ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ

РЕГИОНАЛЬНЫЙ ЭТАП ВСЕРОССИЙСКОЙ ОЛИМПИАДЫ ШКОЛЬНИКОВ
КИРОВСКАЯ ОБЛАСТЬ

Заполнять ЗАГЛАВНЫМИ ПЕЧАТНЫМИ БУКВАМИ по образцам

А Б В Г Д Е Ё Ж З И Й К Л М Н О П Р С Т У Ф Х Ц Ч Ш Щ Ъ Ы Ь Э Ю Я 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 , -

1. Заполните поля «фамилия», «инициалы», «класс» на титульном листе, если они не заполнены.

ШИФР КОМПЛЕКТА А 10-8

ПРЕДМЕТ АСТРОНОМИЯ

ДАТА ПРОВЕДЕНИЯ (ДД.ММ.ГГГГ.) 25.01.2019

ФАМИЛИЯ МОСКАЛЕВ

ИНИЦИАЛЫ Н. Е.

КЛАСС, В КОТОРОМ ВЫ УЧИТЕСЬ (ЧИСЛО) 10

КЛАСС, ЗА КОТОРЫЙ ВЫ УЧАСТВУЕТЕ В ОЛИМПИАДЕ 10

2. По окончании работы пронумеруйте СТРАНИЦЫ (титульный лист не считать) и укажите общее количество использованных страниц.

ОБЩЕЕ КОЛИЧЕСТВО СТРАНИЦ 6

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ В УКАЗАННУЮ ДАТУ ПРОВЕДЕНИЯ (заполняется жюри)

1	2	3	4	5	6
~~7~~6	8	~~0~~1	6	8	~~5~~3

Сумма баллов
~~34~~ 32

Жюри:

№1

1) В дни весеннего равноденствия склонение солнца $\delta = 0°$

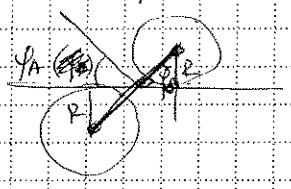
2) Таким образом высота верхней кульминации на широте пункта A (φ_A) и пункта B (φ_B) будут:

$h_A = 90° - \varphi_A$

$h_B = 90° - \varphi_B$

По условию $h_A = 2h_B$.

3) Рассмотрим как солнце заходит за горизонт.



- Чтобы зайти за горизонт в пункте A нужно пройти расстояние $\frac{2R}{\cos\varphi_A}$, со скоростью v, за время:
$t_A = \frac{2R}{v} \cdot \frac{1}{\cos\varphi_A}$
- Чтобы зайти за горизонт в пункте B, нужно пройти расстояние $\frac{2R}{\cos\varphi_B}$, со скоростью v, за время:
$t_B = \frac{2R}{v} \cdot \frac{1}{\cos\varphi_B}$
- По условию $1{,}5 t_A = t_B$.

4) Запишем систему уравнений:

$\cos\varphi_B \neq 0$
$\cos\varphi_A \neq 0$.

$$\begin{cases} 90° - \varphi_A = 180° - 2\varphi_B \\ 1{,}5 \cdot \frac{2R}{v} \frac{1}{\cos\varphi_A} = \frac{2R}{v} \cdot \frac{1}{\cos\varphi_B} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \varphi_A = 2\varphi_B - 90° \\ 1{,}5\cos\varphi_B = \cos(2\varphi_B - 90°) = \sin 2\varphi_B \end{cases} \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \begin{cases} \varphi_A = 2\arcsin\frac{3}{4} - 90° \\ \sin\varphi_B = \frac{3}{4} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} \varphi_A = 2\arcsin\frac{3}{4} - 90° \\ \varphi_B = \arcsin\frac{3}{4} \end{cases}$$

Ответ: $\begin{cases} \varphi_A = 7{,}2° \\ \varphi_B = 48{,}6° \end{cases}$

7,5

№2.

1) Пусть у первой орбиты радиус $R_1 = R$; у второй $R_2 = 4R$

2) Запишем 3 закон Кеплера:

$$\left(\frac{T_3^2}{R_3^3}\right) = \left(\frac{T_1^2}{R_1^3}\right) = \left(\frac{T_2^2}{R_2^3}\right)$$

T_3 и R_3 период обращения и радиус орбиты земли.

3) $\frac{T_1^2}{R_1^3} = \frac{T_2^2}{R_2^3} \Rightarrow T_2 = T_1\sqrt{\left(\frac{R_2}{R_1}\right)^3} = T_1\sqrt{64} = 8T_1 \quad (T_2 > T_1)$ 2б

4) Запишем связь синодического и сидерического периода:

$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_3}$

$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_2}$

Заметим, что синодические периоды равны по условию, а т.к. сидерические периоды не равны один из них больше земного, а другой меньше. 1б

5) $\begin{cases} \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_3} = \frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_2} \\ T_1 = 8T_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{2}{T_3} = \frac{9}{8T_2} \\ T_1 = 8T_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} T_1 = \frac{9}{2}T_3 \\ T_2 = \frac{9}{16}T_3 \end{cases}$

6) Воспользуемся 3 законом Кеплера (из 2 пункта)

$\frac{T_3^2}{R_3^3} = \frac{\left(\frac{9}{2}T_3\right)^2}{R_1^3} \Rightarrow R_1 = R_3\sqrt[3]{\left(\frac{9}{2}\right)^2} = R_3\sqrt[3]{\frac{81}{4}}$ 3б

$\frac{T_3^2}{R_3^3} = \frac{\left(\frac{9}{16}T_3\right)^2}{R_2^3} \Rightarrow R_2 = R_3\sqrt[3]{\left(\frac{9}{16}\right)^2} = R_3\sqrt[3]{\frac{81}{256}}$

Ответ: $\begin{cases} R_1 = 3{,}73 \text{ ае} \\ R_2 = 0{,}88 \text{ ае.} \end{cases}$ 2б

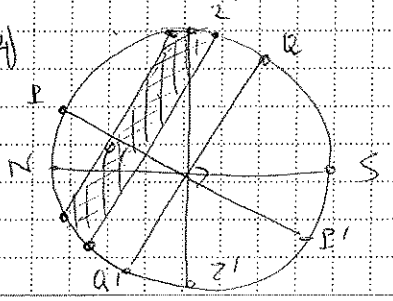
8б

№3

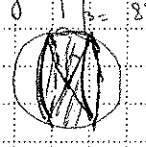
1) Мы можем увидеть объекты высота кульминации которых не $[88°; 90°]$.

2) Из-за либрации широта телескопа лежит в интервале $\varphi \in [-6°40'; 6°40']$

3) $\begin{cases} h = 90° - \varphi + \delta_{min} \\ h = 90° + \varphi - \delta_{max} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \delta_{min} = h + \varphi - 90° \\ \delta_{max} = 90° + \varphi - h \end{cases}$ | $\delta_{min} = -8°40'$, $\delta_{max} = 8°40'$

4) 

Заштрихованная область, которую мы можем наблюдать. Если рассмотреть все такие области, то часть сферы которую мы обра-зуют



0б

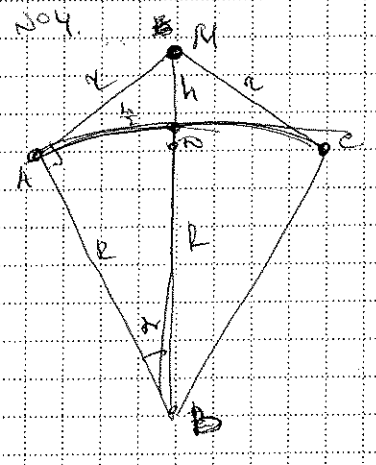
5) Это малый угол ($\beta = 8°40'$). Можно представить участок сферы как цилиндр высотой $2R\sin\beta$, радиусом основания R. $S = 2\pi R \cdot 2R\sin\beta = 4\pi R^2 \sin\beta$

Площадь всей сферы $4\pi R^2$ => мы видим часть

$$\frac{4\pi R^2 \sin\beta}{4\pi R^2} = \sin\beta$$

Ответ: 0,15.

№4.



1) Пусть абс. [redacted]блеск метеора [redacted] M.

2) Тогда в точках A и C:

$M = m_1 + 5 - 5\lg\alpha$

$m_1 = M - 5 + 5\lg\alpha$

$m_1 = 0^m$ по условию.

3) Тогда в точке D:

$M = m_2 + 5 - 5\lg h$

$m_2 = M - 5 + 5\lg h$

4) Заметим, что дальше чем из точек A и C метеор не наблюдается => AM и MC – касательные к поверхности земли.

5) AC – дуга равная L, AD = DC равные дуги, каждая из которых $L/2$. Тогда угол $\alpha = \frac{L}{2R}$ (рад), R – радиус Земли ($R = 6370$ км). $\alpha = 0{,}078$ (рад.)

6) Рассмотрим прямоугольный $\triangle AMD$:

$$\begin{cases} \operatorname{tg}\alpha = \frac{x}{R} \\ \sin\alpha = \frac{x}{R+h} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = R\operatorname{tg}\alpha \\ h = \frac{R}{\cos\alpha} - R \end{cases}$$

7) Возьмем выражения из пункта 2 и 3:

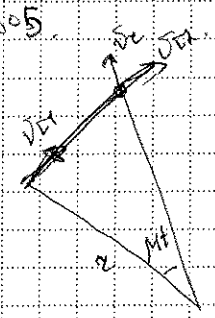
$$m_1 - m_2 = 5\lg\frac{x}{h} = 5\lg\left(\frac{\operatorname{tg}\alpha}{\frac{1}{\cos\alpha} - 1}\right) = 5\lg\left(\frac{\sin\alpha}{1-\cos\alpha}\right)$$

$$m_2 = m_1 - 5\lg\left(\frac{\sin\alpha}{1-\cos\alpha}\right) = m_1 - 5\lg\left(\frac{\sin\left(\frac{L}{2R}\right)}{1-\cos\left(\frac{L}{2R}\right)}\right)$$

60

Ответ: $m_2 = -7^m$

№5.



1) Через год появится лучевая скорость v_r, которая удлинила линию На на $\Delta\lambda = 0{,}01$ Å. Она стала $\lambda + \Delta\lambda$ (где $\lambda = 6563$ Å) 25

2) Запишем эффект Доплера

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda+\Delta\lambda} = \frac{v_r}{c} \Rightarrow v_r = \frac{c\Delta\lambda}{\lambda+\Delta\lambda}$$ 15

3) Пусть r минимальное расстояние.

4) $\mu = 1000''/\text{год} = \frac{1000}{206265}\cdot\left(\frac{\text{рад}}{\text{год}}\right)$;

5) $v_{r1} = r\cdot\mu$;

$v_{r2} = r\cdot\mu\cos(\mu t)$, где $t = 1$ год.

Расстояние между звездой и солнцем стало $\frac{r}{\cos(\mu t)}$

Отсюда записав закон сохранения момента импульса можно получить, что

$$m v_{r1}\cdot r = m v_{r2}\cdot\frac{r}{\cos(\mu t)}$$

$$v_{r2} = r\cdot\mu\cdot\cos(\mu t).$$

6) Т.к. $\mu t \ll 1$, расстояние между звездой и солнцем практически не изменилось $\Rightarrow$ и скорость звезды тоже (По закону сохранения энергии)

7) $v_r^2 + v_{r2}^2 = v_{r1}^2$

$$v_r = r\cdot\mu\sqrt{1-\cos^2\mu t} = r\mu^2 t.$$

$$r = \frac{v_r}{\mu^2 t} = \frac{c\Delta\lambda}{(\lambda+\Delta\lambda)\mu^2 t}$$

Ответ: $r = 6{,}13\cdot10^{14}$ (м) 35

№6

1) Пусть орбита этой двойной системы – эллипс с эксцентриситетом e, большой полуосью A, периодом обращения T, наклонение орбиты i, расстояние до неё r.

2) Из рисунка определяет период колебания углового

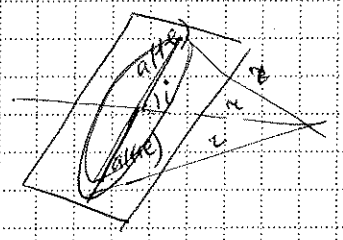
расстояние, он и есть период обращения T. (T=71 год)
Можно записать 3 закон Кеплера

$$T = \frac{2\pi}{\sqrt{GM_c}}\sqrt{a^3} \qquad M_c = 1{,}989\cdot10^{30}\ кг$$

$$a \overset{B}{=} \sqrt[3]{GM_c\left(\frac{T}{2\pi}\right)^2}$$

$$a = 3{,}23\cdot10^{12}\ (м)$$

3) Рассмотрим минимальное угловое расстояние $\alpha_1 = 0{,}41''$ и максимальное $\alpha = 3{,}81''$.



$$\left.\begin{aligned}\alpha_1 &= \frac{a(1-e)\sin i}{r}\\ \alpha_2 &= \frac{a(1+e)\sin i}{r}\end{aligned}\right| \Rightarrow \frac{\alpha_1}{\alpha_2} = \frac{1-e}{1+e}$$

$$e \overset{B}{=} \frac{1-\frac{\alpha_1}{\alpha_2}}{1+\frac{\alpha_1}{\alpha_2}}$$

$$e = 0{,}81$$

2б

4) Рассмотрим участок времени $[\frac{T}{2}-\Delta t; \frac{T}{2}+\Delta t]$ здесь угловое расстояние постоянно. Это говорит о том, что расстояние между звездами уменьшается, а наклонение i, которым мы проецируем на плоскость перпендикулярную лучу зрения растет. Примерно через 18 лет после максимального расстояние $i = 90°$ (т.к. ранее угловое расстояние уменьшается). (18 лет около четвертьпериода => радиусное расстояние примерно равно ~~полуо~~ полуоси

$$\frac{a(1-e)\sin i}{r} = \frac{a\sqrt{1-e^2}}{r}$$

$$\sin i \overset{B}{=} \sqrt{1-e^2}$$

$$i = 36°$$

3б

5) Найдем r:

$$r = \frac{2a\sin i}{\alpha_1+\alpha_2}$$

$$r = 1{,}82\cdot10^{17}\ (м)$$

Ответ: $e = 0{,}81$, $i = 36°$, $r = 1{,}82\cdot10^{17}$ (м).

5б

Задания Регионального этапа олимпиады по астрономии 2019 года – 10 класс

Лист 2

6. Двойная система состоит из одинаковых компонент, подобных Солнцу. На графике приведена зависимость углового расстояния между ними (в угловых секундах) в небе Земли от времени. Определите эксцентриситет орбиты, наклон плоскости орбиты к лучу зрения и расстояние до системы.