

Физика космоса

кружок

Занятие 5

Космология в ОТО.

Классификация космологических моделей. $\Lambda \approx 0$

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. $\Lambda \approx 0$

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

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

$$\Lambda < 0$$

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. $\Lambda \sim 0$

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

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

$$\Lambda > 0$$

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. $\Lambda \approx 0$

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

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

$$\Lambda > 0$$

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

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

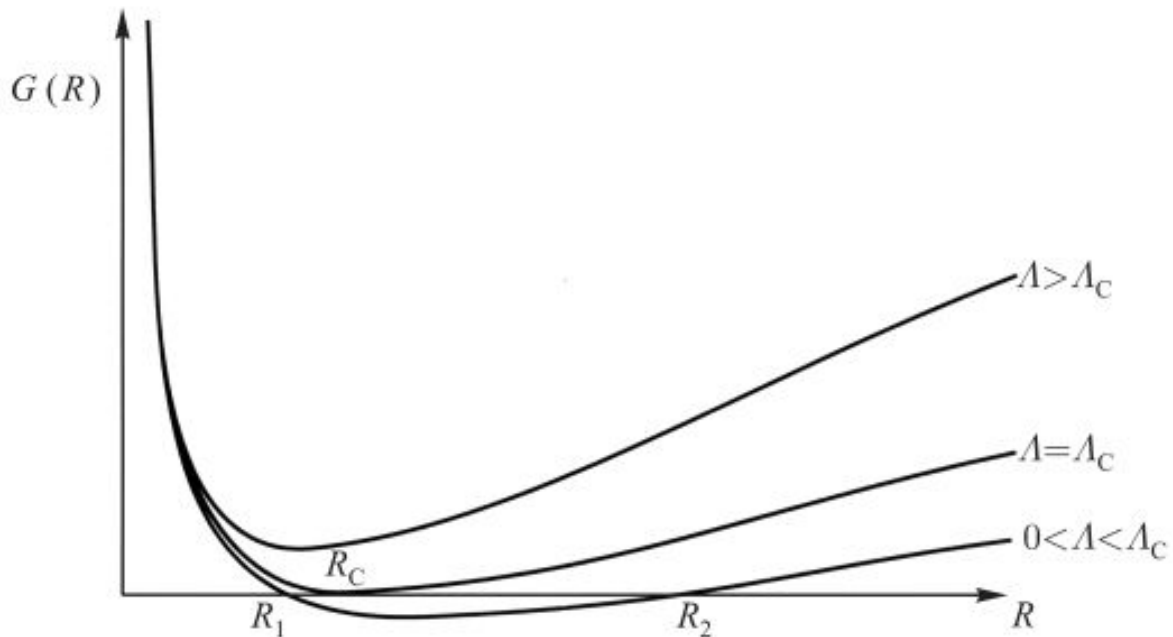
Таким образом, можно говорить о статической модели Вселенной при

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

Классификация космологических моделей. $\Lambda \sim 0$

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

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



$$\Lambda > \Lambda_c$$

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

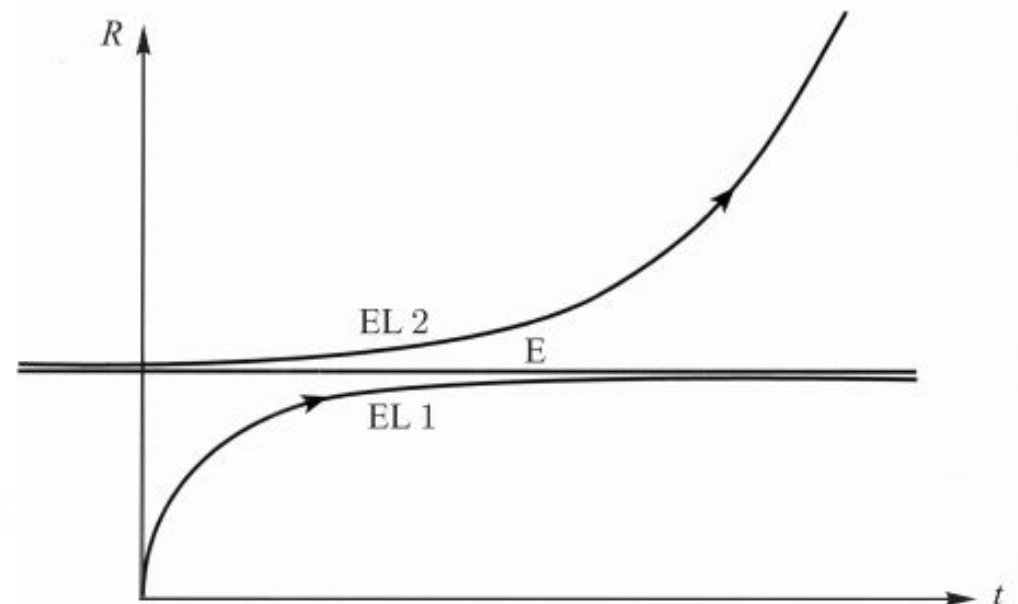
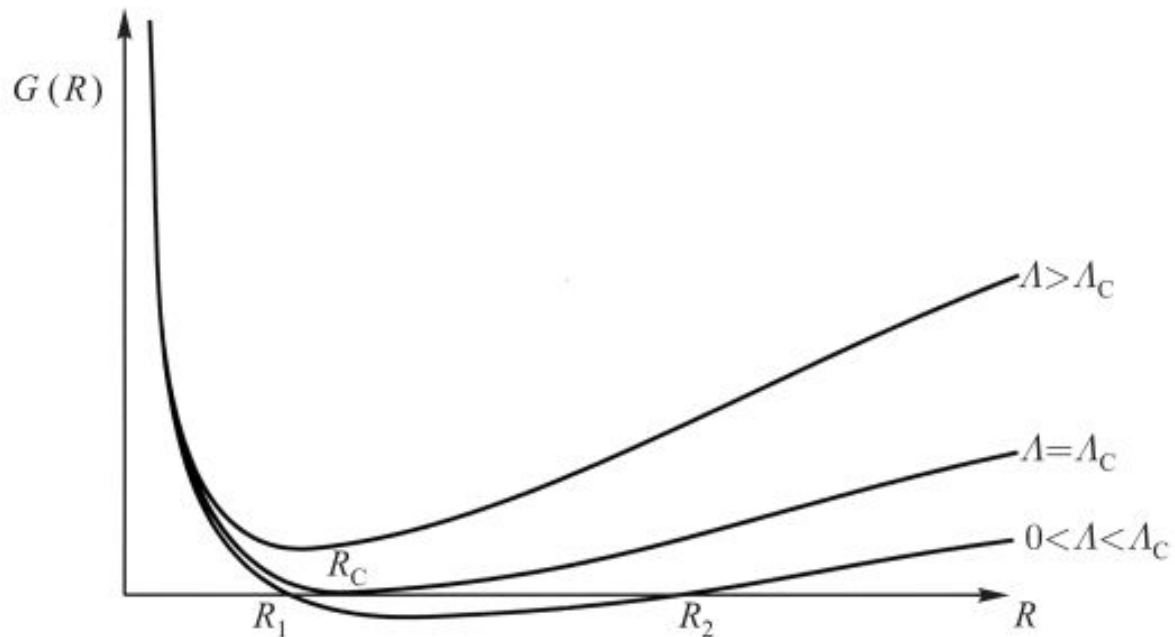
Классификация космологических моделей. $\Lambda \sim 0$

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

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

$$\Lambda = \Lambda_c$$

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



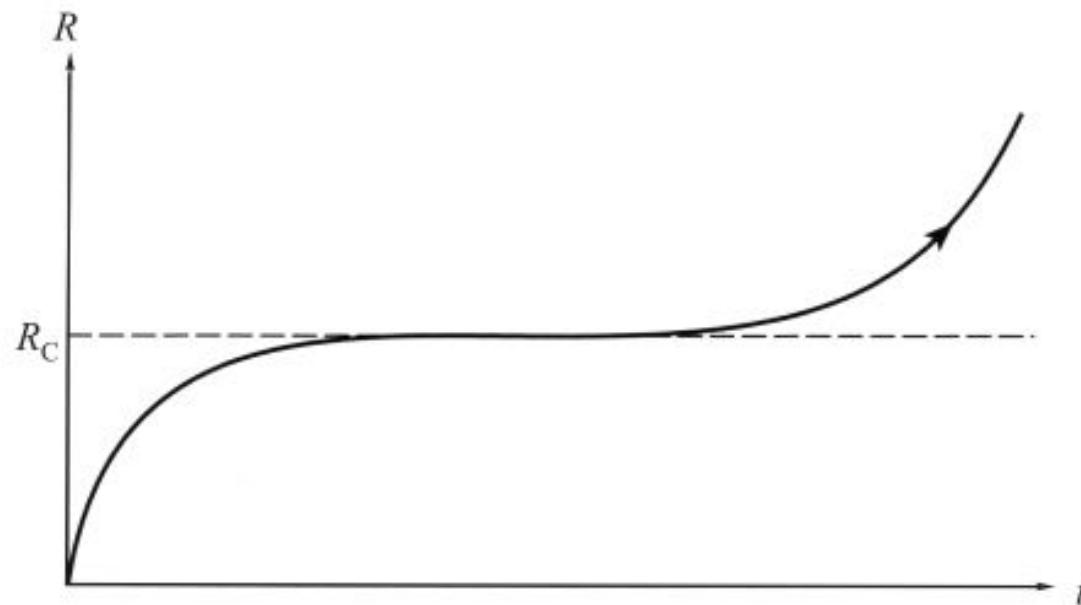
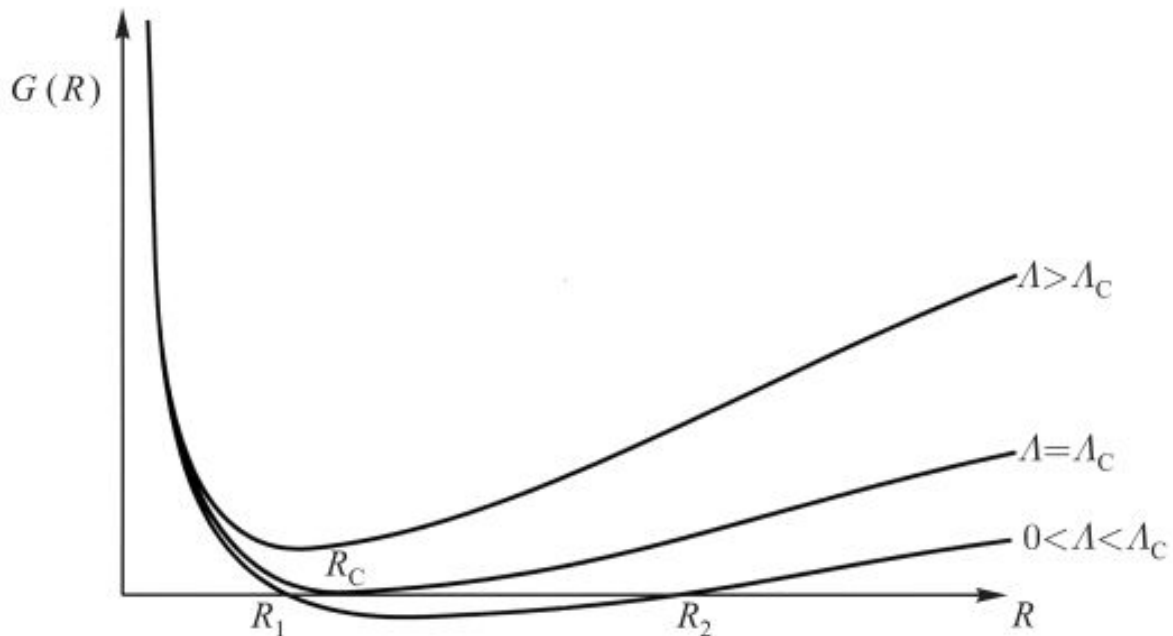
Классификация космологических моделей. $\Lambda \sim 0$

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

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

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

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



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

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

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

$$\Lambda < \Lambda_c$$

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

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

