

Для измерения расстояний в астрономии можно использовать формулу Логсона:  $m_0 - m_i = -2,5 \lg \left( \frac{L_0}{L_i} \right)$ ,  $m_0$  - абсолютная звездная величина объекта,  $m_i$  - относительная звездная величина,  $L_0$  - освещенность, создаваемая объектом на расстоянии 10 пк,  $L_i$  - освещенность, создаваемая объектом в точке наблюдения.

$L_i = \frac{W_i}{4\pi R_i^2}$ ; Зависимость освещенности  $L_i$  от светимости объекта  $W_i$  и расстояния до него  $R_i$ :

$$\frac{L_0}{L_i} = \frac{W_i \cdot 4\pi R_i^2}{4\pi R_0^2 \cdot W_i} = \frac{R_i^2}{R_0^2}; \quad R_i - \text{расстояние до объекта}; \quad R_0 = 10 \text{ пк}$$

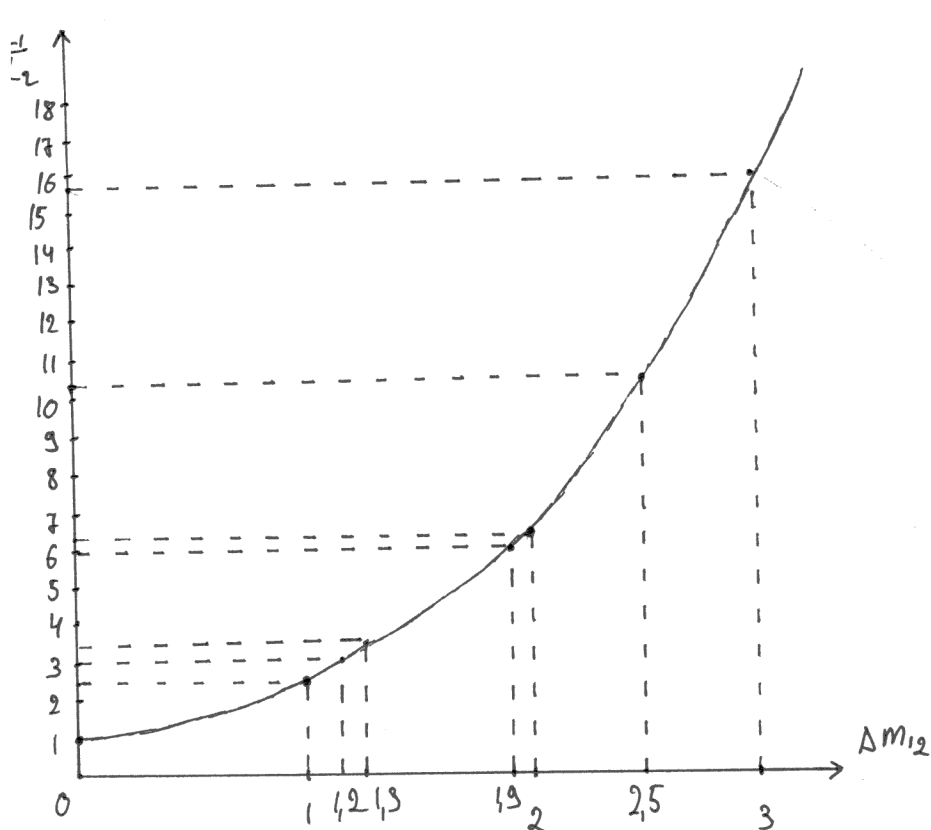
$$m_0 - m_i = -2,5 \lg \left( \frac{R_i^2}{R_0^2} \right); \quad m_0 - m_i = -5 \lg \left( \frac{R_i}{R_0} \right)$$

Плутонность представляет лишь определение  $m_0$ . Но сверхновые типа Ia, которые являются этапом эволюции двойных систем, ~~яв~~ одной из компонент которых является белый карлик, имеют свою особенность. Их абсолютная звездная величина в момент взрыва постоянна и определена.  $m_0 = -19^m$

Теперь необходимо определить ~~видимую~~ звездную величину каждой сверхновой во всем оптическом диапазоне, а не ~~только~~ в отдельных частотах.

В момент взрыва первой сверхновой, 03101, видимая звездная величина по всем трем фильтрам одинакова. Для нахождения суммарной ~~видимой~~ звездной величины можно рассмотреть это как данные 3-х объектов.

Зависимость  $\frac{L_{\Sigma}}{L_i}$  от  $m_0 - m_i$  логарифмическая.  $L_{\Sigma}$  - суммарная освещенность от сверхновой,  $L_i$  - освещенность в каждом фильтре,  $m_i$  - видимая звездная величина в оптическом диапазоне. В отсутствие килькилятора для увеличения точности дифференци можно построить график этой зависимости.



$\Delta m_{1,2}$  - разность звездных величин двух объектов;  $\frac{L_1}{L_2}$  - отношение освещенностей, создаваемых этими объектами

$$\frac{L_1}{L_2} = 2,5^{\Delta m_{1,2}}$$

$\Delta m_{1,2}$	0	1	2	3
$\frac{L_1}{L_2}$	1	2,5	6,3	15,6

Для 1-ой сверхновой полная освещенности в зраке больше освещенностей в каждом фильтре, поэтому видимая звездная величина больше показанной на графике на  $\Delta m_1 = 1,2^m$ . По графику ~~то~~ видимая звездная величина  $m_{ix} = 10^m$ , т.к. разность значений величин, можно взять среднее арифметическое значений

$$m_1 = m_{ix} - \Delta m_1 = 10^m - 1,2^m = 8,8^m$$

Из формулы парсека:  $\lg\left(\frac{R_1}{R_0}\right) = \frac{m_0 - m_1}{-5} = \frac{m_1 - m_0}{5}$ ,  $R_0$  - истинное расстояние

$$\frac{R_1}{R_0} = 10^{\frac{m_1 - m_0}{5}}; \quad R_1 = R_0 \cdot 10^{\frac{m_1 - m_0}{5}}; \quad R_1 = 10 \text{ пк} \cdot 10^{\frac{8,8^m - (-19^m)}{5}} = 10 \text{ пк} \cdot 10^{\frac{27,8}{5}} \approx$$

$$\approx (10 \cdot 10^{5,6}) \text{ пк} \approx 10^{6,6} \text{ пк.}$$

Для определения расстояния до второй сверхновой действия будут теми же самыми. Отличие только в том, что  $L_R \neq L_V \neq L_B$ ,  $L_R, L_V, L_B$  - освещенности в полосах R, V и B соответственно. Для нахождения суммарной видимой звездной величины необходимо выразить два ~~из~~ из этих параметров через оставшиеся.

Выразить будем через  $L_B$ , т.к. он меньше остальных.

$$m_B = 11,8^m$$

$$m_V = ~~10,5~~ 10,5^m$$

$$m_R = 9,9^m$$

Данные по видимым звездным величинам, полученные из графика

$$\Delta m_{BV} = m_B - m_V = 11,8^m - 10,5^m = 1,3^m; \text{ разность видимой звездной величины в B и V}$$

полосах

$$\Delta m_{BR} = m_B - m_R = 11,8^m - 9,9^m = 1,9^m; \text{ разность в B и R полосах}$$

Используя график, построенный на стр. 2, выразим  $L_R$  и  $L_V$  через  $L_B$

$$\frac{L_V}{L_B} = 3,4; L_V = 3,4 L_B$$

$$\frac{L_R}{L_B} = 6; L_R = 6 L_B$$

$$L_{tot} = L_B + L_V + L_R = L_B + 3,4 L_B + 6 L_B = 10,4 L_B; L_{tot} - \text{общая освещенность.}$$

Теперь найдем разность между суммарной видимой звездной величиной  $m_2$  и  $m_B$ .

Обозначим ее  $\Delta m_2$

$$\Delta m_2 = 2,5^m. \text{ Найдено по графику на стр. 2.}$$

$$m_2 = m_B - \Delta m_2 = 11,8^m - 2,5^m = 9,3^m$$

$$R_2 = R_0 \cdot 10^{\frac{m_2 - m_0}{5}}; R_2 - \text{искомое расстояние}$$

$$R_2 = \left( 10 \cdot 10^{\frac{9,3^m - (-1,9^m)}{5}} \right) \text{ ПК} = \left( 10 \cdot 10^{\frac{28,3^m}{5}} \right) \text{ ПК} \approx \left( 10 \cdot 10^{5,7} \right) \text{ ПК} = 10^{6,7} \text{ ПК}$$

Стоит отметить, в том прищипа ~~и~~ стала сильнее размытия в углублениях. Галактика 1 ориентирована "плоско", излучение не поворачивается веществом самой галактики, а межзвездное поворачивание пренебрежимо мало по сравнению с поворачиванием внутри галактики. Галактика 2 повернута ребром, что существенно увеличивает поворачивание света. Излучение в полосе R поворачивается меньше других из-за более высокой проникающей способности.

В связи с этим погрешность измерения расстояния до второй галактики больше, а само расстояние, скорее всего, меньше. Это связано с поворачиванием полосы R. Вторая галактика является Галактикой Андромеды ~~M 31~~ <sup>M 31</sup>, самой близкой галактикой к Млечному Пути.

В задании не сказано явно, как погрешны кривые блеска: из наземной обсерватории или с помощью космического телескопа. Все сделанные выше расчеты описывают второй случай, т.к. не учитывают поворачивание атмосферы, которое в зените составляет  $0,2''$ . Можно посчитать с учетом поворачивания. Пусть кадры получены из Пулковской обсерватории ( $\varphi \pm 60^\circ$ ) в момент верхней кульминации объектов.

$h_i = 90^\circ - |\varphi - \delta_i|$  Высоты объектов близки к  $90^\circ$ ; поворачивание близко к  $0,2''$

$h_1 = 84^\circ$  Погреш:  $R_1 = 10^{6,6}$  ПК

$h_2 = 80^\circ$   $R_2 = 10^{6,7}$  ПК

Погрешность, идущая от атмосферы оказалась много меньше погрешности вычислений, результаты не изменились.

Преобразуем значения к стандартному виду

$$R_1 \approx 4 \cdot 10^6 \text{ ПК}$$

$$R_2 \approx 5 \cdot 10^6 \text{ ПК} \quad (\text{на самом деле меньше, большая часть излучения поворачивается})$$

Если приравнять освещенность V и B полос к R полосе для второй галактики, то  $R_2' \approx 3 \cdot 10^6$  ПК, что, скорее всего, ближе к действительности.

Ответ:  $R_1 = 4 \cdot 10^6$  ПК

$R_2 \approx 3,5 \cdot 10^6$  ПК