$10^{05} - 10^{10}$

Региональный этап всероссийской олимпиады школьников по астрономии в 2016-2017 учебном году

| Шифр | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| А | С | – | 1 | 0 | – | 1 | 8 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 3 | 0 | 4 | 0 | 3 |

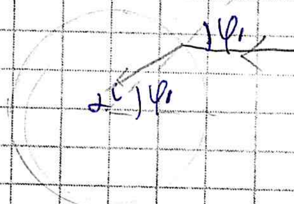
| Количество баллов |
|---|
| 12 |

№1

Дано:
$\Theta = 138^\circ$

$\varphi = ?$

Пренебрегая параллаксом Солнца, можем считать, что лучи от него параллельны эклиптике. По закону преломления падающий и преломленный лучи находятся в одной плоскости с нормалью, восстановленной в точке падения, причем ~~…~~ отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная. Рассмотрим ситуацию в день равноденствия.



Из геометрических соображений угол падения равен $\varphi_1$. По условию $180^\circ - \varphi_1 + \alpha = 138^\circ \Rightarrow \alpha = \varphi_1 - 42^\circ$. Получаем, что $\varphi_1 > 42^\circ$. $\frac{\sin\varphi_1}{\sin(\varphi_1 - 42^\circ)} = n$. Мы не знаем $n$, но можем принять, что ~~…~~ $n$ небольшое, по крайней мере не больше 2. При увеличении $\varphi$ до $90^\circ$, ~~…~~ $n$ уменьшается до 1,4 и становится равным 2 примерно на 70-й широте.

При годичном движении Земли вокруг Солнца угол падения меняется в диапазоне $[\varphi_1 - \varepsilon; \varphi_1 + \varepsilon]$, где $\varepsilon$ – наклон экватора к эклиптике. По оценке $\varphi_1 + \varepsilon > 90^\circ$, а $\varphi_1 - \varepsilon \approx 45^\circ$ (из принятия, что $\varphi_1 \approx 70^\circ$, а $\varepsilon = 23,4^\circ$). Т.о. на широтах от $-45^\circ$ до $+45^\circ$ никогда не увидят первичную радугу в ист. солнечный полдень

№ 2

Поскольку Земля и Луна находятся на среднем расстоянии ~~от~~ Земли от Солнца со столь высокой точностью, можно считать, что Земля находится в одной из точек равноденствия, а Луна ~~[illegible]~~ на орбите ~~[illegible]~~ Земли в пределах $5^{\circ}09'$ выше или ниже эклиптики. Этот наклон ~~на созвезд не~~ почти не меняет ее положения относительно звезд. Можно сделать вывод, что она находится в зодиакальном созвездии, причем либо в том, где Солнце бывает в летнее солнцестояние, либо в зимнее солнцестояние (либо в созвездии Льва, либо в Водолее).

№4

Напишем II-й закон Ньютона для участка массой $\Delta m$ на поверхности Регула.

$$G\frac{M_p}{r^2} - \frac{F}{\Delta m} = w^2 r,$$

где $G$ – гр-я постоянная, $M_p$ – масса Регула, $r$ – радиус Регула, $w$ – угловая скорость вращения, $F$ – сила, противодействующая силе тяжести, вызванная термоядерными реакциями.

Закон Стефана-Больцмана: $2\pi r^2 \sigma T^4 = 2\pi R_p^2 L_p$,

где $T$ – абсолютная температура поверхности Регула, $\sigma$ – постоянная С-Б, $R$ – расстояние до Регула $L_p$ – его ~~светимость~~ световой поток

~~$m_p - m_0 = -2,5\lg\frac{L_p R_p^2}{L_0 R_0^2}$ где $m_p$ и $m_0$ – блеск Регула и Солнца, а $L_0$ – светимость Солнца~~

~~$T = \frac{L_p R_p^2}{\sigma r^2}$~~ на расстоянии $R_p$.

$m_p - m_0 = -2,5\lg\frac{L_p}{L_0}$, где $m_p$ и $m_0$ – блеск Регула и Солнца.

$L_p = L_0 \cdot 10^{-11,3} \approx 1,36 \cdot 10^{-10}$ Вт/м²

$$T^4 = \frac{L_p R_p^2}{\sigma r^2}$$

$T$ минимальна, когда $r$ максимален. Получим минимальную $T$ из принятия $F$ на поверхности Регула равного 0

$w^2 r^3 = G M_p$, $w = \frac{2\pi}{T_{вр}}$, где $T_{вр}$ – период осевого вращения Регула. Получим, что

$$r = \sqrt[3]{\frac{G M_p T_{вр}^2}{4\pi^2}} \approx 7,3 \cdot 10^8 \text{ км}$$

тогда $T_{мин} = \sqrt[4]{\frac{L_c R_c^2}{6 r^2}} \approx 7 \cdot 10^3 K$

№5

Параллакс тела на расстоянии $R$ равен углу, под которым видна земная орбита на расстоянии $R$. Т.е. $\theta R = D$, где $\theta$ – параллакс, а $D$ можно принять равным $3 \cdot 10^8$ км при малом $\theta$.

$\theta_A R_A = \theta_Б R_Б = D$, где $\theta_A$ и $R_A$ – угол пар-са и расстояние до туманности Андромеды, а $\theta_Б$ и $R_Б$ – до БМО.

$$R_1 = \frac{D}{\theta_1} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 10^6 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 360}{40\pi} \approx 3 \cdot 10^{18} \text{ км}$$

$$R_2 = 8 \cdot 10^5 \cdot 3{,}1 \cdot 10^{16} = 24{,}8 \cdot 10^{21} \text{ км}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = 8300$$

№6

Из графика видно, что астероид движется по сильно вытянутой орбите с периодом равно 6 лет. Из симметричности графика на промежутке 0-6 относительно центральной оси видно, что через 3 года астероид был в афелии своей орбиты, а в начале наблюдения - в перигелии

$m_п - m_a = -2,5 \lg \frac{R_a^2}{R_п^2}$, где $m_п$ и $R_п$ - блеск и расстояние от Земли в перигелии, а $m_a$ и $R_a$ - в афелии.

$26,7 - 17,1 = 5 \lg \frac{R_a}{R_п}$

$\frac{R_a}{R_п} = 10^{1,92}$

$R_a = R + a(1+e)$

$R_п = a(1-e) - R$

Из 3-го з-на Кеплера $a^3 = T^2 \Rightarrow a = \sqrt[3]{36} = 3,3$ а.е.

$\frac{R_a}{R_п} = \frac{a(1+e)+R}{a(1-e)-R}$

$a(1-e)(10^{1,92}-1) = R(10^{1,92}+1)$ $10^{1,92}a - 10^{1,92}ae - 10^{1,92}R = a - ae + R$

$a(10^{1,92}-1) - R(10^{1,92}+1) = ae(10^{1,92}-1)$

$e = 1 - \frac{R}{a}\frac{10^{1,92}+1}{10^{1,92}-1} = 0,6896$