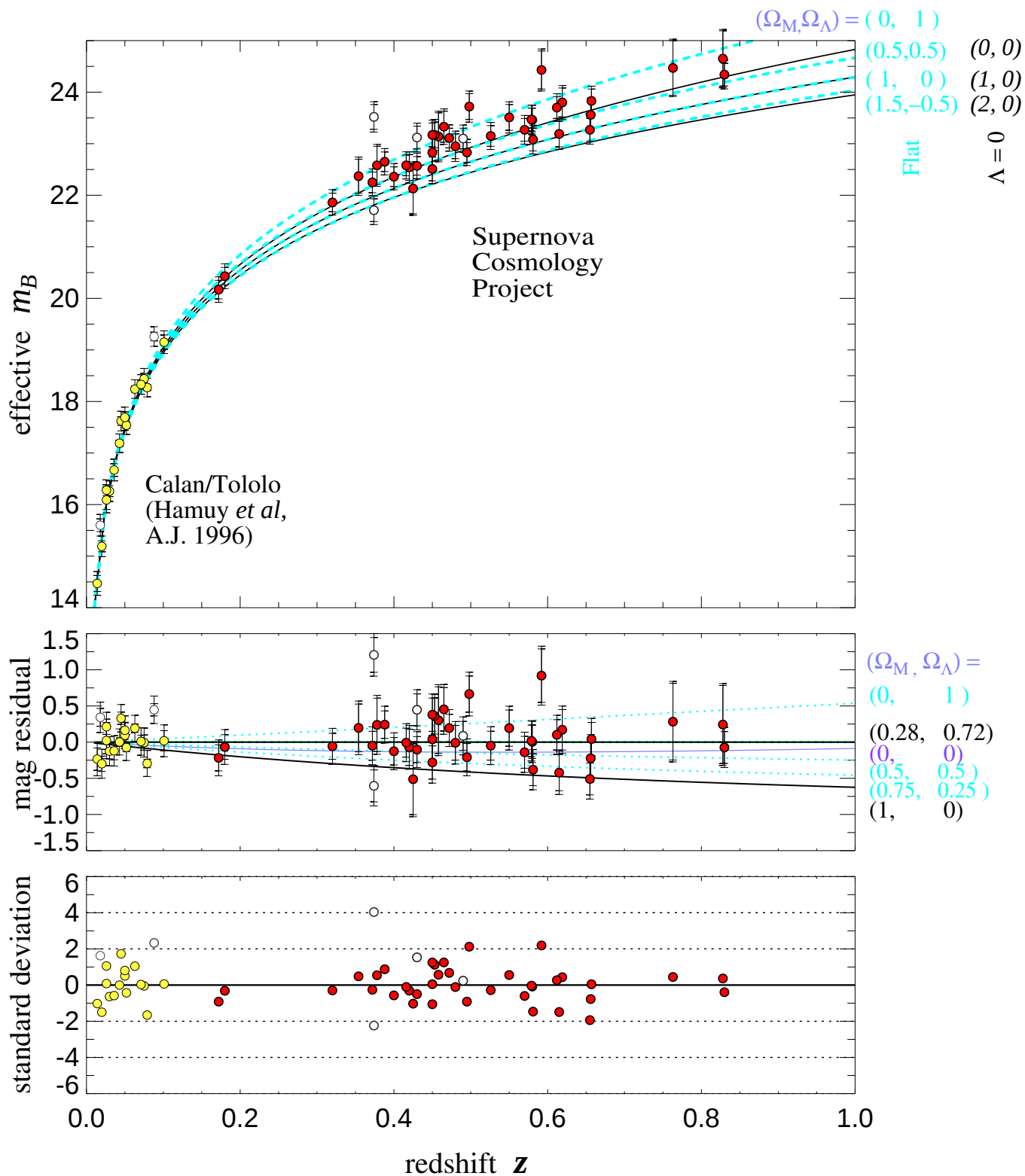


Afinal, inflação outra vez!

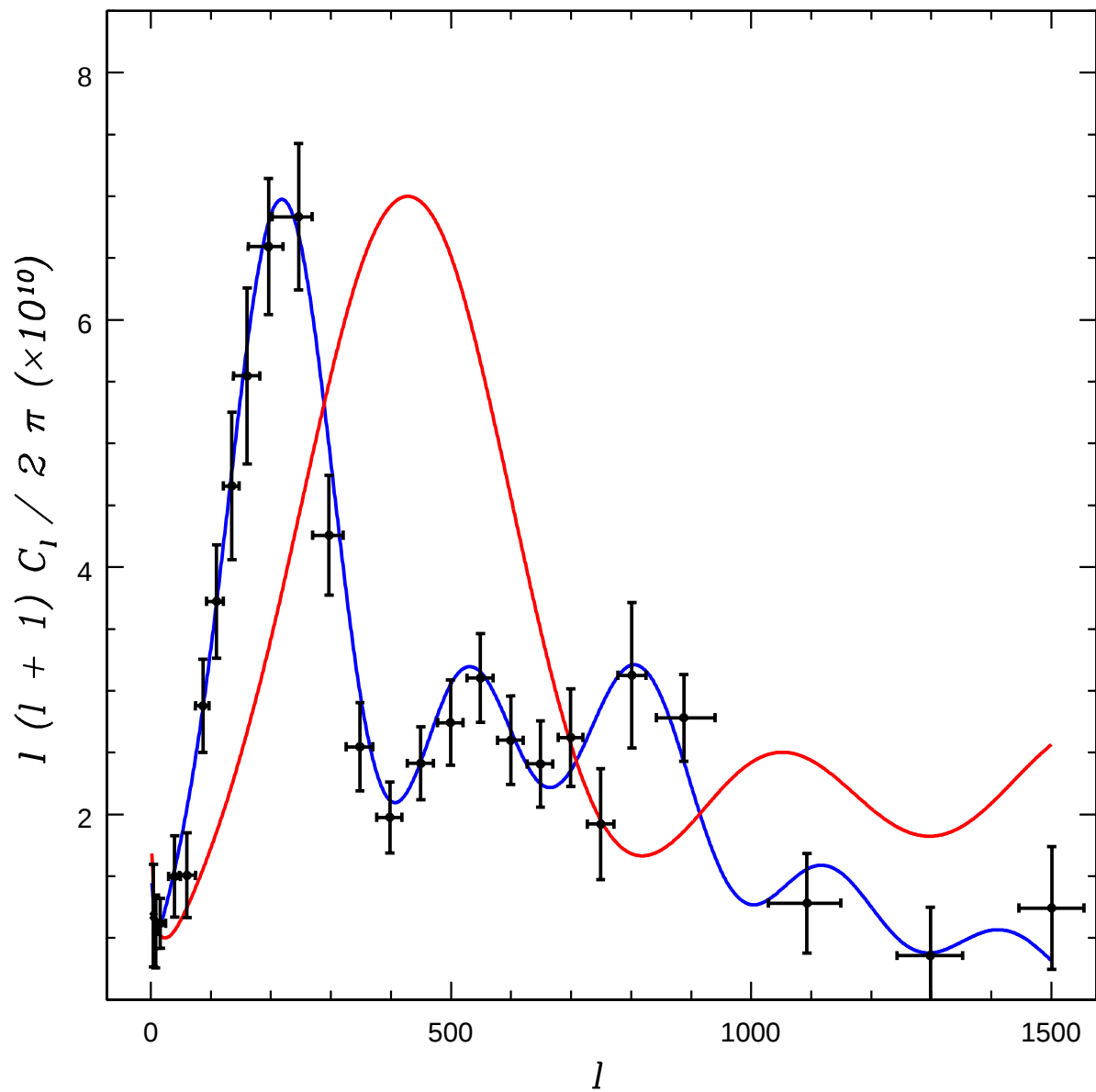
Cosmic Background Explorer



COBE Science Working Group



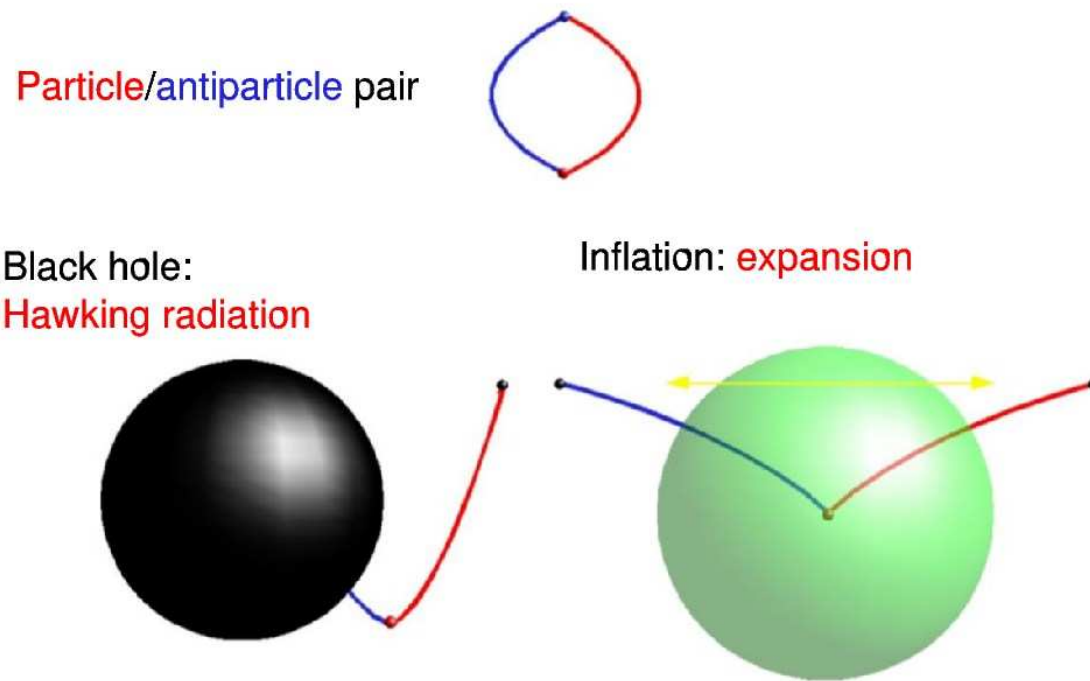
Perlmutter, *et al.* (1998)



$\Omega_M = 0.3$ e $\Omega_\Lambda = 0.7$ (azul)

$\Omega_M = 0.3$ e $\Omega_\Lambda = 0$ (vermelho)

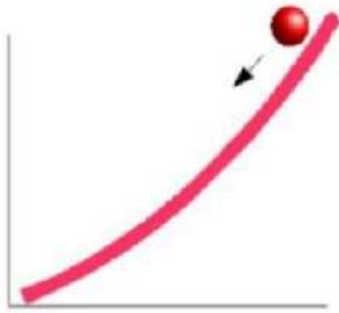
Inflation + QM = Fluctuations



Radiação de Hawking:
Uma das partículas criadas
desaparece dentro do buraco negro.

Inflação:
As partículas desaparecem
além do horizonte da outra
antes de recombinar.

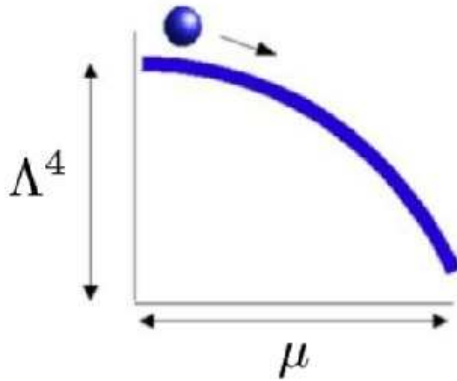
Zoology



Large_field

$$V(\phi) = \Lambda^4 (\phi/\mu)^p$$

$$V(\phi) = \Lambda^4 e^{\phi/\mu}$$



Small_field

$$V(\phi) = \Lambda^4 [1 - (\phi/\mu)^p]$$



Hybrid

$$V(\phi) = \Lambda^4 [1 + (\phi/\mu)^p]$$

A zoologia de modelos
para a inflação.

Literatura:

William H. Kinney, astro-ph/0301448

“Cosmology, inflation, and the physics of nothing”

Dominik J. Schwarz, astro-ph/0303574

“The first second of the Universe”

Alan Guth, Inflação.

Lee Smolin, Gravitação quântica.

Andrei Linde, Baby Universes.

Edward W. Kolb, hep-ph/9910311

“Dynamics of the inflationary era”

David P. Anderson, et al., astro-ph/0205089

Unexplained Sets of Seismographic Station Reports and A Set Consistent with a Quark Nugget Passage