Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Физика космоса

кружок

Занятие 5

Космология в ОТО.

Москва

Классификация космологических моделей. Λ ~= 0

Уравнения Фридмана, полученные в общей теории относительности.

$$\ddot{R} = -4\pi G(\rho + 3p/c^2)R/3 + \Lambda R/3$$

$$\dot{R}^2 = G(R) = \frac{8\pi G\rho_0 R_0^3}{3R} - kc^2 + \Lambda R^2/3$$

Вблизи R=0 космологический член не оказывает влияния. Он имеет значение на больших расстояниях.

Классификация космологических моделей. Λ ~= 0

$$\ddot{R} = -4\pi G(\rho + 3p/c^2)R/3 + \Lambda R/3$$

$$\dot{R}^2 = G(R) = \frac{8\pi G \rho_0 R_0^3}{3R} - kc^2 + \Lambda R^2/3$$

$\Lambda < 0$

Что бы скорость была вещественным числом, Вселенная должна быть конечна.

Существует критическое расстояние, при котором скорость расширения становится равной нулю: *G(R)=0*.
Поскольку ускорение всегда отрицательно, то Вселенная в некоторый момент времени перейдёт к сжатию.

Решением уравнения Фридмана оказывается модель пульсирующей Вселенной.

Классификация космологических моделей. Λ ~= 0

$$\ddot{R} = -4\pi G(\rho + 3p/c^2)R/3 + \Lambda R/3$$

$$\dot{R}^2 = G(R) = \frac{8\pi G\rho_0 R_0^3}{3R} - kc^2 + \Lambda R^2/3$$

$\Lambda > 0$

Если $k \leq 0$, то скорость всегда положительна, Вселенная монотонно расширяется.

Однако $\ddot{R}^2 \sim \Lambda R^2/3$

И решение $R \propto \exp[(\Lambda/3)^{1/2}t]$

Классификация космологических моделей. $\Lambda \sim= 0$

$$\ddot{R} = -4\pi G(\rho + 3p/c^2)R/3 + \Lambda R/3$$

$$\dot{R}^2 = G(R) = \frac{8\pi G \rho_0 R_0^3}{3R} - kc^2 + \Lambda R^2/3$$

$\Lambda > 0$

При k = 1 существует критическое значение Λ, при котором и скорость, и ускорение равны 0.

Из 1-го уравнения

$$\Lambda = 4\pi G\rho$$

Из 2-го уравнения

$$\Lambda = kc^2/R^2$$

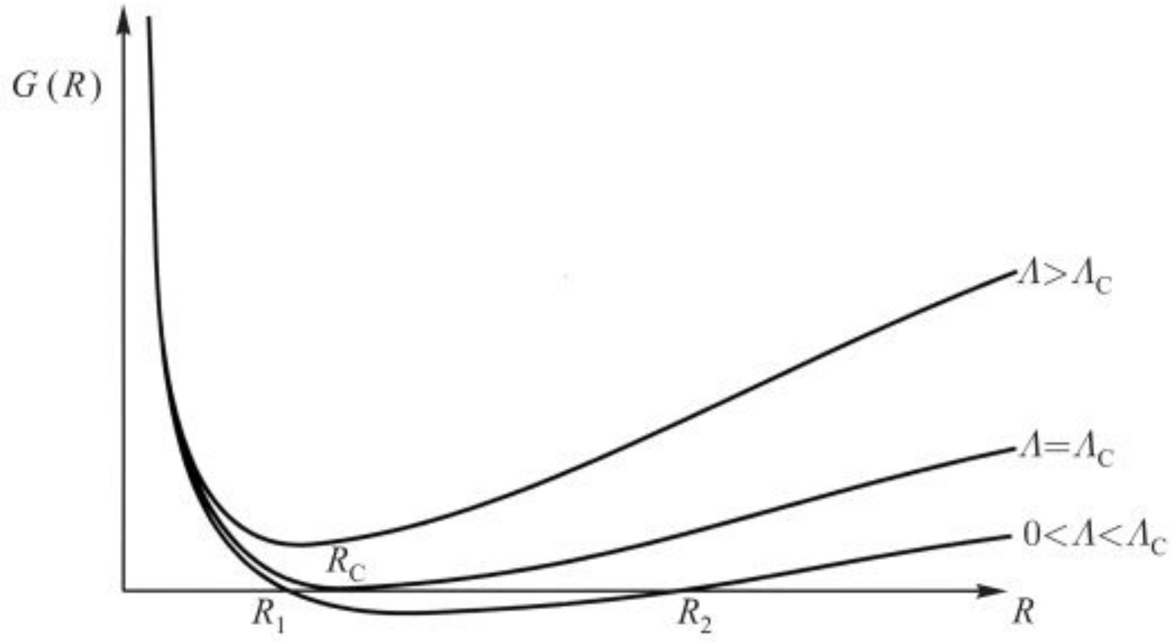
Таким образом, можно говорить о статической модели Вселенной при

$$\Lambda = \Lambda_c = 4\pi G\rho_c = kc^2/R_c^2$$

Классификация космологических моделей. Λ ~= 0

$$\ddot{R} = -4\pi G(\rho + 3p/c^2)R/3 + \Lambda R/3$$

$$\dot{R}^2 = G(R) = \frac{8\pi G\rho_0 R_0^3}{3R} - kc^2 + \Lambda R^2/3$$



$\Lambda > \Lambda_c$

G(R) > 0 при любых *R*, а значит снова модель бесконечно расширяющейся Вселенной

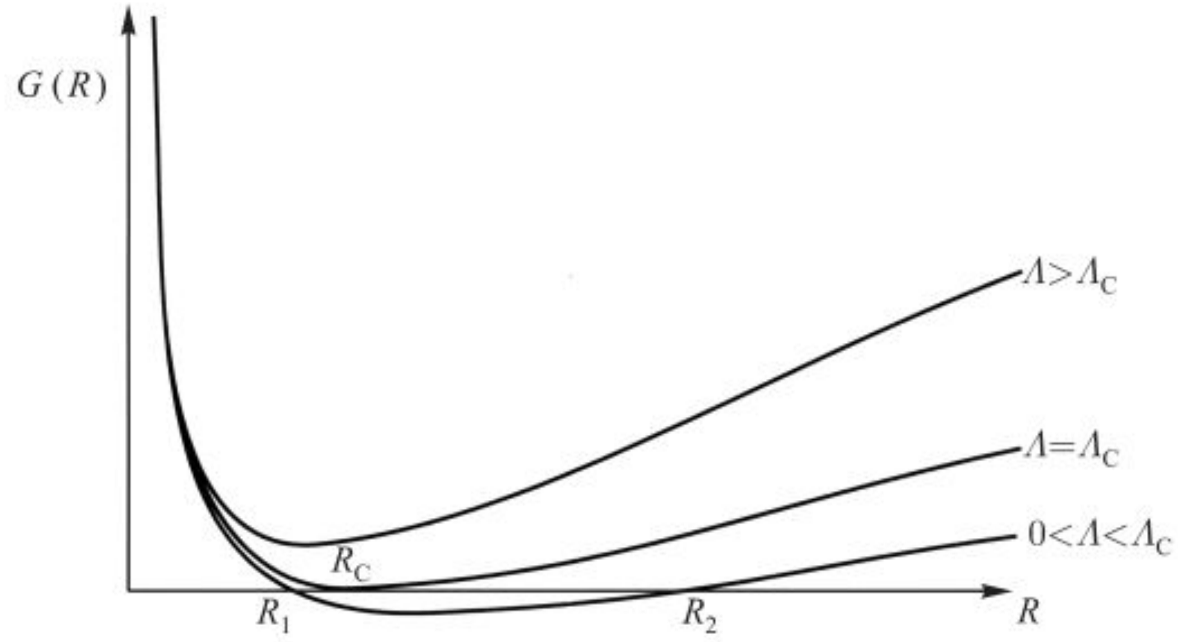
Классификация космологических моделей. Λ ~= 0

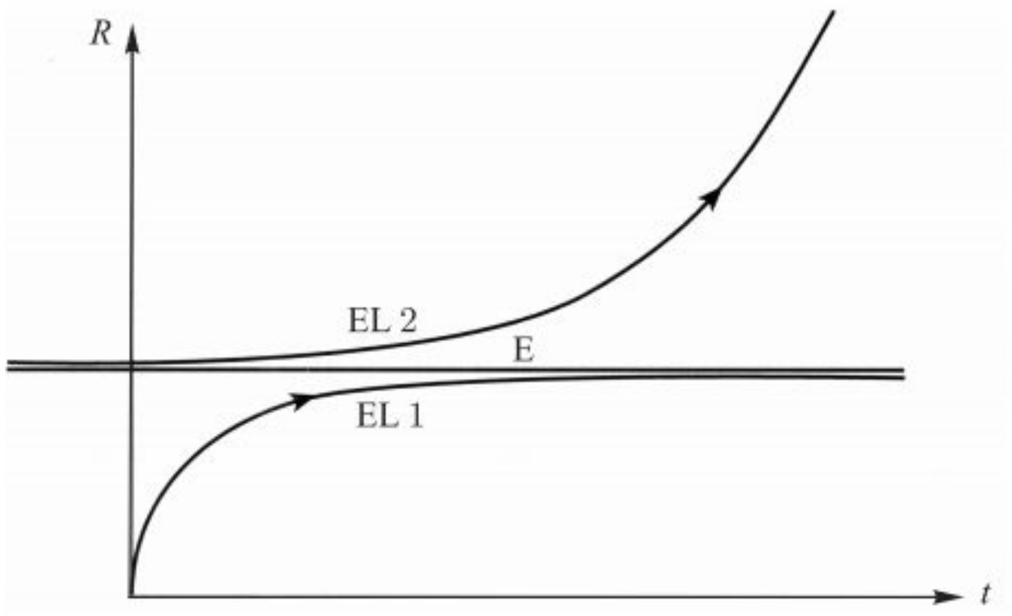
$$\ddot{R} = -4\pi G(\rho + 3p/c^2)R/3 + \Lambda R/3$$

$$\dot{R}^2 = G(R) = \frac{8\pi G\rho_0 R_0^3}{3R} - kc^2 + \Lambda R^2/3$$

$\Lambda = \Lambda_c$

Существуют две асимптотики к статической модели Эйнштейна – модели Эддингтона-Леметра (EL1 и EL2).





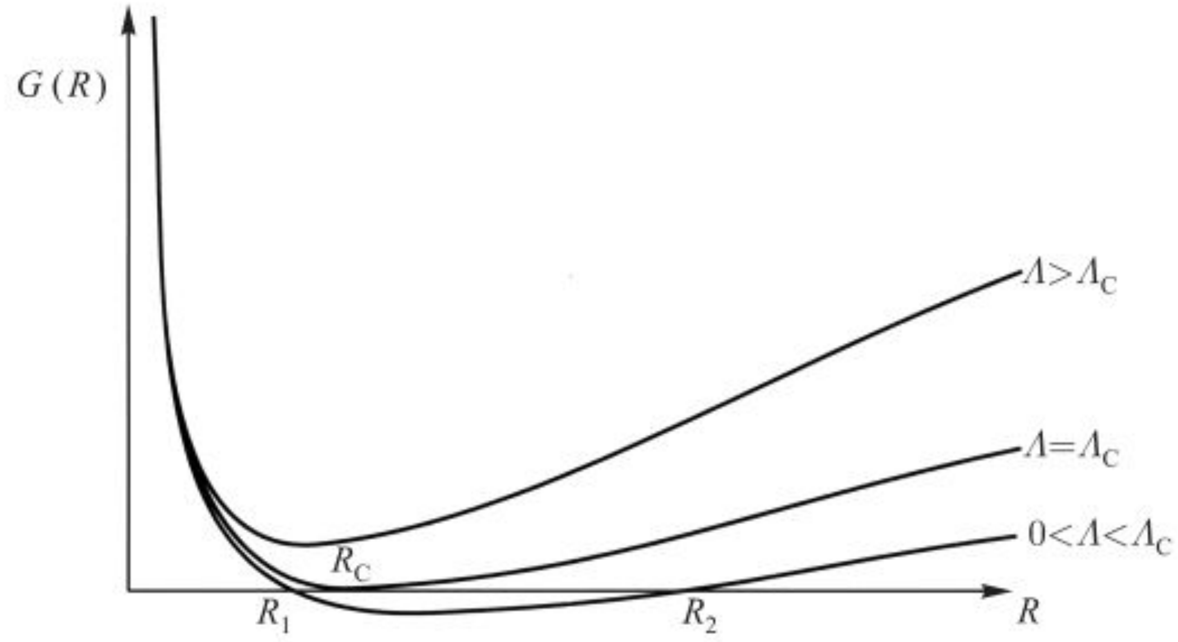
Классификация космологических моделей. Λ ~= 0

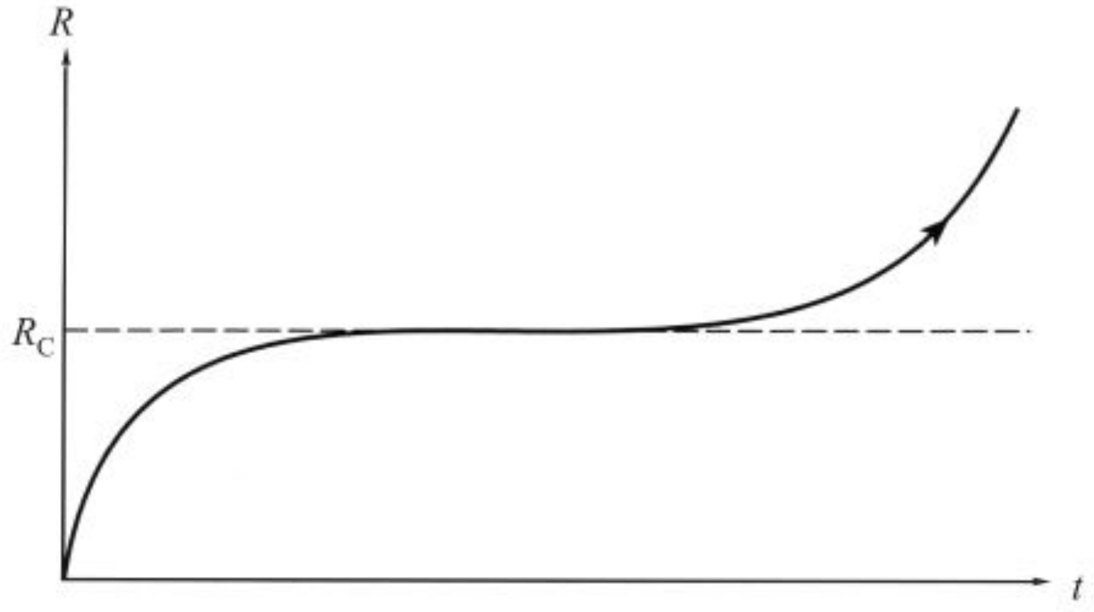
$$\ddot{R} = -4\pi G(\rho + 3p/c^2)R/3 + \Lambda R/3$$

$$\dot{R}^2 = G(R) = \frac{8\pi G\rho_0 R_0^3}{3R} - kc^2 + \Lambda R^2/3$$

$\Lambda = \Lambda_c(1+\square)$

Модель Леметра. Вселенная долгое время остаётся примерно постоянного размера, удерживаясь силами гравитации, но со временем космологическое отталкивание начинает доминировать.





Классификация космологических моделей. Λ ~= 0

$$\ddot{R} = -4\pi G(\rho + 3p/c^2)R/3 + \Lambda R/3$$

$$\dot{R}^2 = G(R) = \frac{8\pi G \rho_0 R_0^3}{3R} - kc^2 + \Lambda R^2/3$$

$\Lambda < \Lambda_c$

Для $R \leq R_1$ решением служит пульсирующая модель Вселенной.

Для $R \geq R_2$ Вселенная «подпрыгивает» под действием космологического отталкивания.