

**II Российская олимпиада школьников
по астрономии и космической физике.**

г. Рязань,
12-17 мая 1995 г.

Решения задач теоретического тура.

8-9 класс.

1. Утром, т.к. Земля движется по орбите утренней стороной вперед. На противоположную, вечернюю сторону попадают только те метеорные тела, которые "догоняют" Землю по орбите. Частота попадания метеорных тел на ночную или дневную сторону практически не зависит от движения Земли.

2. Верхняя и нижняя кульминации происходят при пересечении светилом небесного меридиана. При этом возможны два случая:

1. Кульминации происходят по одну сторону точки зенита (то есть для Северного полушария - к северу от точки зенита, а в Южном - к югу). Тогда высота полюса над горизонтом будет:

$$(h_1 + h_2)/2 = (86^{\circ}14' + 43^{\circ}32')/2 = 64^{\circ}53'$$

2. Кульминации происходят по разные точки от зенита. В этом случае высота полюса над горизонтом будет:

$$([180^{\circ} - h_1] + h_2)/2 = (93^{\circ}46' + 43^{\circ}32')/2 = 68^{\circ}39'$$

Широта местности соответствует высоте полюса над горизонтом, при этом для каждого из случаев возможны два варианта расположения обсерватории - в северном и южном полушариях.

Ответ: возможны 4 варианта:

1. $68^{\circ}39'$ с.ш.
2. $64^{\circ}53'$ с.ш.
3. $64^{\circ}53'$ ю.ш.
4. $68^{\circ}39'$ ю.ш.

3. В первом приближении (если считать угловой размер Солнца много меньше углового размера спутника) продолжительность затмения пропорциональна

$$R_{сп}/V_{орб} = R_{сп} \cdot T_{сп}/R_{орб},$$

согласно этим оценкам наиболее продолжительное полное затмение обеспечивает Харон, спутник Плутона. Кроме того, чем больше видимый угловой размер Солнца, тем меньше будет время затмения, что тоже говорит в пользу Плутона.

**II Российская олимпиада школьников
по астрономии и космической физике.**

г. Рязань,
12-17 мая 1995 г.

4. Столь большой период обращения тела (в данном случае – пули) говорит о том, что орбита тела была почти параболической, т.е. полная энергия (кинетическая плюс потенциальная) пули равна нулю, и v_0 – почти II космическая скорость:

$$v_0 \approx (2GM/R)^{1/2},$$

Откуда

$$M \approx v_0^2 R / 2G.$$

Численный ответ:

$$M \approx 4,2 \cdot 10^{21} \text{ кг.}$$

5. Высота Солнца над горизонтом в полдень (максимальная высота) находится по формуле $h = 90^\circ - \varphi + \delta$, где δ – склонение Солнца на данный момент. Сейчас $\delta \approx 18^\circ 30'$. (Оценить эту величину можно различными способами, например, интерполируя δ синусоидой с 21 марта, когда $\delta = 0^\circ$, по 22 июня, когда $\delta = 23^\circ 27'$.) Таким образом, сегодня в Рязани:

$$h = 90^\circ - 54^\circ 37' + 18^\circ 30' \approx 54^\circ.$$

Средний астрономический полдень наступит по Гринвичу в

$$12^h - 39^\circ 44' \cdot (1^h / 15^\circ) \approx 9^h 21^m.$$

Прибавив разницу во времени (летом – 4 часа), получаем по Московскому времени $13^h 21^m$. Поправка, связанная с уравнением времени в середине мая незначительна, около $-3' 40''$. С этой поправкой кульминация Солнца сегодня в Рязани будет в $13^h 17^m$.

II Российская олимпиада школьников
по астрономии и космической физике.

г. Рязань,
12-17 мая 1995 г.

Решения задач теоретического тура.

10-11 класс.

1. Вся поглощаемая астероидами энергия идёт на излучение по закону $E \sim \sigma T^4$

$$\begin{aligned} E_2 = E_1/2, & \quad \text{то есть} & \quad T_2^4 = T_1^4/2 \\ T_2 = T_1/2^{1/4} & & \quad \text{(в Кельвинах)} \\ t_2 = (273 + t_1)/2^{1/4} - 273 & & \quad \text{(в } ^\circ\text{C)} \\ t_2 = -128 \text{ } ^\circ\text{C} & & \end{aligned}$$

2. Примем яркость галактики, лишённой пыли за единицу. Тогда при наличии тонкого слоя пыли, поглощающего втрое, яркость составит

$$1/2 + (1/2)/3.$$

Соответствующая разность звёздных величин равна

$$2,5 \lg(1/2 + 1/6) = 0,44,$$

то есть галактика выглядела бы ярче на 0,44 звёздные величины

3. Пусть v - орбитальная скорость звёзд, а D - расстояние между ними. Тогда согласно эффекту Доплера:

$$\frac{v}{c} = \frac{\Delta\lambda/2}{\lambda}, \text{ откуда } v = c\Delta\lambda/2\lambda$$

а из равенства центростремительного и гравитационного ускорений:

$$v^2/(D/2) = GM/D^2$$

Получаем $D = GM/2v^2 = GM/2(c\Delta\lambda/2\lambda)^2 = 2GM/(c\Delta\lambda/\lambda)^2$

Ответ: $D = 2GM/(c\Delta\lambda/2\lambda)^2 \approx 7,5 \cdot 10^{10} \text{ м}$ (около 0,5 а.е.)

**II Российская олимпиада школьников
по астрономии и космической физике.**

г. Рязань,
12-17 мая 1995г.

4. Столь большой период обращения тела (в данном случае – пули) говорит о том, что орбита тела была почти параболической, т.е. полная энергия (кинетическая плюс потенциальная) пули равна нулю, и V_0 – почти II космическая скорость:

$$V_0 \approx (2GM/R)^{1/2},$$

Откуда

$$M \approx V_0^2 R / 2G.$$

Численный ответ:

$$M \approx 4,2 \cdot 10^{21} \text{ кг.}$$

5. Можно считать, что движение спутника всё время происходит по круговой орбите, а сила сопротивления только уменьшает общую энергию спутника

$$E = -\frac{GMm}{R} + \frac{mV^2}{2}$$

Учитывая, что $V^2 = \frac{GM}{R}$ $E = -\frac{mV^2}{2}$

Изменение полной энергии за один оборот вокруг Земли равно $-2\pi RF$

$$-\frac{mV^2}{2} - 2\pi RF = -\frac{m(V + \Delta V)^2}{2}$$

Важно отметить, что скорость спутника увеличивается, несмотря на уменьшение полной энергии. Учитывая, что $\Delta V \leq V$ и $V = (gR)^{1/2}$,

получаем

$$\Delta V = \frac{2\pi FR^{1/2}}{Mg^{1/2}} \approx 0.018 \text{ м/с}$$