

Гравитационное линзирование. Начало

1 Тестовое задание

1. Написать функцию (например, на Python) для определения расстояния D_A (*angular diameter distance*) между двумя объектами во Вселенной. Для простоты можно рассмотреть случай плоской Вселенной. Входные параметры: красные смещения z_1 и z_2 , постоянная Хаббла H_0 , плотности материи Ω_m и тёмной энергии Ω_Λ .
2. Построить $D_A(0, z)$, то есть зависимость D_A от наблюдателя на $z = 0$ до изучаемого объекта на красном смещении z .
3. На том же графике построить расстояние из закона Хаббла.

2 Задачи

1. Определить угловой размер галактики, физический размер которой составляет 10 кпк (килопарсек). Пусть галактика находится на $z = 1, 2, 3$ (рассмотреть три варианта). $H_0, \Omega_m, \Omega_\Lambda$ взять из задачи 3.
2. Определить максимальный угол отклонения луча света в гравитационном поле Солнца. Ответ выразить в угловых микросекундах.
3. Определить радиус кольца Эйнштейна для следующей конфигурации: точечный источник находится на красном смещении $z_2 = 1$, в роли линзы выступает галактика с массой $10^{12} M_\odot$ (масс Солнца) на красном смещении $z_1 = 0.5$. Постоянную Хаббла H_0 считать равной 70 км/с/Мпк, $\Omega_m = 0.3, \Omega_\Lambda = 0.7$.
4. Посчитать критическую плотность Σ_{cr} для случая из задачи 3. Ответ записать в $M_\odot/\text{пк}^2$ и в $\text{г}/\text{см}^2$.

3 Формулы

Для точечной линзы массы M и точечного источника запишите уравнение линзы. Выведите/получите следующие величины:

1. Поверхностная плотность $\Sigma(\xi)$, где ξ - это прицельный параметр в плоскости линзы
2. Положения изображений
3. Усиление изображений μ
4. Линзирующий потенциал ψ
5. Запаздывание (time delay) между двумя изображениями как функция положения источника