

ШИФР 11-20

Олимпиадная работа  
муниципального этапа всероссийской олимпиады школьников

по астрономии

учащегося 11 класса

муниципального бюджетного общеобразовательного учреждения  
«Средняя общеобразовательная школа №16  
с углубленным изучением отдельных предметов»

Левченко Александра Алексеевича  
(ФИО полностью)

Педагог-наставник:

учитель физики

МБОУ «СОШ №16 с УИОП»

(наименование ОУ)

Малашинская Светлана Леонидовна

(ФИО полностью)

1) Дано:  
 $a = 6,97 \cdot 10^3 \text{ км}$   
 $p_1 = 31'$   
 $D_1 = 1 \text{ а.е.}$   
 $D_2 = 5,2 \text{ а.е.}$   
 $p_2 = ?'$

Решение:



Находим угловой размер Солнца при наблюдении с

Таниседа.

Так как Танисед — спутник Юпитера, расстояние до которого пренебрежительно мало в сравнении с расстоянием

от Юпитера до Солнца, то расстояние от Таниседа до Юпитера можно считать примерно равным расстоянию от Юпитера до Солнца.

$$D_2 = \frac{a}{p_2}, [a] = \text{а.е.} \Rightarrow D_2 = \frac{1,496 \cdot 10^8}{149,6 \cdot 10^6 p_2}, [D] = \text{пк} \Rightarrow$$

$$p_2 = \frac{206265 a}{1,496 \cdot 10^8 D_2} \times \frac{1}{2}, \text{ т.к. } a = d = 2r$$

$$p_2 = \left( \frac{206265 \cdot 6,97 \cdot 10^3}{1,496 \cdot 10^8 \cdot 5,2} \right)' \approx 18,48'$$

Ответ:  $18,48'$

|             | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | Сумма |
|-------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
| измерения   | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 34    |
| погрешности | 2       | 2       | 6       | 08      | 16      | 8       | 3       |       |
| Подпись     | Горанов | Горанов | Горанов | Горанов | Горанов | Горанов | Горанов |       |

2) Дано:

$a_0 = 6,97 \cdot 10^5 \text{ км}$   
 $d = 9,5388 \text{ а.е.}$   
 $r = ?$

Решение:



Находим на каком минимальном расстоянии от Сатурна можно наблюдать кольцеобразное затмение Солнца при его соединении с Сатурном.

Когда угловой размер Сатурна совпадет с угловым размером Солнца — при увеличении расстояния от Сатурна станет возможным наблюдать кольцеобразное затмение.

$$D = \frac{a}{p}, p = \frac{a}{D}, p_1 = p_2$$

25

$$\frac{a_0}{D_1} = \frac{a_2}{D_2}, D_1 = r + d, D_2 = r \Rightarrow \frac{a_0}{r+d} = \frac{a_2}{r}$$

$$\frac{206265 a_0}{149,6 \cdot 10^6 (r+d)} = \frac{206265 a_2}{149,6 \cdot 10^6 r}$$

Находим радиус Сатурна.

Пользуясь III законом Кеплера для нахождения его массы.

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} \approx \frac{(M+m_1)}{(M+m_2)} = \frac{a_1^3}{a_2^3}; a_1^3 T_2^2 \approx (M+m_2) = T_1^2 a_2^3 (M+m_1)$$

11-20

$$M + m_2 = \frac{a_1^3 T_1^2 (M + m_1)}{a_1^3 T_1^2}; \quad m_2 = \frac{a_2^3 T_2^2 (M + m_1)}{a_1^3 T_1^2} - M$$

$$M = 1,989 \cdot 10^{30} \text{ кг} = 1989 \cdot 10^{27} \text{ кг}$$

$$m_1 = 5,974 \cdot 10^{24} \text{ кг} = 0,005974 \cdot 10^{27} \text{ кг}$$

$$T_1 = 365,26 \text{ сут} = 31558464 \text{ с}$$

$$T_2 = 29,4581 \text{ лет} = 926987488 \text{ с}$$

$$a_1 = 1 \text{ а.е.} \approx 149,6 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$$a_2 = 9,5388 \text{ а.е.} \approx 1427 \cdot 10^6 \text{ м}$$

$$m_2 = \frac{(1427 \cdot 10^6 \text{ м})^3 \cdot (31558464 \text{ с})^2 (1989 \cdot 10^{27} \text{ кг} + 0,005974 \cdot 10^{27} \text{ кг})}{(149,6 \cdot 10^6 \text{ м})^3 \cdot (926987488 \text{ с})^2} - 1989 \cdot 10^{27} \text{ кг}$$

$$\approx 3,164566 \cdot 10^{27} \text{ кг}$$

$$\rho = \frac{m_2}{V}, \quad V = \frac{m_2}{\rho}, \quad V = \frac{4}{3} \pi a_{0,2}^3$$

$$\frac{4}{3} \pi a_{0,2}^3 = \frac{m_2}{\rho}; \quad 4\pi a_{0,2}^3 = \frac{3m_2}{\rho}$$

$$a_{0,2}^3 = \frac{3m_2}{4\pi\rho}, \quad a_{0,2} = \sqrt[3]{\frac{3m_2}{4\pi\rho}}, \quad \rho \approx 900 \text{ кг/м}^3, \text{ ведь, как известно,}$$

Сатурн — единственная планета Солнечной системы, которая существует в жидкотекучем состоянии внутри

$$a_{0,2} = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 3,164566 \cdot 10^{27} \text{ кг}}{4 \cdot 3,14 \cdot 900 \text{ кг/м}^3}} \approx 0,09434837 \cdot 10^9 \text{ м} = 0,09434837 \cdot 10^6 \text{ км}$$

$$\frac{206265 a_0}{149,6 \cdot 10^6 (r+d)} = \frac{206265 a_{0,2}}{149,6 \cdot 10^6 r}$$

$$(149,6r \cdot 10^6 + 149,6 \cdot 10^6 d) \cdot 206265 a_{0,2} = (206265 \cdot 149,6 \cdot 10^6) a_0 r$$

$$(149,6 \cdot 10^6 \cdot 206265) a_{0,2} (r+d) = (206265 \cdot 149,6 \cdot 10^6) a_0 r$$

$$30857244 a_{0,2} r \cdot 10^6 + 30857244 a_{0,2} d \cdot 10^6 = 30857244 a_0 r \cdot 10^6$$

$$30857244 \cdot 10^6 r (a_{0,2} + d - a_0) = 0 - 30857244 a_{0,2} d \cdot 10^6$$

$$r = \frac{a_{0,2} d}{a_{0,2} + a_0} \quad d = 9,5388 \text{ а.е.} \approx 1427,00448 \cdot 10^6 \text{ км}$$

$$r = \frac{a_{0,2} d}{a_{0,2} + a_0}$$

$$r = \frac{0,09434837 \cdot 10^6 \text{ км} \cdot 1427,00448 \cdot 10^6 \text{ км}}{0,09434837 \cdot 10^6 \text{ км} + 149,6 \cdot 10^6 \text{ км}} \approx 17,01343377 \cdot 10^7 \text{ км} \approx$$

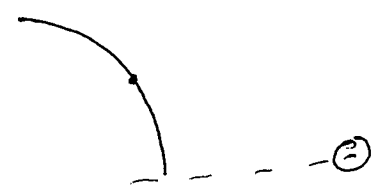
$$\approx 17,013436 \cdot 10^7 \text{ км} \approx 1,13726 \text{ а.е.}$$

Ответ 1,13726 а.е.

3) Имя. З

Дано:  
 День весеннего равноденствия  
 $h_1 = 71^\circ$   
 $\Delta h = ?^\circ$   
 $\varphi = ?$   
 $\delta = ?$   
 $h_{\max} = ?$

Решение:



Находим широту местности.  
 Так как весеннее равноденствие, то

$\delta_1 = 0^\circ \Rightarrow 1$   
 Если северное полушарие:  
 $h_1 = 90^\circ - \varphi$ ,  $\varphi = 90^\circ - h_1$   
 $\varphi = 90^\circ - 71^\circ = 19^\circ$  (с. ш.)

Если южное:  
 $h_1 = \varphi + 90^\circ$ ,  $\varphi = h_1 + 90^\circ$   
 $\varphi = 71^\circ + 90^\circ = 161^\circ$  — не имеет смысла  $\Rightarrow$   
 $\varphi = 19^\circ$  (с. ш.)

Находим наклонное расстояние  $\delta$  от наблюдателя до точки высоты солнца в данной местности в день летнего и зимнего солнцестояния.

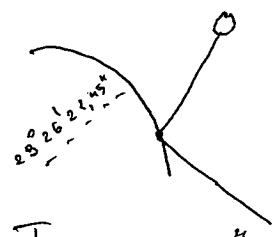
$$\Delta h = h_1 - h_3, \quad h_1 = 90^\circ - \varphi + \delta_1, \quad \delta_1 = 23^\circ 26' 21,45'' \approx 23,44^\circ$$

$$h_3 = 90^\circ - \varphi + \delta_3, \quad \delta_3 = -\delta_1 = -23,44^\circ \Rightarrow$$

$$\Delta h = 90^\circ - \varphi + \delta_1 - (90^\circ - \varphi + \delta_3), \quad \Delta h = \delta_1 - \delta_3$$

$$\Delta h = 23,44^\circ + 23,44^\circ = 46,88^\circ$$

Находим максимальную высоту наблюдателя солнца.



Так как максимальная высота в Северном полушарии солнца достигается в день летнего солнцестояния.

Но широта местности меньше широты северной тропики, из-за чего наблюдательная высота превзойти  $90^\circ$ .

$$h_{\max} = 90^\circ - \varphi + \delta_1$$

$$h_{\max} = 90^\circ - 19^\circ + 23^\circ 26' 21,45'' = 94^\circ 26' 21,45'', \text{ следовательно } h_{\max} = 90^\circ$$

Ответ:  $46,88^\circ$ ;  $19^\circ$ ;  $0^\circ$ ;  $90^\circ$ .

3) Дано:

$$L_0 = 3,88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}$$

$$L = 5000 L_0$$

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}$$

$$R = 1,496 \cdot 10^{11} \text{ м}$$

$$T = ?$$

Решение:

Используем теорию планетарного излучения.

Применяем закон Стефана-Больцмана.

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4; \quad T^4 = \frac{L}{4\pi R^2 \sigma}$$

$$T = \sqrt[4]{\frac{5000 L_0}{4\pi R^2 \sigma}}$$

$$T = \sqrt[4]{\frac{5000 \cdot 3,88 \cdot 10^{26} \text{ Вт}}{4 \cdot 3,14 \cdot (1,496 \cdot 10^{11} \text{ м})^2 \cdot 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}^{-4}}}$$

$$\approx 3321,555 \text{ К}$$

16б

Ответ: 3321,555 К

6) Дано:

$$a_1 = 2,7 \text{ а.е.}$$

$$e_1 = 0,25$$

$$K = \text{const}$$

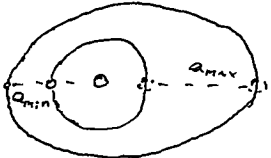
$$a_0 = 1 \text{ а.е.}$$

$$e_0 = 0$$

$$K_{\text{max}} = ?$$

$$K_{\text{min}}$$

Решение:



Найти во сколько раз отличается максимальная приближенность к центру к Земле от минимальной.

Орбита аппарата не круговая (по условию).

Найти минимальное расстояние к Земле и максимальное.

$$a_{\text{min}} = (a_1 - a_1 e_1) - a_0$$

$$a_{\text{min}} = (2,7 \text{ а.е.} - 2,7 \text{ а.е.} \cdot 0,25) - 1 \text{ а.е.} = 1,025 \text{ а.е.} \quad 4б$$

$$a_{\text{max}} = (a_1 + a_1 e_1) - a_0$$

$$a_{\text{max}} = (2,7 \text{ а.е.} + 2,7 \text{ а.е.} \cdot 0,25) - 1 \text{ а.е.} = 2,375 \text{ а.е.} \quad \text{неверно}$$

Предположим, что максимальная приближенность к центру обратно пропорциональна квадрату расстояния.

$$K_{\text{max}} \sim \frac{1}{a_{\text{min}}^2}, \quad K_{\text{min}} \sim \frac{1}{a_{\text{max}}^2} \Rightarrow \frac{K_{\text{max}}}{K_{\text{min}}} \sim \left( \frac{a_{\text{max}}}{a_{\text{min}}} \right)^2$$

Таким образом, максимальная приближенность к центру будет при минимальном расстоянии к Земле.

$$K_{\text{max}} \sim \frac{1}{a_{\text{min}}^2}; \quad K_{\text{min}} \sim \frac{1}{a_{\text{max}}^2} \Rightarrow \frac{K_{\text{max}}}{K_{\text{min}}} \sim \left( \frac{a_{\text{max}}}{a_{\text{min}}} \right)^2 \quad 4б$$

$$\frac{K_{\text{max}}}{K_{\text{min}}} \sim \left( \frac{2,375 \text{ а.е.}}{1,025 \text{ а.е.}} \right)^2 \approx 5,36883$$

Ответ: 5,36883.

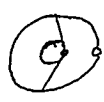
7) Дано:

$$M_{\text{П}} = 6,4 \cdot 10^{23} \text{ кг}$$

$$R_{\text{П}} = 3400 \text{ км}$$

$$a_c = ?; \quad T_{\text{П}} = ?; \quad R_c = ?$$

Решение:



Находим период осевого

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_n} - \frac{1}{T_c}$$

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_n} + \frac{1}{T_c} \text{ — если движение разнонаправленное.}$$

$$S = 32,5 \text{ н (из эфемер)}$$

$$S = 117000 \text{ с}$$

$$D_c = \frac{206265 R_c}{149,6 \cdot 10^6 p}$$

По III закону Кеплера:

$$T_c^2 = \frac{4\pi^2}{GM_n} D_c^3 \Rightarrow T_c^2 = \frac{4\pi^2}{GM_n} \cdot \frac{206265 R_c}{149,6 \cdot 10^6 p}$$

На эфемере есть соответствующие данные: в это время спутник Солн сферически мал.

Время прохождения спутника тени планеты:

$$t = 257 - 107 = 150 = 54000 \text{ с}$$

35

4) Дано:

$$r_0 = 10''$$

$$D = 12 \text{ см}$$

$$F = 60 \text{ см}$$

$$p = 5 \text{ мкм/пик}$$

$$r = ? (\text{пик})$$

СИ

$$0,12 \text{ м}$$

$$0,6 \text{ м}$$

$$5 \cdot 10^{-6} \text{ м/пик}$$

Решение:

Находим расстояние в миксах.

$$\frac{F}{K} = \Gamma = \frac{F}{D}$$

$$T = \frac{0,6 \text{ м}}{0,12 \text{ м}} = 5$$

$$D = \frac{F}{T}$$

$$F = D \cdot T$$

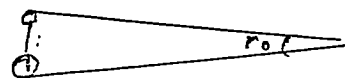
$$D = F$$

$$P = r_0$$

$$\Rightarrow$$

$$r = ?$$

$$r = ?$$



об