



**XXVII Санкт-Петербургская
астрономическая олимпиада**
практический тур

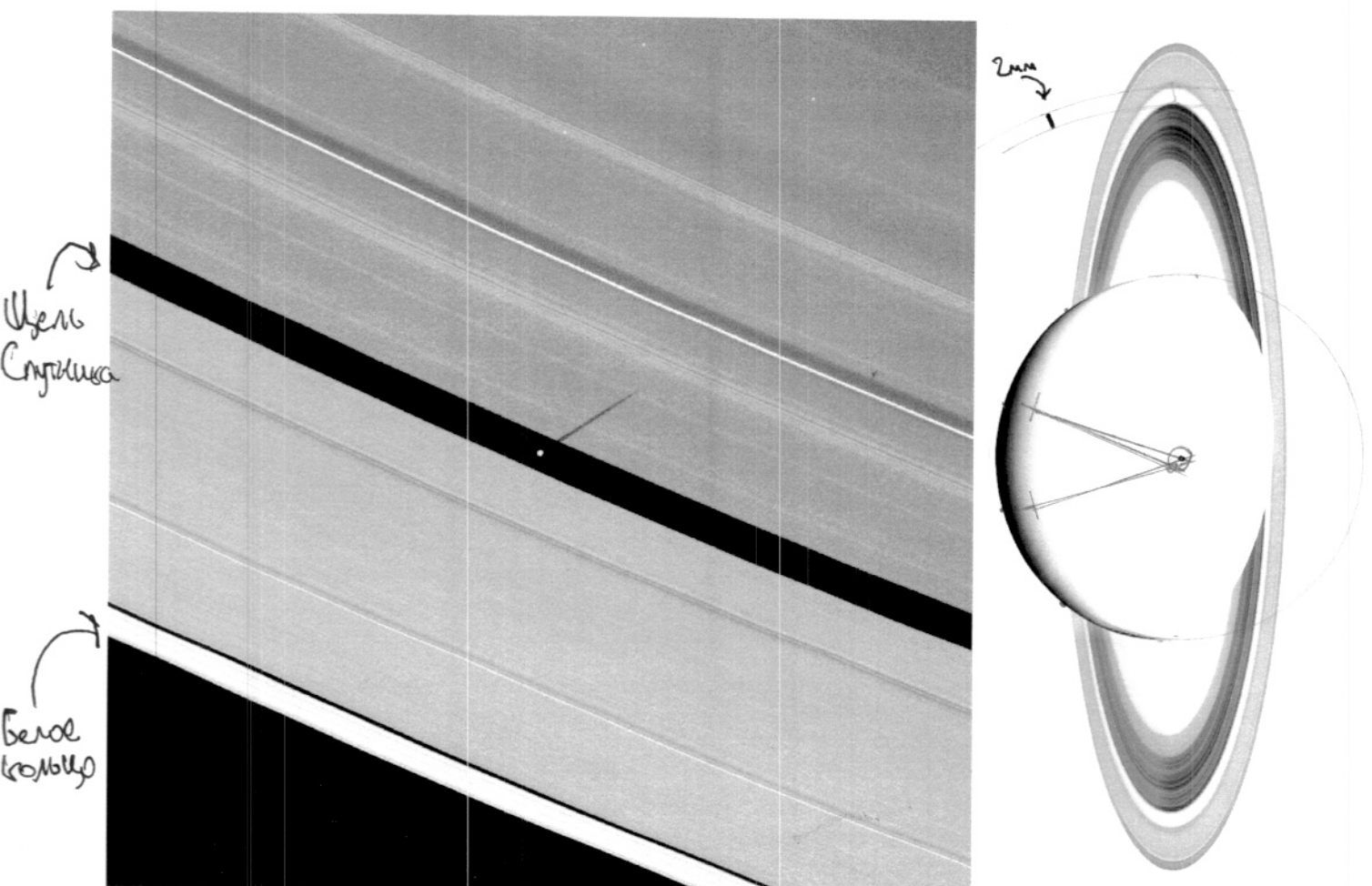
2020

1
марта

9 класс

На двух фотографиях ниже представлены спутник Сатурна, движущийся во внешней области колец, и сам Сатурн (негатив). Известно, что в момент съемки спутник находился в плоскости, перпендикулярной кольцам и проходящей через центры Солнца и Сатурна. Угол между плоскостью колец и направлением на Солнце при наблюдении со спутника составляет 1° . Радиус Сатурна в 9 раз больше радиуса Земли.

Оцените диаметр спутника, а также период его обращения вокруг Сатурна. Как часто этот спутник бывает в соединении с другим спутником Сатурна — Титаном? Титан делает один оборот вокруг Сатурна по орбите радиусом 1.2 миллиона километров за 16 дней. Опишите, что произойдет, если поместить Титан на орбиту этого спутника.





Задача №

На фото даны щели в кольцах на его краю и негатив Сатурна. Чтобы оценить масштаб щели которую образовал спутник, воспользуемся фотографиями Сатурна. Для начала построим центр Сатурна и систему в целом, с помощью циркуля и линейки. Выберем 2 точки на краю диска (темном), соединим, построим перпенд. к полученной хорде. Повторим еще раз и найдем центр. Теперь найдем щель спутника на фото (ср.), отметим видны щель спутника, и яркое белое пятно на краю. Найдем их на фото Сатурна. Щель спутника будет белая, а ~~темная~~ ~~темная~~ кольцо темным. Оценим ширину щели. Т.к. при проекции окружности радиусом R , получается эллипс с большой полуосью R , можно измерить расстояние от центра Сатурна до крайних точек щели (на фото) и взять их разность, или просто измерить ширину щели линейкой в самой толстой ее части. Для более простых измерений можно провести циркуль в центр Сатурна и провести Окр. с соответствующими радиусами и измерить расстояние вне колец. И так и так получается 2мм, радиус Сатурна (просто линейкой), порядка 25мм. По условию радиус Сатурна равен 9 земным, а земной равен $R_{\oplus} = 6400 \text{ км}$.



Задача №

Тогда ширина щели:

$$\frac{2}{26} = \frac{D_{\text{щ}}}{R_{\text{сп}}} = \frac{D_{\text{щ}}}{9 \cdot R_{\oplus}} = \frac{D_{\text{щ}}}{9 \cdot 6400 \text{ км}} \Rightarrow D_{\text{щ}} = \frac{2 \cdot 9 \cdot 6400 \text{ км}}{26} = 4430,7 \text{ км} =$$

$= 4430 \text{ км}$; Теперь диаметр спутника. Измерим щель линейкой

на фото сп. Она равна 5 мм, диаметр спутника = 1 мм. Значит

$$\text{диаметр спутника} = \frac{1}{5} D_{\text{щ}} = 886 \text{ км} = 890 \text{ км} = 900 \text{ км} = D_{\text{сп}}$$

Оценить диаметр спутника можно и другим способом, даю, что угол между \vec{n} плоскостью колец и направлением на солнце 1° . Тогда считая что центр спутника лежит в плоскости колец справедливо данное равенство

$$\frac{R_{\text{сп}}}{L_{\text{тен}}} = \tan 1^\circ \quad L_{\text{тен}} \text{ можно также измерить линейкой, тогда}$$

$$R_{\text{сп}} = \frac{L_{\text{тен}}}{57} = \frac{16 \text{ мм}}{57} = 0,28 \text{ мм} \quad \text{Тогда диаметр спутника}$$

$$D_{\text{сп}} = 2 \cdot R_{\text{сп}} = \frac{2 \cdot R_{\text{сп}}}{5 \text{ мм}} \cdot 4430 \text{ км} = 530 \text{ км}, \text{ и данному ответу я верю}$$

больше, т.к. с простым измерением линейкой больше.

Погрешность в 0,6 мм можно легко принять за 1 мм,

Тогда окончательный диаметр спутника $D_{\text{сп}} = 530 \text{ км}$

Теперь период, берем в фото Сатурна и найдем

расстояние от центра Сатурна до щели, также как мерили

$$D_{\text{щ}}. L_{\text{щ}} = 51 \text{ мм}, R_{\text{щ}} = \frac{51 \cdot 9 \cdot 6400 \text{ км}}{26} = 113000 \text{ км}, \text{ Плюс}$$

не забудем что спутник в центре щели и добавим 2200 км

Наконец $a_{\text{сп}} = 115000 \text{ км}$, Теперь запишем 33К, даю

вам информация о Титане



Задача №

$$\frac{T_{\text{сп.}}^2}{a_{\text{сп.}}^3} = \frac{T_{\text{тит.}}^2}{a_{\text{тит.}}^3} \quad T_{\text{сп.}} = \sqrt{16 \text{ дн.} \cdot \left(\frac{a_{\text{сп.}}}{a_{\text{тит.}}}\right)^3} = \sqrt{\left(\frac{115}{1700}\right)^3} \cdot 16 \text{ дн.} =$$

$= \sqrt{0,00116} \cdot 16 \approx 0,03 \cdot 16 \text{ дн.} \approx 0,5 \text{ дн.}$ Период спутника: 0,5 дн,
что не удивительно ведь масса Сатурна большая, а $a_{\text{сп.}}$
довольно небольшая. Теперь когда известен период сп.
рассчитаем синодический с Титаном. Соединения могут
быть как верхними так и нижними, синодический
период покажет время между одинаковыми конфигураци-
ми, время между верхними и нижними рассчитаем разности
однако заранее можно сказать что $T_{\text{сп.}} \ll T_{\text{ит.}}$, т.к. $T_{\text{сп.}} \ll T_{\text{ит.}}$

Про сонаправленность в условии никак не сказано.
Поэтому предполагаем что они сонаправлены в движении
по орбите как и большинство объектов СС.

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\text{сп.}}} + \frac{1}{T_{\text{ит.}}} = 2 + \frac{1}{16} = 2,0625 \Rightarrow S = 0,48 \text{ сут.}$$

Время между верхними и нижними соединениями
очевидно равно т.к. $\omega_{\text{сп.}}$ и $\omega_{\text{ит.}}$ в обрат. случаях
одинаковы, тогда $T_{\text{соед.}} = S/2 = 0,24 \text{ сут.}$

Если поместить Титан на орбиту спутника, то он
вопервых в пустую часть не поместится $D_{\text{тит.}} > D_{\text{сп.}}$
и соберет максимум эту пыль, и ~~вылетит~~ вылетит
Пыль вокруг себя как меньший спутник, $\frac{D_{\text{сп.}}}{D_{\text{ит.}}} = \frac{D_{\text{тит.}}}{D_{\text{сп.}}}$



Задача №

Итак ответы:

Диаметр спутника: $D_{sp} = 530 \text{ км}$.

Период обращения: $T_{sp} = 0,5 \text{ сут}$.

Время между соединениями с Титаном: $T_{сое} = 0,24 \text{ сут}$.

Будь Титан на орбите спутника он бы разместил
щель большей ширины.