

### 10 класс

16. Луна движется на фоне звезд за счет ее обращения вокруг Земли, период этого обращения можно принять равным 30 суткам (на самом деле он несколько меньше, но для решения задачи с разумной точностью этой оценки достаточно). Так как видимый угловой диаметр Луны на небе примерно равен  $30'$ , то из условия задачи следует, что за время съемки Луна успела переместиться по отношению к звездам на  $1'$ . Если за 30 суток она проходит  $360^\circ$ , то за одни сутки —  $12^\circ$ , а за один час —  $30'$ . Следовательно, время выдержки составляло 2 минуты.

17. Вычисления, необходимые для получения ответа, существенно упрощаются, если известна средняя плотность Солнца ( $1.4 \text{ г/см}^3$ ). Воспользуемся этим фактом (в противном случае схема решения останется такой же, но понадобится знание некоторых других констант — например, гравитационной постоянной).

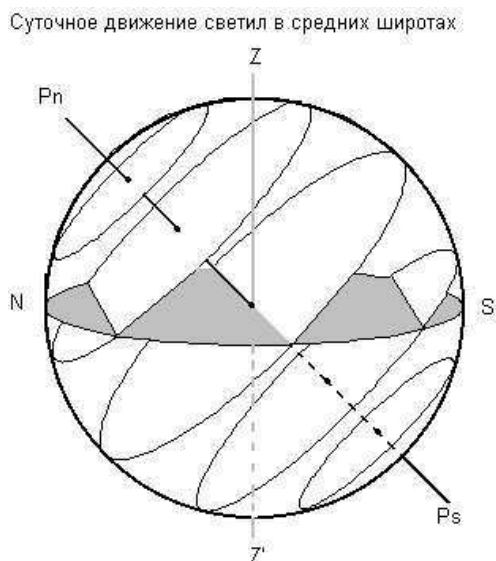
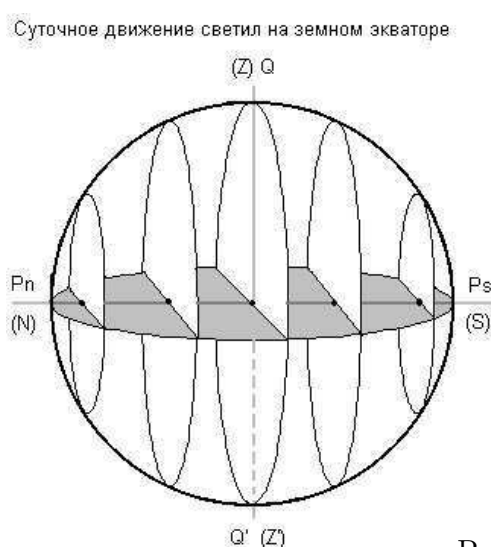
Легко можно заметить, что радиус орбиты планеты мандрапопов составляет  $a = 2/3$  а.е. Орбитальный период  $P \approx 1/2$  года, поэтому можно воспользоваться III законом Кеплера в виде:

$$\frac{a^3}{P^2} = M,$$

где  $P$  выражен в годах,  $a$  — в астрономических единицах, а  $M$  — в массах Солнца. Отсюда получаем, что масса звезды  $M = 32/27$  массы Солнца.

Также легко заметить, что угловой размер звезды на небе мандрапопов в два раза больше, чем угловой размер Солнца — на земном. Отсюда следует, что радиус звезды составляет  $2 \cdot 2/3 = 4/3$  радиуса Солнца. Так как средняя плотность звезды прямо пропорциональна ее массе и обратно пропорциональна кубу радиуса, получаем, что плотность звезды мандрапопов  $32/27 \cdot 27/64 = 1/2$  плотности Солнца, т.е.  $0.7 \text{ г/см}^3$ .

18. На экваторе Земли вращение небесной сферы происходит таким образом (см. рис. 1), что, если не учитывать рефракцию, все светила находятся ровно половину времени над горизонтом, ровно половину — под, следовательно, один (тривиальный) вариант решения — экватор  $0^\circ$  широты.



На других широтах Земли (кроме полюсов, где все светила либо незаходящие, либо невосходящие) ровно половину времени над горизонтом будет проводить звезда, находящаяся на небесном экваторе (склонение этой звезды равно  $0^\circ$ ). Это легко доказать (см. рис. 2). Экватор пересекается с горизонтом в точках востока и запада, находящихся на угловом расстоянии  $180^\circ$  друг от друга, так что звезда, находящаяся на экваторе будет проходить над горизонтом путь, равный половине всего суточного пути. Звезды, движущиеся по другим суточным параллелям будут проходить над горизонтом либо больше, либо меньше  $180^\circ$ , т.е. проводить над горизонтом больше или меньше половины суток.

Звезда приближается к зениту на минимальное расстояние, когда достигает верхней кульминации (наивысшего положения над горизонтом). Рассмотрим рис. 3. Обозначения:  $SN$  — горизонт,  $QQ'$  — небесный экватор,  $P$  — северный полюс мира,  $Z$  — зенит,  $\varphi$  — широта места наблюдения,  $z$  — зенитное расстояние в верхней кульминации.

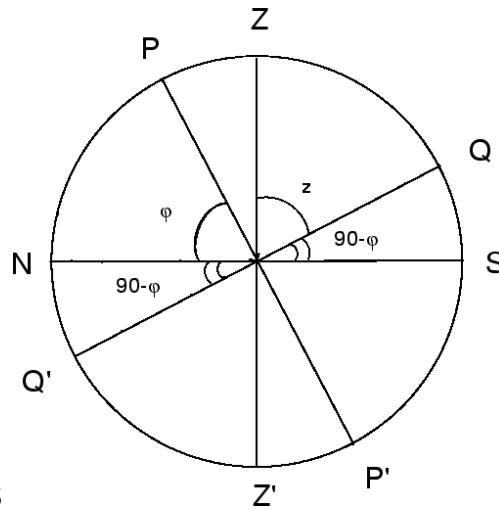


Рис. 3

Из рисунка очевидно, что широта места наблюдения для звезды на экваторе равна зенитному расстоянию этой звезды в верхней кульминации, т.е., в данном случае,  $60^\circ$ . Так как в северном и южном полушариях Земли ситуация симметрична, окончательно получаем три варианта ответа:  $0^\circ$  и  $\pm 60^\circ$ .

19. Очевидно, что если при прочих равных условиях вспышка болида произойдет ближе к поверхности Земли, то астронавт окажется дальше от вспышки и, как следствие, она для него станет менее яркой. Поэтому минимальная высота над поверхностью Земли получится в том случае, если астронавт заметит вспышку на пределе чувствительности невооруженного глаза, т.е. ее звездная величина для астронавта будет равна  $6^m$ .

Тогда разность звездных величин при наблюдении с Земли и с Луны —  $20^m$ . Известно, что изменение на  $5^m$  соответствует изменению освещенности в 100 раз, так что освещенность от вспышки на Земле и на Луне различается в  $10^8$  раз. Также известно, что освещенность обратно пропорциональна квадрату расстояния до объекта, отсюда получаем, что расстояния от вспышки до астронавта и до наблюдателя на Земле различаются в  $10^4$  раз. В этом случае очевидно, что расстояние от вспышки до астронавта можно считать совпадающим с расстоянием от Земли до Луны (это примерно  $4 \cdot 10^5$  км, и тогда высота вспышки над поверхностью Земли — около 40 км).

20. Даже если не помнить, что такое цефеиды, можно вспомнить, что в астрономии вне пределов Солнечной системы есть только три принципиально различных способа определения расстояний — тригонометрический параллакс, всевозможные варианты «метода стандартных свечей» и закон Хаббла. Первый способ чисто геометрический, на него поглощение излучения не может влиять никак, последний требует спектральных наблюдений (а линии в спектре из-за поглощения не сдвигаются), следовательно, обсуждаемый метод каким-то образом связан с соотношением между абсолютной звездной величиной объекта  $M$  и видимой звездной величиной  $m$ . Тогда расстояние до объекта  $r$ , выраженное в парсеках, определяется из известной формулы  $M = m - 5 \lg r + 5$ .

Как поглощение может повлиять на результат? Из-за него должна увеличиться видимая звездная величина  $m$ . Тогда, если наличие поглощения мы не учитываем, мы отнесем галактики на большее, по сравнению с действительным, расстояние. В этом случае, так как угловые размеры галактик определяются непосредственно, линейные размеры галактик также окажутся большими, чем в действительности. Отсюда ответ: вследствие открытия межзвездного поглощения линейные диаметры галактик (точнее, их оценки астрономами) уменьшились.

## Районный тур — Ленинградская область

### 10 класс

41. Вега и Мицар — звезды приполярных созвездий Лиры и Большая Медведица — никогда не заходят в наших широтах. Канопус ( $\alpha$  Киля) — звезда южного полушария и в наших широтах не восходит. Только **Сириус ( $\alpha$  Большого Пса) и Кастор ( $\alpha$  Близнецов)** являются заходящими.

42. Полная Луна видна в полночь, т.е. когда она в противостоянии к Солнцу. Т.к. зимой Солнце днем низко над горизонтом, то Луна ночью высоко. Т.к. Луна обращается вокруг Земли примерно в плоскости эклиптики, то максимальный угол между плоскостью орбиты Луны и плоскостью экватора  $23^\circ.5 + 5^\circ = 28^\circ.5$ . Широта Санкт-Петербурга  $\varphi = 60^\circ$ . Значит, угол между плоскостями экватора и горизонта  $\varphi = 30^\circ$ . Таким образом, максимальная высота Луны над горизонтом  $h = 28^\circ.5 + 30^\circ = 58^\circ.5$ .

43. Расстояния различаются в  $70/5 = 14$  раз. Т.к. видимый блеск обеих звезд одинаков, но при этом обратно пропорционален  $R^2$ , где  $R$  — расстояние до объекта, то светимости звезд отличаются в  $R^2 \approx 200$  раз, т.е. **светимость более далекой звезды больше в 200 раз**.

44. Сила тяжести характеризуется ускорением свободного падения у поверхности планеты, а оно в свою очередь определяется по формуле:

$$g = \frac{GM}{R^2},$$

где  $G$  — гравитационная постоянная,  $M$  — масса планеты,  $R$  — радиус планеты. Масса в свою очередь зависит от плотности как  $M = V \cdot \rho$ , где  $\rho$  — плотность,  $V$  — объем.

$$V = 4/3\pi R^3$$

$$M = 4/3\pi R^3 \cdot \rho$$

$$g = \frac{GM_1}{R_1^2} = \frac{GM_2}{R_2^2}$$

$$\frac{4G\pi R_1^3 \rho_1}{3R_1^2} = \frac{4G\pi R_2^3 \rho_2}{3R_1^2}$$

$$R_1 \cdot \rho_1 = R_2 \cdot \rho_2 \implies R_2 = R_1 \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

Учитывая, что  $\rho_1/\rho_2 = 3$ , получаем  $R_2 = 3R_1$ .

Так как радиус первой планеты равен радиусу Земли, то радиус второй — 3 радиусам Земли. Следовательно, диаметр второй планеты равен 3 диаметрам Земли, т.е. около  $3 \cdot 12\,800 = 38\,400$  км.

45. Геостационарные спутники находятся на такой высоте над поверхностью Земли, что их угловая скорость равна угловой скорости вращения Земли. Т.к. скорость вращения небесной сферы  $360^\circ/\text{сутки} = 15^\circ/1 \text{ час} = 1^\circ/4 \text{ минуты}$ , легко видно, что угловой размер Луны в  $0^\circ.5$  спутник пройдет за 2 минуты, следовательно, **время прохода спутника по диску Луны — 2 минуты**.