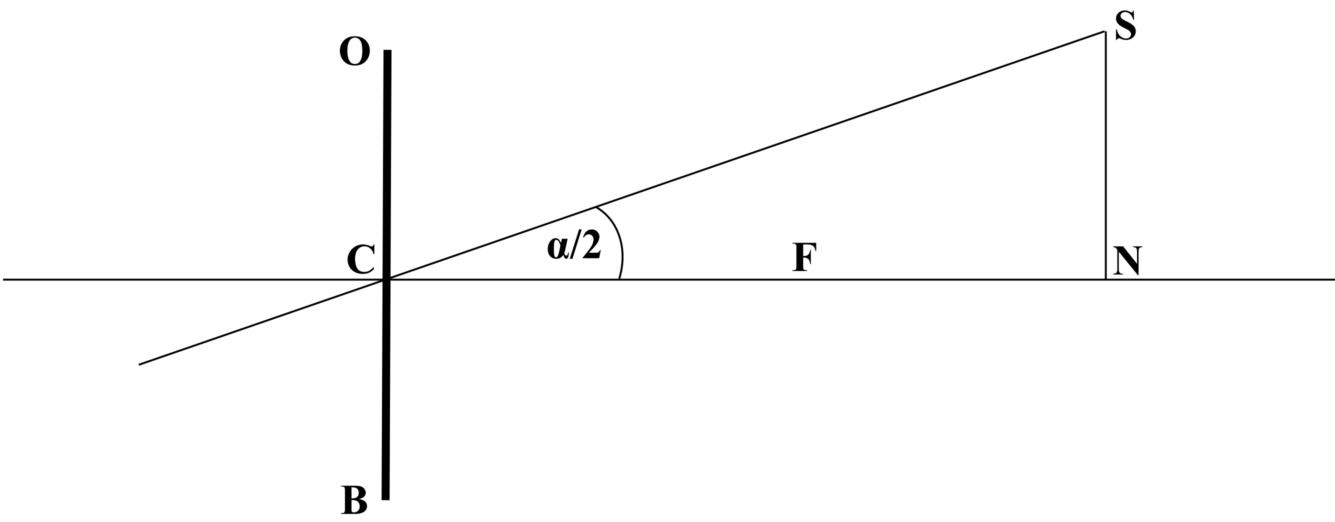
11 класс

1. Уже на интуитивном уровне можно понять, что столкновение двух галактик может сильно изменить их структуру, распределение газа и пыли, взаимное расположение звезд, но не повлияет на планетные системы, так как их размер существенно меньше расстояний между звездами даже в сливающихся галактиках. Этот вывод можно подтвердить и количественно. Предположим, Солнечная система с радиусом 100 а.е. или 0.0005 пк (обозначим через R) прошла через всю галактику Андромеды диаметром 50 кпк (обозначим через L). В этом пути Солнечная система вырежет цилиндр объемом R^2L=0.04 пк^3. Объемная концентрация звезд в диске галактики около одной на кубический парсек, поэтому вероятность близкого (до 100 а.е.) сближения с другой звездой, которое могло бы существенно повлиять на судьбу Солнечной системы, мала.

2. По условию задачи получается, что освещенность изображения Солнца в фокальной плоскости телескопа должна совпадать с освещенностью солнечными лучами объектива этого телескопа, направленного на Солнце. Иными словами, поток солнечного излучения, собираемый объективом телескопа, должен распределяться в фокальной плоскости на такую же площадь, какую имеет сам объектив. Очевидно, что в этом случае изображение диска Солнца в фокусе телескопа должно иметь такие же размеры, что и размеры самого объектива телескопа.



На рисунке выше: OB – объектив телескопа, диаметр которого равен D; линия CN=F представляет собой отрезок оптической оси объектива телескопа, величина которого равна фокусному расстоянию этого объектива; SN – линейный радиус изображения Солнца в фокальной плоскости объектива телескопа; α/2 – угловой радиус Солнца.
Согласно нашему условию, линейный радиус изображения Солнца SN в фокальной плоскости объектива телескопа должен быть равен радиусу этого объектива, т.е.D/2.Соответственно, можно записать:

$$\mathrm{tg}\frac{\alpha}{2} = \frac{SN}{F} = \frac{D}{2F}$$

Учитывая небольшие угловые размеры Солнца, его угловой поперечник можно выражать в радианах, и тогда последнее выражение примет вид:

$$\alpha_{(рад)} = \frac{D}{2F}$$

Откуда искомое относительно отверстие телескопа будет равно:

$$A = \frac{D}{F} = 2\,tg\frac{\alpha}{2} \approx 2\,\alpha_{(рад)} = \frac{1}{114{,}6}$$

Таким образом, фокусное расстояние объектива такого телескопа должно примерно в 115 раз превышать диаметр его объектива (апертуру телескопа).

3. Пусть m_o – истинная звездная величина источника в рассматриваемом диапазоне длин волн; m – измеренная (полученная из наблюдений) звездная величина источника в этом диапазоне длин волн; I_o – истинный блеск источника в рассматриваемом диапазоне длин волн; I – измеренный (полученный из наблюдений) блеск источника в этом диапазоне длин волн.
Из условия задачи имеем:

$$|\Delta m| = |m_o - m| = 0{,}006^m$$

В соответствии с формулой Погсона получим:

$$\frac{I}{I_o} = 2{,}512^{m_o - m} = 2{,}512^{\Delta m}$$

Сделаем следующие несложные преобразования:

$$\left|1 - \frac{I}{I_o}\right| = \left|\frac{I_o - I}{I_o}\right| = \left|\frac{\Delta I}{I_o}\right| = \left|1 - 2{,}512^{\Delta m}\right|$$

Относительная погрешность измерения блеска источника равна:

$$\delta = \left|\frac{\Delta I}{I_o}\right| \cdot 100\% = \left|1 - 2{,}512^{\Delta m}\right| \cdot 100\% = 0{,}55\%$$

4. Расстояние до альфа Кентавра в парсеках, составит:

$$r_{пк} = \frac{4{,}36}{3{,}26} = 1{,}34 \text{ пк}$$

Годичный параллакс звезды, соответственно, будет равен:

$$\pi_{годичный} = \frac{1}{r_{пк}} = \frac{1}{1{,}34} = 0{,}75''$$

Горизонтальный параллакс альфа Кентавра будет меньше ее годичного параллакса во столько раз, во сколько раз радиус земной орбиты больше радиуса Земли:

$R_з$ 6371 км

$$\pi_{\text{горизонтальн}} = \pi_{\text{годичный}} \bullet \frac{}{a_{\text{зем орбиты}}} = 0{,}75'' \bullet \frac{}{1{,}496 \bullet 10^{8}\ \text{км}} \approx$$

$$\approx 3{,}2 \bullet 10^{5}\ ''$$

5. Определим максимальное расстояние, на котором телескопу будут доступны сверхновые звезды с абсолютной звездной величиной, данной в условиях задачи. Это можно сделать, используя выражение т.н. модуля расстояния:

$$M - m = 5 - 5\lg r$$

где M – абсолютная звездная величина объекта, m – его видимая звездная величина, r – расстояние до этого объекта, выраженное в парсеках (пк).
Откуда расстояние составит:

$$r = 10 \bullet 10^{\,0{,}2(m - M)} = 10 \bullet 10^{\,0{,}2(15 - (-17))} \approx 25\ \text{Мпк}$$

Космологические скорости удаления галактик на таком расстоянии можно найти из закона расширения Хаббла:

$$V = Hr = 70\ \frac{\text{км/с}}{\text{Мпк}} \bullet 25\ \text{Мпк} \approx 1760\ \text{км/с}$$

6. Мы в Костроме живем по московскому времени, которое представляет собой декретное время (т.е. время, опережающее поясное на один час) второго часового пояса. Иными словами, московское время есть увеличенное на один час среднее солнечное время центрального меридиана второго часового пояса.
Солнечные часы показывают истинное солнечное время для того географического меридиана, на котором они установлены. Поэтому, чтобы перейти от показаний солнечных часов к принятому у нас времени необходимо учесть три поправки:
- уравнение времени;
- выраженную в часовой мере разницу географических долгот меридиана наблюдателя и центрального меридиана его часового пояса;
- час декретного времени.
Уравнение времени представляет собой разницу между средним и истинным солнечным временем:

$$\eta = T_{\text{ср}} - T_{\text{ист}}$$

Откуда среднее солнечное время в рассматриваемый момент для меридиана Костромы составит:

$$T_{\text{ср}} = T_{\text{ист}} + \eta = 14^{h}00^{m} - 0{,}5^{m} = 13^{h}55^{m}$$

Среднее солнечное время $T_{\text{ср}}$ для географического меридиана с долготой λ может еще быть выражено как:

$$T_{\text{ср}} = T_0 + \lambda^{h}$$

где T_0 – среднее солнечное время на нулевом (гринвичском) меридиане, λ^{h} – выраженная в часовой мере географическая долгота меридиана наблюдателя.
Декретное время $T_{\text{декр}}$ определяется из соотношения:

$$T_{декр} = T_0 + N^h + 1^h$$

где N^h – номер часового пояса наблюдателя.

Если из последнего равенства вычесть предпоследнее и из получившегося выражения выразить $T_{декр}$, получим:

$$T_{декр} = T_{ср} + N^h + 1^h - \lambda^h = 13^h 55^m + 2^h + 1^h - \frac{41^0}{360^0} \bullet 24^h \approx$$

$$\approx 14^h 11^m$$