

$24''$  за сутки. Во временной шкале это будет  $24''/(15''/c) =$   
 $= 1,6$  секунд времени за сутки.

4. Поскольку Сатурн в 9,54 раза дальше от Солнца, чем Земля, угловой диаметр солнечного диска, наблюдаемого с Сатурна, в 9,54 раза меньше, чем наблюдаемого с Земли:

$\alpha = 32'/9,54 \approx 3,4'$ . Нужно определить, с какого из спутников Сатурна под таким же углом виден диск планеты. Приняв экваториальный диаметр Сатурна равным 120 тыс. км, найдем, что под углом  $3,4'$  он виден с расстояния

$$R = 120 \text{ тыс.км}/\alpha = 120 \text{ тыс.км}/(3,4'/(3438'/\text{рад})) = \\ = 120 \text{ тыс.км} \cdot 3438/3,4 \approx 120 \text{ млн км.}$$

(Заметим, что 3438 – число, которое полезно запомнить: это соотношение между радианом и угловой минутой, или, проще говоря, «число минут в радиане».) Но такого далекого спутника у Сатурна нет, точнее говоря – еще не открыто.

Самый далекий среди известных – Феба – отстоит от Сатурна всего на 13 млн км. Поэтому правильный ответ: либо художник изобразил пока еще неизвестный спутник, либо он просто не задумывался об астрономической достоверности картины.

5. В течение года наклон земной оси практически не изменяется. Именно поэтому одну половину года к Солнцу сильнее обращено северное полушарие, а вторую половину года – южное. В эти периоды года дни там длиннее и, главное, солнечные лучи более отвесно падают на землю и лучше ее нагревают. Это и есть причина смены времен года.

6. Свет далеких звезд, образующих Млечный Путь, очень слаб. При лунном сиянии Млечный Путь не виден.

#### 9 класс

5. Да, может. Для этого планета должна иметь нулевой наклон экватора к плоскости орбиты, а сама орбита должна обладать заметным эксцентриситетом (т.е. должна заметно отличаться от круговой). Тогда сезоны, зависящие только от потока тепла, будут по всей планете определяться лишь ее положением на орбите, а значит, будут везде меняться синхронно.

6. Космонавт для перемещения по станции сначала должен оттолкнуться от стенки и получить при этом ускорение, а потом затормозить у другой стенки – тоже получить ускорение. Если космонавт приобретает ускорение  $a$ , то «все остальное» приобретает ускорение  $am/M$  в противоположном направлении; таким образом, уровень микрогравитации на станции определяется характерной величиной ускорения космонавта и соотношением масс космонавта и станции. Принимая массу космонавта  $m = 70$  кг, получаем  $m/M = 1/2000$ . Оценим характерные величины ускорений космонавтов. Очевидно, что они определяются силами, с которыми космонавты взаимодействуют с корпусом станции. На Земле при ходьбе эта сила составляет  $mg$ . Такая сила ускоряет человека с ускорением  $g$ , а станцию, соответственно, с ускорением  $1/2000g = 500 \mu g \approx 5 \text{ мм}/\text{с}^2$ . Это и есть возможный уровень микрогравитации на станции.

#### 10 класс

1. Поскольку удар упругий, аппарат отскочит от поверхности с той же скоростью, с которой он ударился о нее. Чтобы оценить высоту подъема, необходимо оценить ускорение на поверхности:

$$g = GM/R^2 = G(4/3\pi R^3\rho)/R^2 = 4/3\pi GR\rho.$$

Предполагая, что аппарат отскочит от астероида на небольшую высоту – такую, что изменением величины ускорения

свободного падения можно пренебречь, получаем

$$h = V^2/(2g) = 3V^2/(8\pi GR\rho) \approx 160 \text{ м}.$$

2. Координаты данной звезды – это координаты Солнца в точке летнего солнцестояния. Следовательно, звезда находится на эклиптике. Плоскость эклиптики не меняется со временем, так что звезда всегда будет на эклиптике. Точка весеннего равноденствия, от которой отсчитывается  $\alpha$ , совершает обход эклиптики за 26000 лет навстречу годовому движению Солнца. Поэтому через четверть периода прецессии (6500 лет) звезда будет иметь  $\alpha = 6 \text{ ч} + 6 \text{ ч} = 12 \text{ ч}$ . Точка на эклиптике с таким  $\alpha$  – это точка осеннего равноденствия.

Итак,  $\alpha = 12 \text{ ч}$ ,  $\delta = 0^\circ$ .

3. Для того чтобы видимая звездная величина Солнца увеличилась на  $\Delta m$ , необходимо, чтобы световой поток уменьшился в  $10^{\Delta m/2,5}$  раз, следовательно, наблюдателю надо удалиться от Солнца в  $(10^{\Delta m/2,5})^{1/2} = 10^{\Delta m/5}$  раз. По третьему закону Кеплера квадрат периода обращения планеты пропорционален кубу большой полуоси ее орбиты. Сравнивая нашу гипотетическую орбиту с орбитой Земли, получаем

$$(T_X/T_3)^2 = (R_X/R_3)^3,$$

откуда

$$T_X = T_3 \cdot (10^{\Delta m/5})^{3/2} = T_3 \cdot 10^{3\Delta m/10}.$$

Разность звездных величин Луны и Солнца составляет

$$\Delta m = -12,7 - (-26,8) = 14,1.$$

Тогда

$$T_X = 1 \text{ год} \cdot 10^{3 \cdot 14,1/10} \approx 17000 \text{ лет.}$$

4. 1) Герой романа был в северном полушарии Луны и, разумеется, на видимой ее стороне. 2) Луна была ближе к последней четверти. 3) На фоне Стрельца или (менее вероятно) Змееносца. 4) Скорее всего, была весна – конец марта или апрель.

#### 11 класс

1. Есть несколько способов, хотя все они не очень точные. Наиболее часто используются следующие: а) По светимости ярчайших звезд, которая в свою очередь определяется по их спектральному классу. Для молодых рассеянных скоплений ярчайшими являются голубые сверхгиганты класса O или B, для шаровых – красные гиганты. б) По диаграмме «звездная величина – спектр (или цвет)», совмещая положение главной последовательности на этой диаграмме с ее положением на диаграмме Герцшпрунга–Рессела, построенной для скоплений (или отдельных звезд) с известным расстоянием. в) По цефеидам (если они наблюдаются в скоплении).

5. Видимый угловой размер звезд должен быть меньше разрешающей способности глаза, т.е. линейный размер (диаметр) изображений этих звезд на куполе не должен превышать  $L_0 = \alpha R$ , где  $\alpha$  – разрешающая способность человеческого глаза в темноте (около  $50'' \approx 2,5 \cdot 10^{-4}$  рад),  $R$  – радиус зала планетария. В нашем случае  $L_0 = \alpha R \approx 2,5 \cdot 10^{-4} \cdot 5 \text{ м} \approx 1,25 \text{ мм}$ . Размер изображения одной звезды, получаемого на куполе с помощью оптической системы, определяется двумя параметрами. Первый – чисто геометрический, связанный с оптическим увеличением размера звезды при проецировании ее на купол. Если размер звезды на слайде  $l_0 = 0,1 \text{ мм}$ , то размер изображения  $L = \Gamma l_0 = l_0 R/r$ , где  $r$  – расстояние от упомянутой дырочки в фольге до проецирующей линзы (по формуле линзы,  $1/R + 1/r = 1/F$ ). В нашем случае увели-