

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ВЫСШАЯ ШКОЛА ЭКОНОМИКИ

Факультет физики

Домашнее задание

Введение в астрофизику, неделя 4

Задание выполнил студент 3 курса  
Захаров Сергей Дмитриевич



НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

Москва  
2020

## Задача 1

На звезде с радиусом 500 000 км и температурой поверхности 5000 К возникло пятно с диаметром 30 000 км и температурой 4000 К. На сколько упадет светимость звезды, если пятно прямо на луче зрения?

### Решение

Воспользуемся определением светимости, чтобы посчитать  $L$  до того, как возникло пятно:

$$L = S \cdot \sigma T^4 \Rightarrow L_1 = 4\pi R^2 \sigma T^4 \quad (1)$$

Возникшее пятно заставляет нас разбить светимость на две: на светимость всей звезды за вычетом одного ее небольшого кусочка и на светимость, собственно, пятна:

$$S_{\text{spot}} = \pi \frac{D^2}{4} \Rightarrow L_2 = \pi \left( 4R^2 - \frac{D^2}{4} \right) \sigma T^4 + \pi \frac{D^2}{4} \sigma T_{\text{spot}}^4 \quad (2)$$

Наконец, найдем изменение светимости как разность  $L_1 - L_2$ :

$$\Delta L = \pi \frac{D^2}{4} \sigma (T^4 - T_{\text{spot}}^4) \approx 1.47 \cdot 10^{29} \text{ эрг} \quad (3)$$

## Задача 2

На звезде происходит вспышка с полным энергосвечением  $10^{34}$  эрг и длительностью 30 минут. Считая светимость постоянной во время вспышки, определить, на сколько звездных величин возрастает блеск звезды, если ее масса равна 0.5 масс Солнца (вся энергия вспышки перешла в оптическое излучение).

### Решение

Предположим, что зависимость светимости от массы следующая:

$$\frac{L}{L_{\odot}} = \left( \frac{M}{M_{\odot}} \right)^4 \Rightarrow L = L_{\odot} \cdot \left( \frac{M}{M_{\odot}} \right)^4 \quad (4)$$

Для звезды в 0.5 масс Солнца показатель 4 выглядит вменяемым.

Предполагаем, что вся энергия вспышки пошла в светимость, тогда:

$$m_1 - m_0 = -2.5 \lg \left( \frac{L + E/t}{L} \right) = -2.5 \lg \left( 1 + \frac{E/t}{L_{\odot}} \cdot \left( \frac{M_{\odot}}{M} \right)^4 \right) = \Delta m \approx -0.025^{\text{m}} \quad (5)$$

## Задача 3

Две звезды имеют светимости по 10 000 светимостей Солнца. Одна из них имеет 8 видимую звездную величину, а вторая - 13-ую. Сравнить параллаксы этих звезд (поглощением света в межзвездной среде пренебречь) и сделать выводы о потенциальной наблюдаемости таких параллаксов с помощью современного оборудования.

---

## Решение

Запишем общую формулу для работы со звездными величинами:

$$m_1 - m_2 = -2.5 \lg \left( \frac{E_1}{E_2} \right) \quad (6)$$

С учетом того, что светимости звезд одинаковые, а освещенность обратно пропорциональна квадрату расстояния до объекта излучения, получим:

$$m_1 - m_2 = 5 \lg \left( \frac{r_1}{r_2} \right) \Rightarrow r_2 = r_1 \cdot 10^{(m_2 - m_1)/5} \quad (7)$$

Для того, чтобы найти  $r_1$ , сравним звезду с Солнцем, учтя теперь, что их светимости отличаются, а освещенность прямо пропорциональна светимости:

$$m_{\odot} - m_1 = 2.5 \lg \left( \frac{r_{\odot}^2}{r_1^2} \cdot \frac{L_1}{L_{\odot}} \right) \Rightarrow r_1 = r_{\odot} \cdot 10^{(m_1 - m_{\odot})/5} \cdot \sqrt{\frac{L_1}{L_{\odot}}} \quad (8)$$

Здесь  $r_{\odot} = 1 \text{ а.е.} \approx 4.84 \cdot 10^{-6} \text{ пк}$  — расстояние от Земли до Солнца;  $m_{\odot} \approx -26.74$  — видимая звездная величина Солнца с Земли,  $L_{\odot}$  — светимость Солнца.

Подставив числа и учтя, что параллакс в секундах равен  $1 / \text{расстояние до объекта в парсеках}$ :

$$\begin{aligned} r_1 = 4293.84 \text{ пк} & \Rightarrow \boxed{\pi_1 \approx 0.00023 \text{ as}} \\ r_2 = 42938.4 \text{ пк} & \Rightarrow \boxed{\pi_2 \approx 0.000023 \text{ as}} \end{aligned}$$

На основании данных о точности измерения параллакса GAIA (а это порядка  $25 \mu\text{as}$ ), делаем вывод, что первый параллакс явно наблюдаемый, а второй находится на границе, и уже не факт, что сможет наблюдаться.