

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ

Факультет физики

Домашнее задание

Введение в астрофизику, неделя 1

Задание выполнил студент 3 курса
Захаров Сергей Дмитриевич



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Москва
2020

Задача 1

Квазар со светимостью 10^{12} светимостей Солнца находится на расстоянии 300 Мпк. Каким должен быть диаметр телескопа, чтобы можно было увидеть этот источник, считая, что невооруженным глазом (диаметром 8мм) мы видим звезду 6-й величины?

Решение

Сперва запишем общую формулу для работы со звездными величинами:

$$m_1 - m_2 = -2.5 \lg \left(\frac{E_1}{E_2} \right) \quad (1)$$

Затем определим абсолютную звездную величину квазара. Для этого в формуле для звездной величины 1 заменим отношение освещенностей на отношение светимостей (это возможно, поскольку абсолютная звездная величина по определению измеряется на фиксированном расстоянии 10 пк). Отсюда получим (принимая, что абсолютная звездная величина солнца примерно составляет 4.83^m) :

$$M_q - M_{\odot} = -2.5 \lg \left(\frac{L_q}{L_{\odot}} \right) \Rightarrow M_q = M_{\odot} - 2.5 \lg \left(\frac{L_q}{L_{\odot}} \right) \approx -25.17^m \quad (2)$$

После этого, зная расстояние до квазара, вычислим его видимую звездную величину, заменив отношение освещенностей в формуле 1 на отношение величин, обратных квадратам расстояния (поскольку освещенность обратно пропорциональна квадрату расстояния до источника):

$$m_q = M_q - 2.5 \lg \left(\frac{r^2}{r_{10\text{пк}}^2} \right) = M_q - 5^m + 5 \lg r \approx 12.22^m \quad (3)$$

Для определения диаметра телескопа учтем, что освещенность пропорциональна площади собирающей поверхности (а та, в свою очередь, квадрату диаметра зрачка или объектива):

$$m_{\text{eye}} - m_q = -2.5 \lg \left(\frac{D^2}{d_{\text{eye}}^2} \right) \Rightarrow D = d_{\text{eye}} \cdot 10^{(m_q - m_{\text{eye}})/5} \approx \boxed{140 \text{ мм}} \quad (4)$$

Сделаем отдельную ремарку про знаки в последней формуле. Поскольку мы смотрим в телескоп глазом, логично, что на выходе из телескопа мы должны получать предельную звездную величину, которую глазом можно увидеть, т.е. указанную $m_{\text{eye}} \approx 6^m$. Ее мы сравниваем с той величиной, которую имеем при наблюдении невооруженным глазом, т.е. с m_q .

Задача 2

Рентгеновский источник испускает излучение на энергии 8 кэВ. Детектор площадью 1 квадратный метр за 10 000 секунд зарегистрировал 100 отсчетов. Определите светимость источника, если расстояние до него 30 кпк.

Решение

Сразу переведем энергию одного фотона в СГС:

$$E = 8 \text{ кэВ} = 1.28 \cdot 10^{-8} \text{ эрг} \quad (5)$$

Запишем поток, который получает детектор:

$$\Phi = \frac{NE}{tS} \quad (6)$$

Здесь N — число фотонов, полученное за время наблюдения, E — энергия одного фотона, t — время наблюдения, S — площадь детектора.

С другой стороны, поток можно расписать через светимость:

$$\Phi = \frac{L}{4\pi r^2} \quad (7)$$

Здесь L — светимость объекта, r — расстояние до него.

Приравняв, получим:

$$L = 4\pi r^2 \frac{NE}{tS} \approx \boxed{1.4 \cdot 10^{33} \frac{\text{эрг}}{\text{с}}} \quad (8)$$