СПбАО 03.02.2019г.
Код участника Мос-31
Класс 10 Ауд. 37
Всего страниц 3

1

Задача №1.

Определим большую полуось орбиты астероида из 3 закона Келлера:

$a = \sqrt[3]{T^2} = \sqrt[3]{3{,}9^2} \approx 2{,}5$ ае ~~[illegible]~~ расстояние от солнца до Земли 1ае.

В противостоянии расстояние от астероида до Земли есть $r = r_0 - r_З$ разность расстояний от солнца до Земли и от солнца до астероида. Расстояние от солнца до астероида в перецентре его орбиты $r_{оП} = a(1-e)$ а в апоцентре его орбиты $r_{оA} = a(1+e)$

Тогда расстояния от Земли до астероида в перецентре в момент противостояния $r_П = a(1-e) - r_З$, а если астероид в противостоянии с землёй и в апоцентре своей орбиты $r_A = a(1+e) - r_З$

Запишем формулу погсана для ~~[illegible]~~ расстояний

$$2{,}5^{\Delta m} \approx \left(\frac{r_A}{r_П}\right)^2 \qquad 2{,}5^{\frac{\Delta m}{2}} = \frac{a(1+e) - r_З}{a(1-e) - r_З}$$

$$2{,}5^{\frac{2{,}5}{2}} = 2{,}5^{1{,}25} \approx 2{,}6$$

$$2{,}6 = \frac{a(1+e) - r_З}{a(1-e) - r_З} = \frac{2{,}5(1+e) - 1}{2{,}5(1-e) - 1}$$

$$2{,}5 \cdot 2{,}6 - 2{,}5 \cdot 2{,}6e - 2{,}6 = 2{,}5 + 2{,}5e - 1$$

$$2{,}4 = 9e$$

$$e = \frac{2{,}4}{9} = \frac{0{,}8}{3} \approx 0{,}27$$

Ответ: $e \approx 0{,}27$.

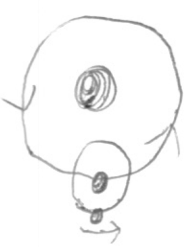
Задача №5.

Так как модуль эклиптической широты равен 10°, то звезды находятся либо в ~~[illegible]~~ зодиакальных созвездиях либо в соседних с ними. Азимут захода близок к точке севера, значит созвездия заходят ненадолго под горизонт и мы можем рассматривать лишь половину эклиптики, которая лучше видна в северном полушарии, то есть склонения этих звёзд больше. В этой области мало ярких звезд, а тем более находящихся на небе недалеко друг от друга. ~~[illegible]~~ единственными такими звёздами здесь являются Кастор и Поллукс. Кастор располагается выше Поллукса и азимут его захода составляет 150°, а модуль эклиптической широты ~~Поллукса~~ Поллукса составляет 10°, и Поллукс ярче, чем Кастор.

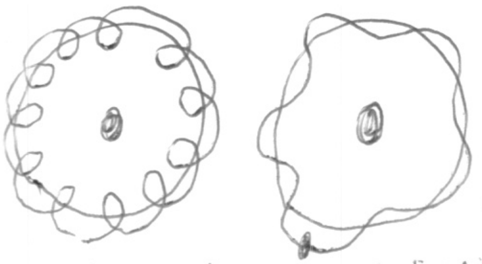
Ответ: Поллукс ярче, чем Кастор.

Задача №3.

Изобразим движение Луны вокруг Земли и Земли вокруг Солнца:



Из рисунка видно, что скорость Луны в противостоянии с Солнцем совпадает по направлению со скоростью движения Земли вокруг Солнца. Если бы период обращения Земли вокруг Солнца совпадал с периодом обращения Луны вокруг Земли, то проекцией на эклиптику был бы круг, но ~~[illegible]~~ за 1 оборот Земли вокруг Солнца Луна успевает обернуться около 13 раз, поэтому мы можем получить два вида проекций:



Так как время прохождения Луной одного круга больше, чем число кругов, то есть 27>13, то Луна будет вращаться по несамопересекающейся траектории, как на правом рисунке, если бы время одного круга было меньше числа кругов, то было бы ситуация левого рисунка. ~~[illegible]~~ Таким образом Луна вращается ~~[illegible]~~ по выпуклой орбите не имеющей самопересечений.

Задача №2.

Используем уравнение идеального газа:

$$pV = \frac{m}{M}RT$$

Найдем из него $\frac{m}{V} = \frac{pM}{RT}$

$R = 8{,}31 \frac{Дж}{К\cdot моль}$ температуру будем считать $T = 10^4 К$

Тогда $\frac{V}{m} = \frac{8{,}31 Дж \cdot 10^4 К}{3000 \cdot 1} \approx 0{,}02 \frac{кг}{м^3}$

Таким образом примерная область около 10000 м в диаметре.

Задача №4.

Запишем обобщённый 3 закон Кеплера для звездолёта

$$\frac{T^2}{4\pi^2}=\frac{a^3}{GM}$$

Из него найдём массу звезды

$$M=\frac{4\pi^2 a^3}{GT^2}$$

Переведём a и T в СИ: $a = 0{,}5\,\text{ае} = 0{,}5\cdot150\cdot10^9\,\text{м} = 75\cdot10^9\,\text{м}$

$T = 0{,}25\,\text{года} = 0{,}25\cdot10^7\cdot3{,}15\,\text{с} = 0{,}7875\cdot10^7\,\text{с} = 7875\cdot10^3\,\text{с} \approx 79\cdot10^5\,\text{с}$

Подставим и найдём M:

$$M=\frac{4\cdot3{,}14\cdot3{,}14\cdot75\cdot75\cdot75\cdot10^{27}}{6{,}67\cdot10^{-11}\cdot79\cdot79\cdot10^{10}}\approx4\cdot10^{30}\,\text{кг}$$

Тогда каждый год звезда теряет $\Delta M\ 10^{-14}\cdot4\cdot10^{30}=4\cdot10^{16}\,\text{кг}$

Тогда за секунду звезда теряет $\Delta M=\frac{4\cdot10^{16}\,\text{кг}}{3{,}15\cdot10^7}=1{,}3\cdot10^9\,\text{кг}$

На расстоянии звездолёта на каждый квадратный метр за секунду приходит следующая масса $\Delta M_З=\frac{\Delta M}{4\pi a^2}=\frac{1{,}3\cdot10^9\,\text{кг}}{4\cdot3{,}14\cdot75^2\cdot10^{18}\,\text{м}}=$
$=6\cdot10^{-14}\,\text{кг}$.

Теперь найдём кинетическую энергию этих частиц:

$$E_к=\frac{mv^2}{2}=\frac{6\cdot10^{-14}\,\text{кг}\cdot4\cdot4\cdot10^{10}\,\text{м}^2/\text{с}^2}{2}=48\cdot10^{-4}\,\text{Дж}=4{,}8\cdot10^{-3}\,\text{Дж}$$

Таким образом мы получили запасаемую энергию частиц звёздного ветра.

Теперь найдём запасаемую энергию излучения:

Так как звезда принадлежит главной последовательности, то для неё справедливо следующее соотношение.

$$\frac{L_{звезды}}{L_{солнца}}\approx\left(\frac{M_{звезды}}{M_{солнца}}\right)^4$$

Тогда светимость звезды $L_{зв}=L_{солнца}\left(\frac{M_{зв}}{M_{сол}}\right)^4=3{,}8\cdot10^{26}\,\text{Вт}\cdot\left(\frac{4\cdot10^{30}\,\text{кг}}{2\cdot10^{30}\,\text{кг}}\right)^4=$
$=3{,}8\cdot10^{26}\,\text{Вт}\cdot16=60{,}8\cdot10^{26}\,\text{Вт}\approx6{,}1\cdot10^{27}\,\text{Вт}$

Тогда на расстоянии звездолёта за 1 секунду на 1 квадратный метр приходится $\varepsilon=\frac{L}{4\pi R^2}=\frac{6{,}1\cdot10^{27}}{4\cdot3{,}14\cdot75^2\cdot10^{18}}=9\cdot10^4\,\text{Дж}$

Умножим на 2, так площадь поверхности 2 и получим запасаемую энергию излучения $E_З=1{,}8\cdot10^5\,\text{Дж}$.

Теперь найдём их отношение и получим ответ: $\frac{1{,}8\cdot10^5}{4{,}8\cdot10^{-3}}\approx3\cdot10^7$

Ответ: запасаемая энергия излучения звезды превосходит запасаемую энергию частиц звёздного ветра в $3\cdot10^7$ раз.