

# Титульный лист

призера  
регионального этапа Всероссийской олимпиады школьников  
2021 года по астрономии

Участник	Класс	Количество баллов
Моисеев И.А.	11	15

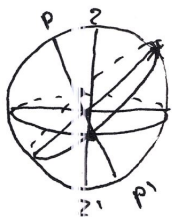
Клас.:	
Зада.ие:	1

Шифр:	A-11-09
Страница:	1

Выполняйте решение только на лицевой стороне бланка.  
При необходимости Вы можете получить дополнительные страницы для решения.

1) Это возможно при широте равной  $90^{\circ}$  с.ш. и  $90^{\circ}$  ю.ш.  
Так как у светила склонение равно нулю, оно будет  
находиться в плоскости небесного экватора, а следовательно  
совпадет с плоскостью горизонта.

2)



Так как на нулевом меридиане  
в северном полушарии звезда находится  
в верхней кульминации (в южном полушарии  
в нижней кульминации) в это время,  
то восходит или заходит (т.е. имеет высоту 0)  
она будет в точках  $90^{\circ}$  в.д. и  $90^{\circ}$  з.д. в любой широте

Важно:  $90^{\circ}$  с.ш.;  $90^{\circ}$  ю.ш.;  $90^{\circ}$  в.д. и любая широта;  
 $90^{\circ}$  з.д. и любая широта

Клас.:	
Зада.ние:	2

Шифр:	A-11-09
Страница:	1

Выполняйте решение только на лицевой стороне бланка.  
При необходимости Вы можете получить дополнительные страницы для решения.

Дано:

$$T_{\text{троп}} = 365.2422 \text{ сут}$$

$$T_{\text{зем}} = 365.2564 \text{ сут}$$

$T_{\text{ас}}$  - период обращения астероида

$$a_{\text{зем}} = 141.6 \text{ млн. км.}$$

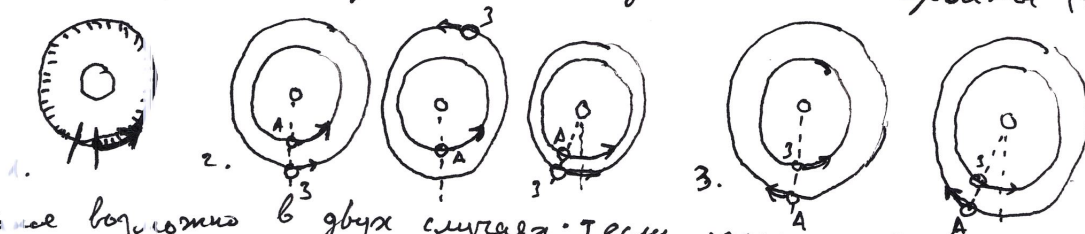
Найти:  $T_{\text{ас}}$  - ?

Синодический период - это время, через которое Земля и объект (астероид) окажутся в следующий раз на наименьшем расстоянии друг от друга.

Так как синодический период астероида меньше периода обращения Земли

( $T_{\text{троп}} < T_{\text{зем}}$ ), то Земля, за это время,

успевает пройти путь меньше длины своей орбиты (1)



Полное водворится в двух случаях: Если радиус орбиты астероида меньше радиуса орбиты Земли, они движутся в одном направлении, и так как при меньшем радиусе оборот совершается быстрее, синодический период будет равен  $T_{\text{ас}} + T_{\text{ас}} \cdot \frac{T_{\text{троп}}}{T_{\text{зем}}}$  (2)

II. Если радиус орбиты астероида больше радиуса орбиты Земли, астероид движется в противоположную Земле сторону, и так как при большем радиусе оборот совершается медленней, синодический период будет равен  $T_{\text{ас}} - T_{\text{ас}} \cdot \frac{T_{\text{троп}}}{T_{\text{зем}}}$  (3)

$$I. T_{\text{ас}} + T_{\text{ас}} \cdot \frac{T_{\text{троп}}}{T_{\text{зем}}} = T_{\text{троп}}$$

$$T_{\text{ас}} \left( 1 + \frac{T_{\text{троп}}}{T_{\text{зем}}} \right) = T_{\text{троп}}$$

$$T_{\text{ас}} = \frac{T_{\text{троп}}}{1 + \frac{T_{\text{троп}}}{T_{\text{зем}}}}$$

$$II. T_{\text{ас}} - T_{\text{ас}} \cdot \frac{T_{\text{троп}}}{T_{\text{зем}}} = T_{\text{троп}}$$

$$T_{\text{ас}} = \frac{T_{\text{троп}}}{1 - \frac{T_{\text{троп}}}{T_{\text{зем}}}}$$

Дополнительный бланк. Заполните все необходимые графы.

Клас:	
Задач:	2

Шифр:	A-11-09
Страница:	2

Выполняйте решение только на лицевой стороне бланка.  
При необходимости Вы можете получить дополнительные страницы для решения.

По третьему закону Кеплера

$$\frac{a_{зем}^3}{T_{зем}^2} = \frac{r_{ас}^3}{T_{ас}^2}$$

Отсюда  $r_{ас}^3 = \frac{T_{ас}^2 \cdot a_{зем}^3}{T_{зем}^2}$

$$I. \quad r_{ас}^3 = \left( \frac{T_{Троп}}{1 + \frac{T_{Троп}}{T_{зем}}} \right)^2 \cdot a_{зем}^3 =$$

$$= \frac{\left( \frac{365.2422 \text{ сут}}{1 + \frac{365.2422 \text{ сут}}{365.2564 \text{ сут}}} \right)^2 \cdot 149.6 \text{ млн км}^3}{365.2564^2 \text{ сут}^2}$$

$$= 8369.85.4431$$

$$r_{ас} = \sqrt[3]{836985.4431} = \underline{94.24 \text{ млн км}}$$

Ответ:  $r_{ас} = \underline{94.24 \text{ млн км}}$

$$II. \quad r_{ас}^3 = \frac{\left( \frac{T_{Троп}}{1 - \frac{T_{Троп}}{T_{зем}}} \right)^2 \cdot a_{зем}^3}{T_{зем}^2}$$

$$= \frac{\left( \frac{365.2422 \text{ сут}}{1 - \frac{365.2422 \text{ сут}}{365.2564 \text{ сут}}} \right)^2 \cdot 149.6 \text{ млн км}^3}{365.2564^2 \text{ сут}^2}$$

$$= 2.215 \cdot 10^{15}$$

$$r_{ас} = \sqrt[3]{2.215 \cdot 10^{15}} = \underline{130354.69 \text{ млн км}}$$

$r_{ас} = \underline{130354.69 \text{ млн км}}$  (можно учесть, что этот радиус  
более чем в 30 раз больше радиуса орбиты Нептуна, и, возможно,  
никого в реальности пройти не может)

Класс:	
Задание:	<b>3</b>

Шифр:	<i>A-11-09</i>
Страница:	<b>1</b>

Выполняйте решение только на лицевой стороне бланка.  
При необходимости Вы можете получить дополнительные страницы для решения.

Класс:	
Задача:	4

Шифр:	A-11-09
Страница:	1

Выполняйте решение только на лицевой стороне бланка.  
При необходимости Вы можете получить дополнительные страницы для решения.

Характеристика	Солнце	Звезда №1 (главная последовательность)	Звезда №2 (сверхгигант)
Масса (в массах Солнца)	1.00		12
Радиус (в радиусах Солнца)	1.00	3.0	868,4
Светимость (в светимостях Солнца)	1.00	79,5	100000
Средняя плотность (кг/м <sup>3</sup> )	1410		$2,592 \cdot 10^{-5}$
Температура поверхности (в К)	5800	10000	3500
Абсолютная визуальная величина	-4,8	0,05	-7,7

Для сверхгиганта:

- 1)  $L$  - светимость  
 $L_{\text{св.}}$  - светимость сверхгиганта  
 $L = 4\pi R^2 \cdot \sigma \cdot T^4$   $\sigma$  - постоянная Стеффана-Больцмана  
 $L_{\text{солн}}$  - светимость Солнца  $R_{\text{солн}}$  - радиус Солнца  
 $T_{\text{солн}}$  - температура св. г.  $T_{\text{св.г.}}$  - температура поверхности  
 $R_{\text{св.г.}}$  - радиус св. г.

$$\frac{L_{\text{св.г.}}}{L_{\text{солн}}} = \frac{4\pi R_{\text{св.г.}}^2 \cdot \sigma \cdot T_{\text{св.г.}}^4}{4\pi R_{\text{солн}}^2 \cdot \sigma \cdot T_{\text{солн}}^4} = \frac{R_{\text{св.г.}}^2 \cdot T_{\text{св.г.}}^4}{R_{\text{солн}}^2 \cdot T_{\text{солн}}^4} = 10^5$$

$$R_{\text{св.г.}}^2 = \frac{10^5 \cdot R_{\text{солн}}^2 \cdot T_{\text{солн}}^4}{T_{\text{св.г.}}^4}; R_{\text{св.г.}} = R_{\text{солн}} \cdot \sqrt{\frac{10^5 \cdot T_{\text{солн}}^4}{T_{\text{св.г.}}^4}} = R_{\text{солн}} \cdot \sqrt{\frac{10^5 \cdot 5800^4}{3500^4}} =$$

$$= R_{\text{солн}} \cdot 868,4$$

- 2)  $\rho_{\text{св.г.}}$  - средняя плотность сверхгиганта,  $V_{\text{св.г.}}$  - объем св. г.  
 $M_{\text{св.г.}}$  - масса св. г.;  $M_{\text{солн}}$  - масса Солнца

$$V_{\text{св.г.}} = \frac{4}{3}\pi R_{\text{св.г.}}^3$$

$$\rho_{\text{св.г.}} = \frac{M_{\text{св.г.}}}{V_{\text{св.г.}}} = \frac{12 M_{\text{солн}}}{\frac{4}{3}\pi \cdot 868,4^3 \cdot R_{\text{солн}}^3} = \frac{12 \cdot 1,989 \cdot 10^{30} \text{ кг}}{\frac{4}{3}\pi \cdot 868,4^3 \cdot (6,95000 \cdot 10^8 \text{ м})^3} = 2,592 \cdot 10^{-5} \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$



Дополнительный бланк. Заполните все необходимые графы.

Клас.:	
Задача:	4

Шифр:	A-11-09
Страница:	2.

Выполняйте решение только на лицевой стороне бланка.  
При необходимости Вы можете получить дополнительные страницы для решения.

- 3)  $\frac{L_{\text{ш}}}{L_{\text{солн}}} = 2,512^{m_{\text{ш}} - m_{\text{солн}}}$  ;  $2,512^{4,8 - m_{\text{ш}}} = 10^5$

$$2,512^{4,8} : 2,512^{m_{\text{ш}}} = 10^5 ; 2,512^{m_{\text{ш}}} = \frac{2,512^{4,8}}{10^5}$$

$$m_{\text{ш}} = \log_{2,512} \left( \frac{2,512^{4,8}}{10^5} \right) = 4,8 - \log_{2,512} 10^5 = 4,8 - \log_{100} (10^5)^5 =$$

$$= 4,8 - \frac{25}{2} = 4,8 - 12,5 = -7,7$$

Для звезды главной последовательности

- 1)  $L_{\text{зб}}$  - светимость звезды ;  $T_{\text{зб}}$  - температура звезды ;  $r_{\text{зб}}$  - радиус звезды

$$\frac{L_{\text{зб}}}{L_{\text{солн}}} = \frac{4\pi r_{\text{зб}}^2 \cdot \sigma T_{\text{зб}}^4}{4\pi r_{\text{солн}}^2 \cdot \sigma T_{\text{солн}}^4} = \frac{r_{\text{зб}}^2 T_{\text{зб}}^4}{r_{\text{солн}}^2 T_{\text{солн}}^4} = \frac{9 r_{\text{солн}}^2 \cdot 10^{16}}{r_{\text{солн}}^2 \cdot 5800^4} = 79,5$$

- 2)  $L_{\text{зб}}$  - светимость звезды ;  $m_{\text{зб}}$  - абсолютная звездная величина звезды.

$$\frac{L_{\text{зб}}}{L_{\text{солн}}} = 2,512^{m_{\text{солн}} - m_{\text{зб}}} ; 2,512^{4,8 - m_{\text{зб}}} = 79,5 ; 2,512^{4,8} : 2,512^{m_{\text{зб}}} = 79,5$$

$$2,512^{m_{\text{зб}}} = \frac{2,512^{4,8}}{79,5} ; m_{\text{зб}} = \log_{2,512} \left( \frac{2,512^{4,8}}{79,5} \right) = 4,8 - \log_{2,512} 79,5 =$$

$$= 4,8 - \log_{100} (79,5^2) = 4,8 - 4,75 = 0,05$$

Класс:	
Задание:	<b>5</b>

Шифр:	<i>A-11-09</i>
Страница:	<b>1</b>

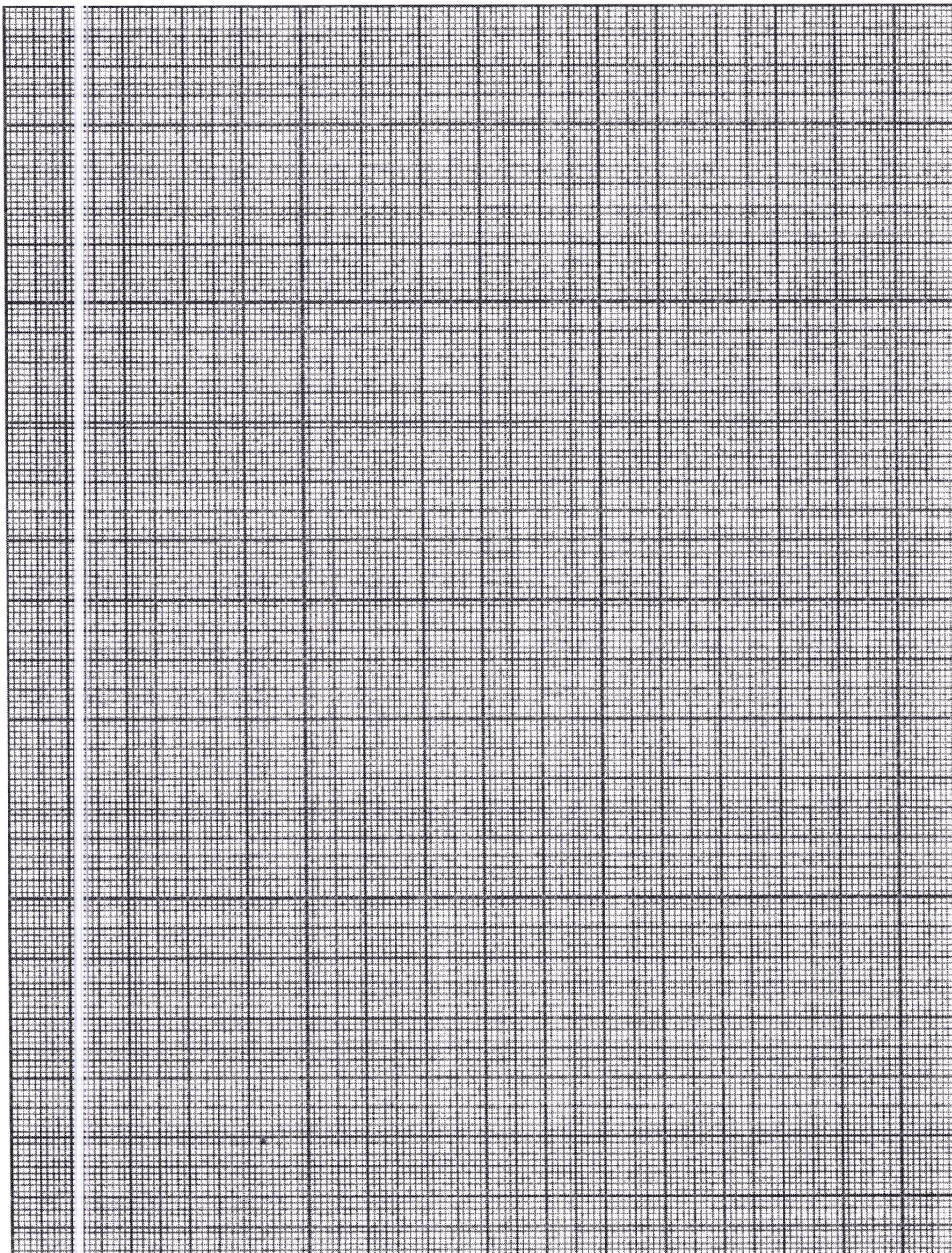
Выполняйте решение только на лицевой стороне бланка.  
При необходимости Вы можете получить дополнительные страницы для решения.



Класс:	
Задание:	6

Шифр:	A-11-09
Страница:	1

Выполняйте решение только на лицевой стороне бланка.  
При необходимости Вы можете получить дополнительные страницы для решения.





Клас.:	
Задача:	6

Шифр:	A-11-09
Страница:	2

Выполняйте решение только на лицевой стороне бланка.  
При необходимости Вы можете получить дополнительные страницы для решения.