

II Российская олимпиада школьников  
по астрономии и космической физике.

г. Рязань,  
12-17 мая 1995г.

Задачи теоретического тура.

8-9 класс.

1. В какое время суток на данную область земной поверхности (например, Рязанскую область) в среднем выпадает больше метеорного вещества?

2. На какой широте  $\varphi$  может находиться обсерватория "Медведь", если высоты некоторого светила в верхней и нижней кульминациях составляют  $h_1 = 86^\circ 14'$  и  $h_2 = 43^\circ 32'$ .

3. С какой планеты можно наблюдать наиболее продолжительное полное затмение Солнца? Параметры самых больших спутников различных планет даны в таблице.

	$R_{\text{спутн}}$ (КМ)	$R_{\text{орб.}}$ (ТЫС.К)	$T_{\text{спутн}}$ (СУТ)
Луна	1738	384	27.3
Каллисто	2400	1880	16.7
Титан	2575	1222	16.0
Оберон	815	581	13.5
Тритон	1600	395	5.8
Нереида	100	6212	358
Харон	630	19.6	6.4

4. Оцените массу одинокого (то есть находящегося вне Солнечной или другой звёздной системы) астероида круглой формы радиуса  $R = 1100$  км, если пуля, выпущенная из АКМ на его поверхности ( $V_0 = 715$  м/с) возвратилась через время  $\tau = 40$  лет. Астероид находится вдали от других небесных тел.

5. Оцените, на какую максимальную высоту  $h$  над горизонтом поднимется сегодня в Рязани Солнце. В какое время это произойдёт? Географическая широта Рязани  $\varphi = 54^\circ 37'$  с.ш., долгота  $\lambda = 39^\circ 44'$  в.д.

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

г. Рязань,  
12-17 мая 1995г.

**Задачи теоретического тура.**

**10-11 класс.**

1. Два астероида находятся на одном расстоянии от Солнца. Один - тёмный, поглощающий практически всё падающее на его поверхность излучение, второй - светлый, отражающий половину падающей энергии. Первый астероид имеет среднюю температуру поверхности  $-100^{\circ}\text{C}$ . Какова средняя температура поверхности второго?

2. В плоскости симметрии звёздного диска галактики располагается тонкий (по сравнению с диском) слой поглощающего вещества (межзвёздной пыли), который ослабляет втрое проходящий через него свет (идуший к наблюдателю). На сколько звёздных величин галактика выглядела бы ярче, если бы этой пыли не было? Луч зрения не лежит в плоскости галактики.

3. В двойной системе, состоящей из двух одинаковых звёзд солнечной массы ( $2 \cdot 10^{30}$  кг), линии H альфа ( $6563 \text{ \AA}$ ) периодически раздваиваются и их компоненты расходятся на  $1,3 \text{ \AA}$ . Найти линейное расстояние между звёздами, если луч зрения лежит в плоскости орбиты.

4. Оцените массу одинокого (то есть находящегося вне Солнечной или другой звёздной системы) астероида круглой формы радиуса  $R = 1100$  км, если пуля, выпущенная из АКМ на его поверхности ( $V_0 = 715$  м/с) возвратилась через время  $t = 40$  лет. Астероид находится вдали от других небесных тел.

5. Американский искусственный спутник Земли массой  $m = 200$  кг, движущийся по круговой орбите в верхних слоях атмосферы, испытывает сопротивление разреженного воздуха силой  $F = 700$  мкН. Определить, как изменится скорость спутника за один оборот вокруг Земли. Высота полёта спутника над поверхностью Земли мала по сравнению с радиусом Земли ( $R = 6400$  км).

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

г. Рязань,  
12-17 мая 1995г.

**Задача творческого тура**

**8-9 класс**

Предложите обоснованный проект защиты Земли от астероидов и других опасных для жителей Земли небесных тел.

**10-11 класс**

Опишите, как с помощью гравитации планет-гигантов увеличить скорость космического корабля, стартующего с Земли и направляющегося за пределы солнечной системы.

Приблизительно оцените, насколько можно увеличить скорость космического корабля с помощью такого маневра вблизи Юпитера.

Можно ли увеличить скорость космического корабля, направляющегося за пределы Солнечной системы, первоначально направляя его на Солнце, как и насколько?

**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  $\delta$  – склонение Солнца на данный момент. Сейчас  $\delta \approx 18^\circ 30'$ . (Оценить эту величину можно различными способами, например, интерполируя  $\delta$  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

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