

Министерство просвещения Российской Федерации  
Центральная предметно-методическая комиссия по астрономии  
Всероссийской олимпиады школьников

# **XXVI Всероссийская олимпиада школьников по астрономии**

Заключительный этап  
г. Самара, 19-24 марта 2019 г.

---

## **Практический тур**





# IX.7

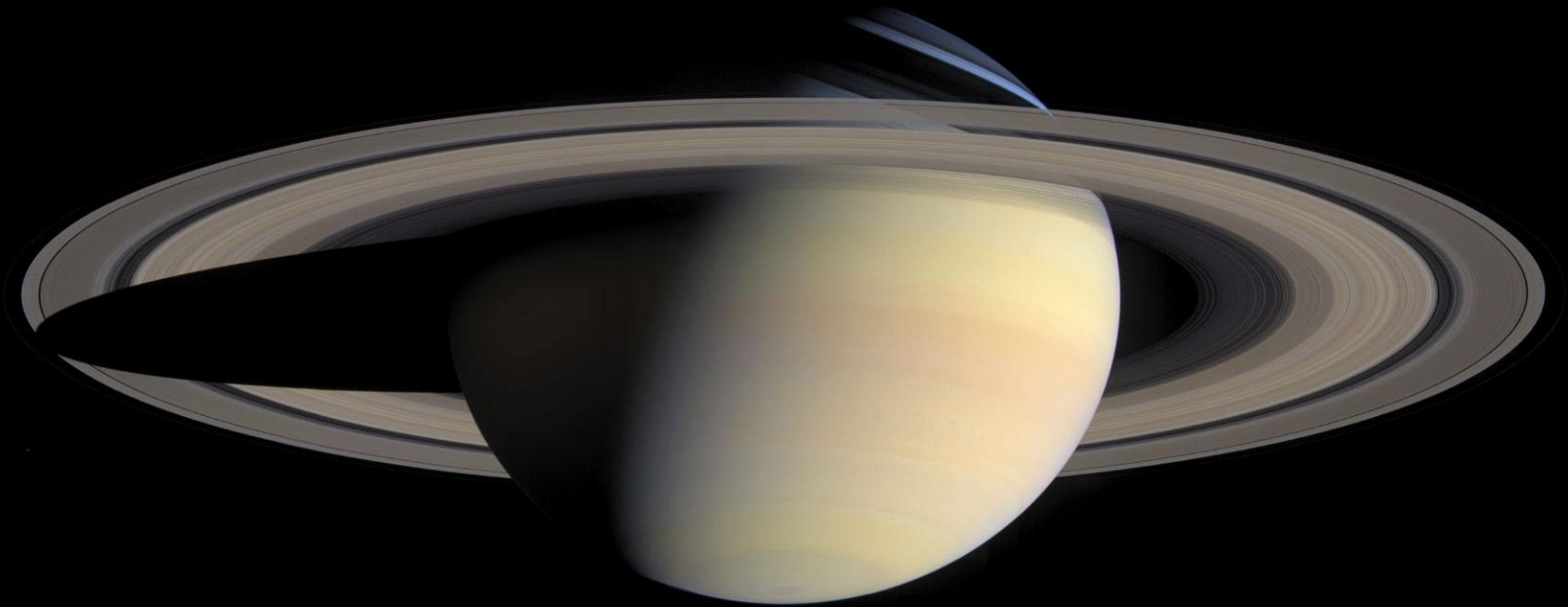
## КАБЫ НЕ БЫЛО ЗИМЫ

Перед Вами фотография Сатурна, сделанная межпланетной станцией «Кассини». В момент съемки в северном полушарии Сатурна уже наступила зима. Определите, через какое время после запечатленного момента там начнется астрономическое лето. Оцените погрешность полученного результата.

# IX.7

## КАБЫ НЕ БЫЛО ЗИМЫ

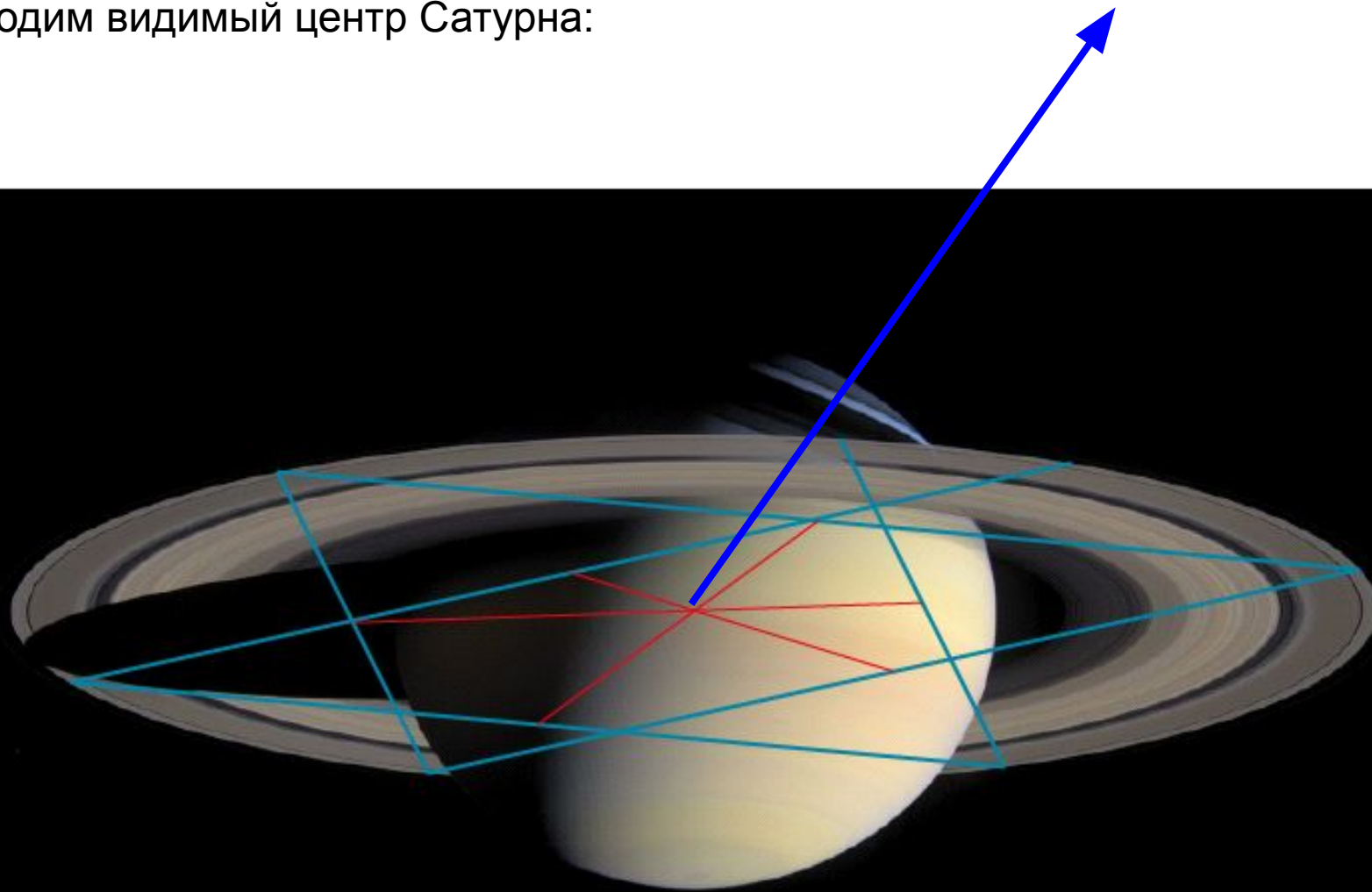
ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР





Находим видимый центр Сатурна:

Этап 1 – 4 балла



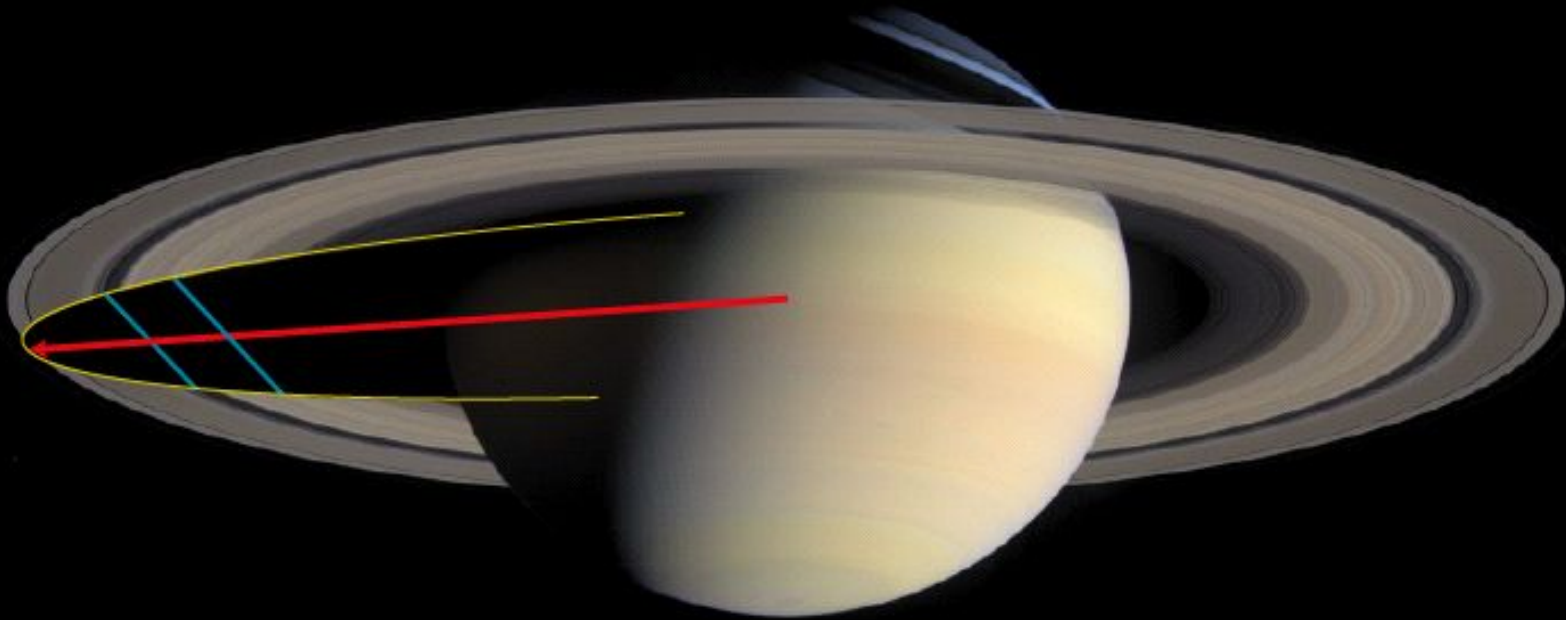


# IX.7

## КАБЫ НЕ БЫЛО ЗИМЫ

Этап 2 – 6 баллов

Наиболее удаленная точка тени:





## IX.7

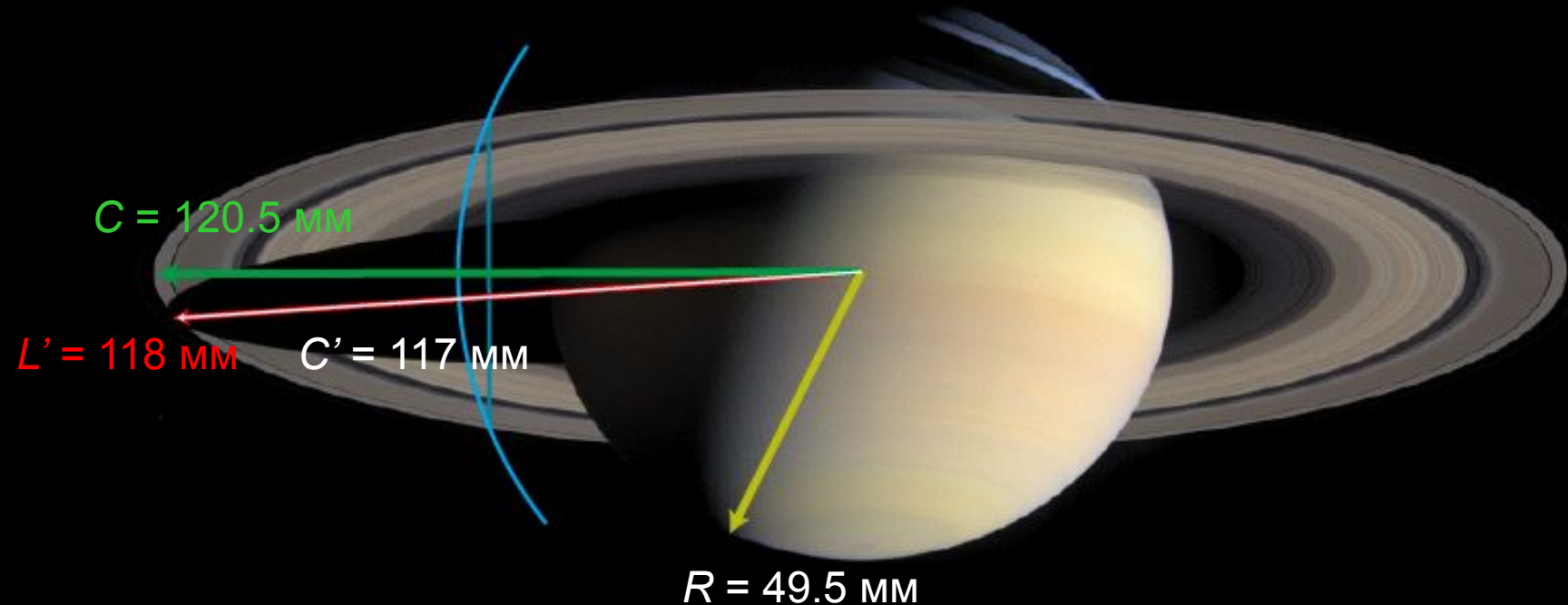
## КАБЫ НЕ БЫЛО ЗИМЫ

Длина тени в плоскости колец:

$$L = C \cdot \frac{L'}{C'} = 121.5 \text{ мм};$$

Этап 2 – 6 баллов

Склонение Солнца:  $\delta = -\arcsin \frac{R}{L} = -24.0^\circ$ .





## IX.7

## КАБЫ НЕ БЫЛО ЗИМЫ

Этап 3 – 10 баллов

Наклон экватора к плоскости орбиты:  $\varepsilon=26.73^\circ$ .

Склонение Солнца:  $\delta = \varepsilon \cos \frac{2\pi t}{T}$ ,

Время до ближайшего летнего солнцестояния:  $t = \frac{T}{2\pi} \arccos \frac{\delta}{\varepsilon} = 12.5$  лет.

Реально: фото 6 октября 2004, солнцестояние 25 мая 2017.

Этап 4 – 4 балла

Погрешность склонения:  $\Delta\delta = |\delta| \sqrt{\left(\frac{\Delta R}{R}\right)^2 + \left(\frac{\Delta L}{L}\right)^2} \approx 0.5^\circ$ .

Погрешность времени: около 0.5 года.



## IX.7

## КАБЫ НЕ БЫЛО ЗИМЫ

Система оценивания:

Центр Сатурна	4	
(Примерные построения)		(2)
(Без обоснования)	(0)	
Склонение Солнца	6	
(Погрешность свыше $1.5^\circ$ )		(4)
(Погрешность свыше $2.0^\circ$ )		(2)
(Погрешность свыше $2.5^\circ$ )		(0)
( $\delta > \varepsilon$ без интерпретации)		<b>(0 за реш.)</b>
Время до солнцестояния		10
(<0.25 или >0.75 периода Сатурна)		<b>(0 за реш.)</b>
Оценка погрешности	4	

---

ИТОГО

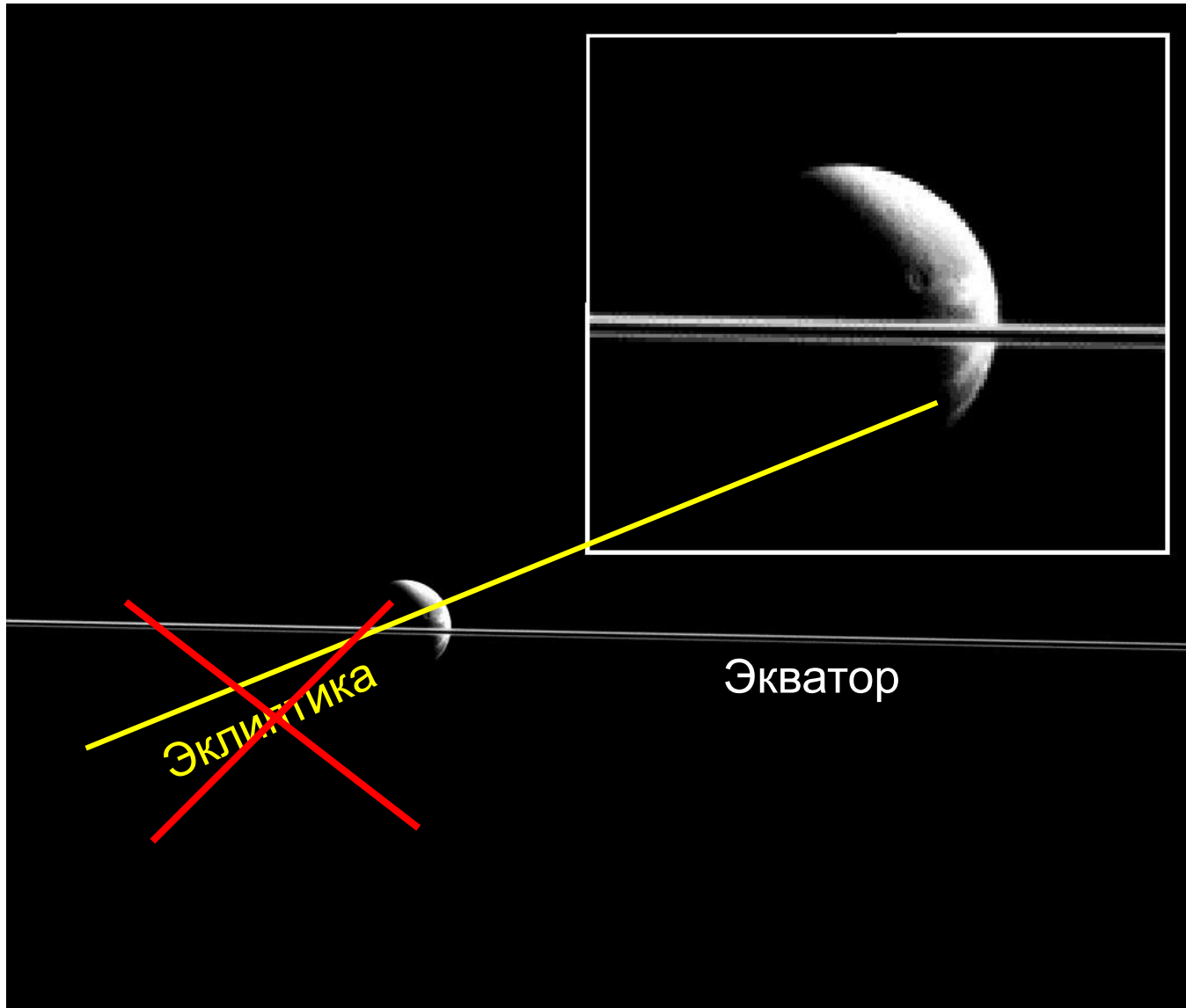
24

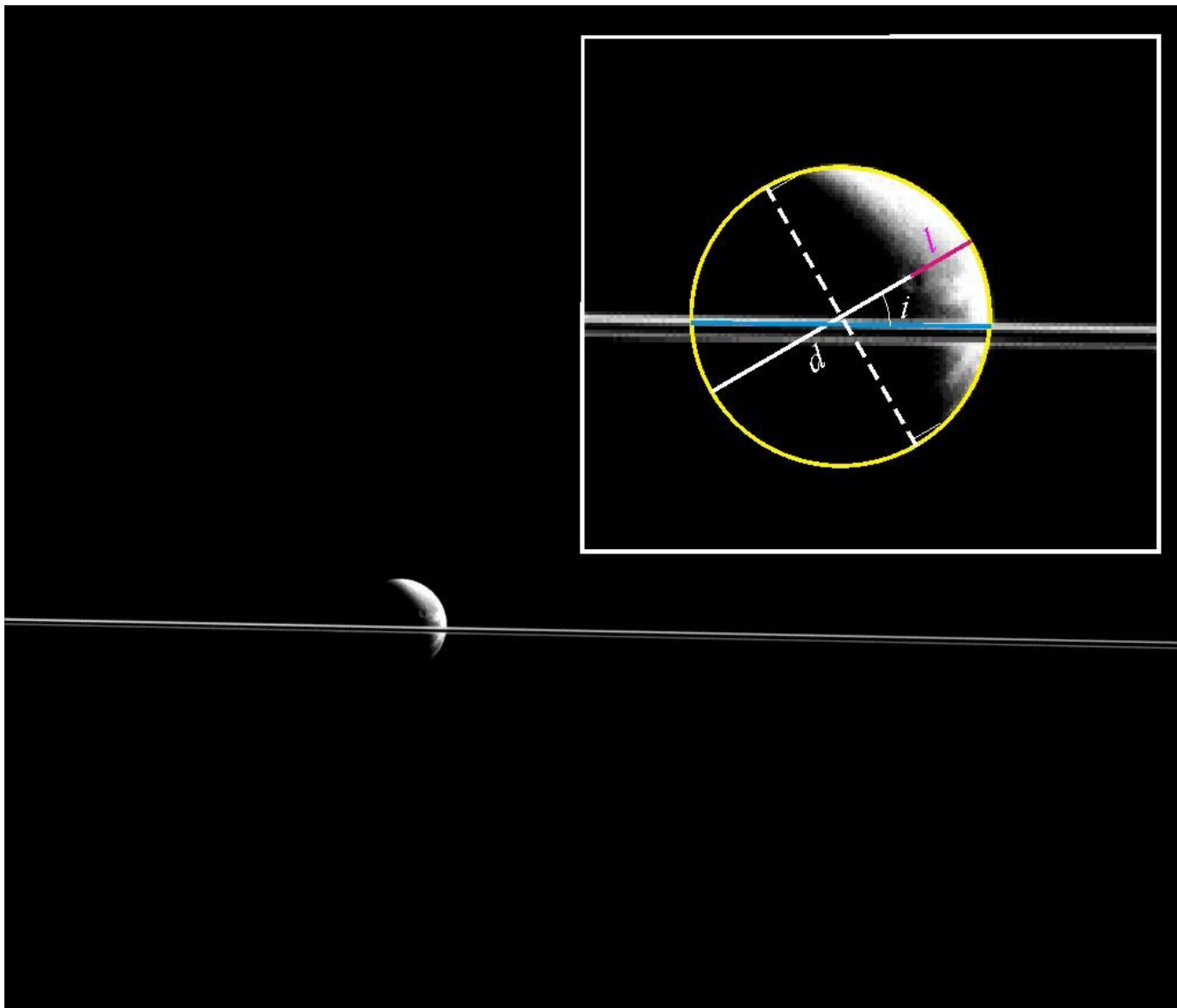




# X/XI.7 КОСМИЧЕСКАЯ НОТА

Перед Вами снимок колец Сатурна и его спутника Дионы, сделанный автоматической межпланетной станцией «Кассини» 25 декабря 2015 года, находившейся тогда в плоскости колец Сатурна. Северный полюс мира для Сатурна находится сверху от фото. Известно, что вскоре после этого на Сатурне произошло летнее солнцестояние. Определите его дату. Орбиту Сатурна считайте круговой. Оцените точность полученного результата.







# X/XI.7 КОСМИЧЕСКАЯ НОТА

Фаза Дионы:  $F = \frac{l}{d} = 0.23$ .

Этап 1 – 2 балла

Позиционный угол серпа Дионы:  $i = 31^\circ$ .

Этап 2 – 2 балла

Фазовый угол Дионы:  $\phi = \arccos(2F - 1) = 123^\circ$ .

Этап 3 – 2 балла



Этап 4 – 6 баллов

Склонение Солнца:  $\delta = \arcsin (\sin \phi \cdot \sin i) = 25.6^\circ$ .

Изменение склонения с момента равноденствия:

$$\delta = \varepsilon \sin \left( \frac{2\pi \cdot t}{T} \right),$$

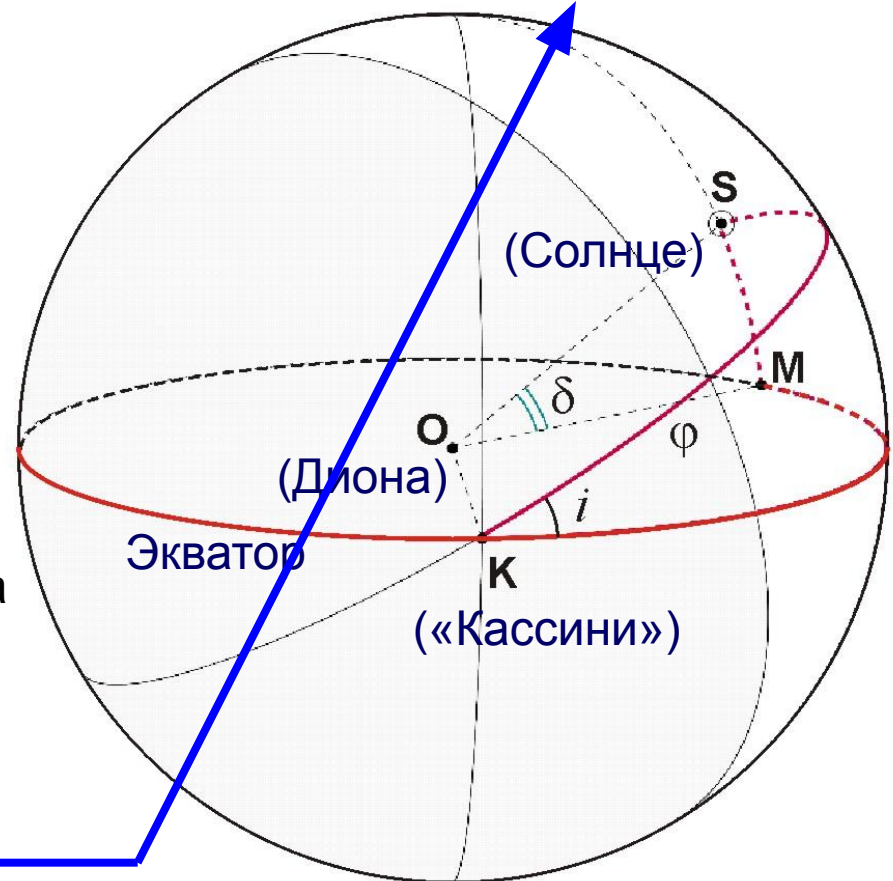
Доля года с момента равноденствия:

$$\mu = \frac{t}{T} = \frac{1}{2\pi} \arcsin \left( \frac{\delta}{\varepsilon} \right) \approx 0.20.$$

До солнцестояния: 0.05 года Сатурна или 1.5 земного года.

Середина 2017 года (реально – 26 мая 2017).

Этап 5 – 8 баллов





# X/XI.7 КОСМИЧЕСКАЯ НОТА

## Этап 6 – 4 балла

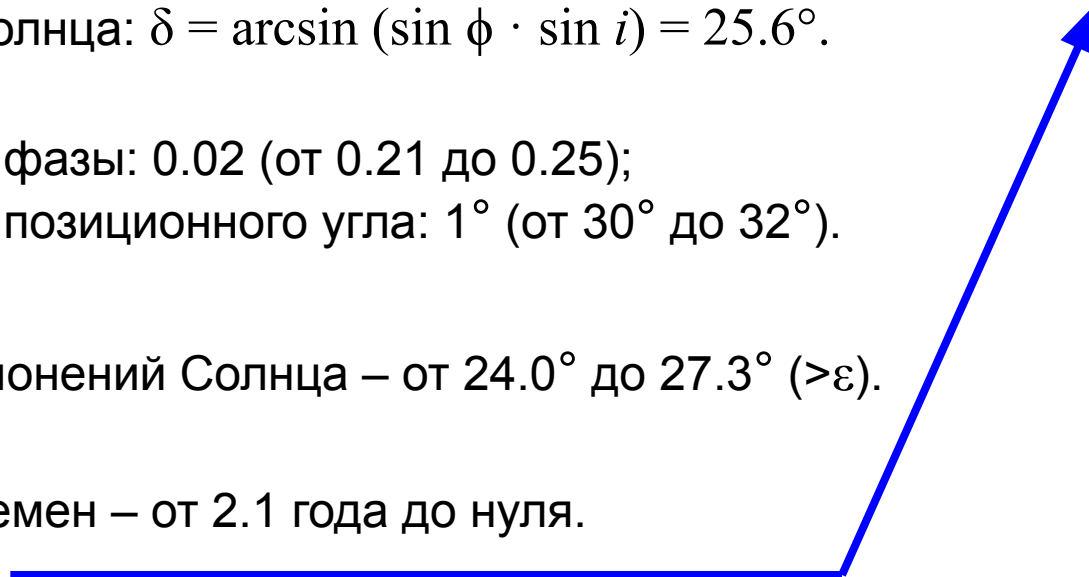
Склонение Солнца:  $\delta = \arcsin (\sin \phi \cdot \sin i) = 25.6^\circ$ .

Погрешность фазы: 0.02 (от 0.21 до 0.25);

Погрешность позиционного угла:  $1^\circ$  (от  $30^\circ$  до  $32^\circ$ ).

Диапазон склонений Солнца – от  $24.0^\circ$  до  $27.3^\circ$  ( $>\varepsilon$ ).

Диапазон времен – от 2.1 года до нуля.





# X/XI.7 КОСМИЧЕСКАЯ НОТА

Система оценивания:

Измерение фазы (Погрешность от 0.02 до 0.04)	2 (1)	
Измерение позиционного угла (Погрешность от 1° до 2°)	(1)	2
Фазовый угол	2	
Склонение Солнца ( $\delta > \varepsilon$ без интерпретации)	6 (0 за реш.)	
Время до солнцестояния ( $> 0.25$ периода Сатурна)	8 (0 за реш.)	
Оценка точности	4	

---

ИТОГО

24



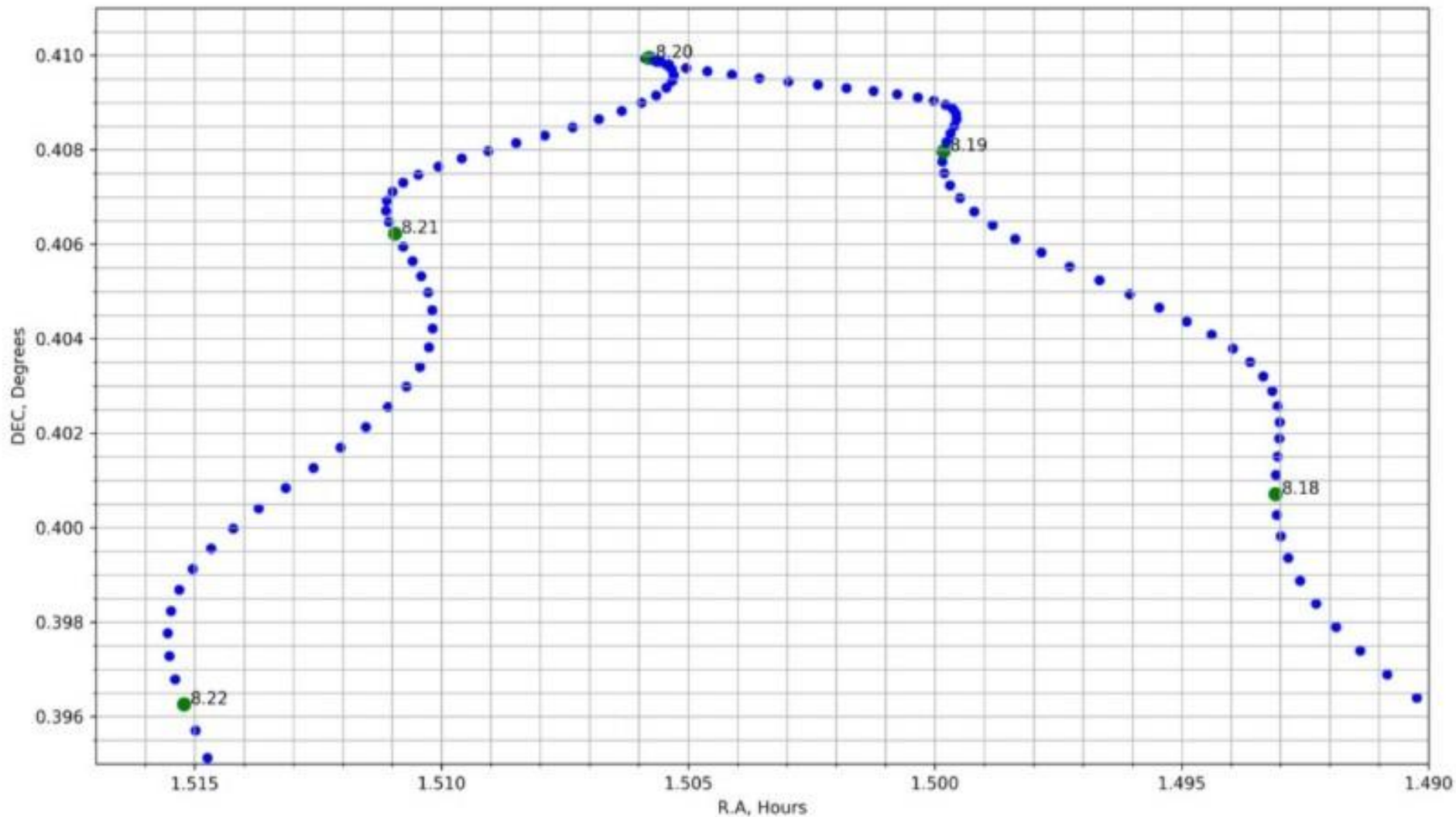
# IX/X.8 ПОПУТЧИК ЗЕМЛИ

Перед Вами карта в экваториальных координатах, на которой указаны положения астероида 2018 RC. Масштаб карты по прямому восхождению и склонению неодинаков. Известно, что 9 сентября 2018 года этот астероид сблизился с Землей на минимальное расстояние в 220 тыс. км. Положения астероида на небе рассчитаны для Пулковской обсерватории и нанесены с шагом в 1 час; подписи соответствуют началу суток по Всемирному времени. Даты указаны в формате "месяц.день" (8.20 означает 20 августа). Определите, на каком расстоянии от Земли объект находился в полночь по Всемирному времени 20 августа.





ОБЪЕКТ: 2018 RC  
Site: Pulkovo (59°46'N, 30°19'E)  
Ephemeris provided by Jet Propulsion Lab (NASA)

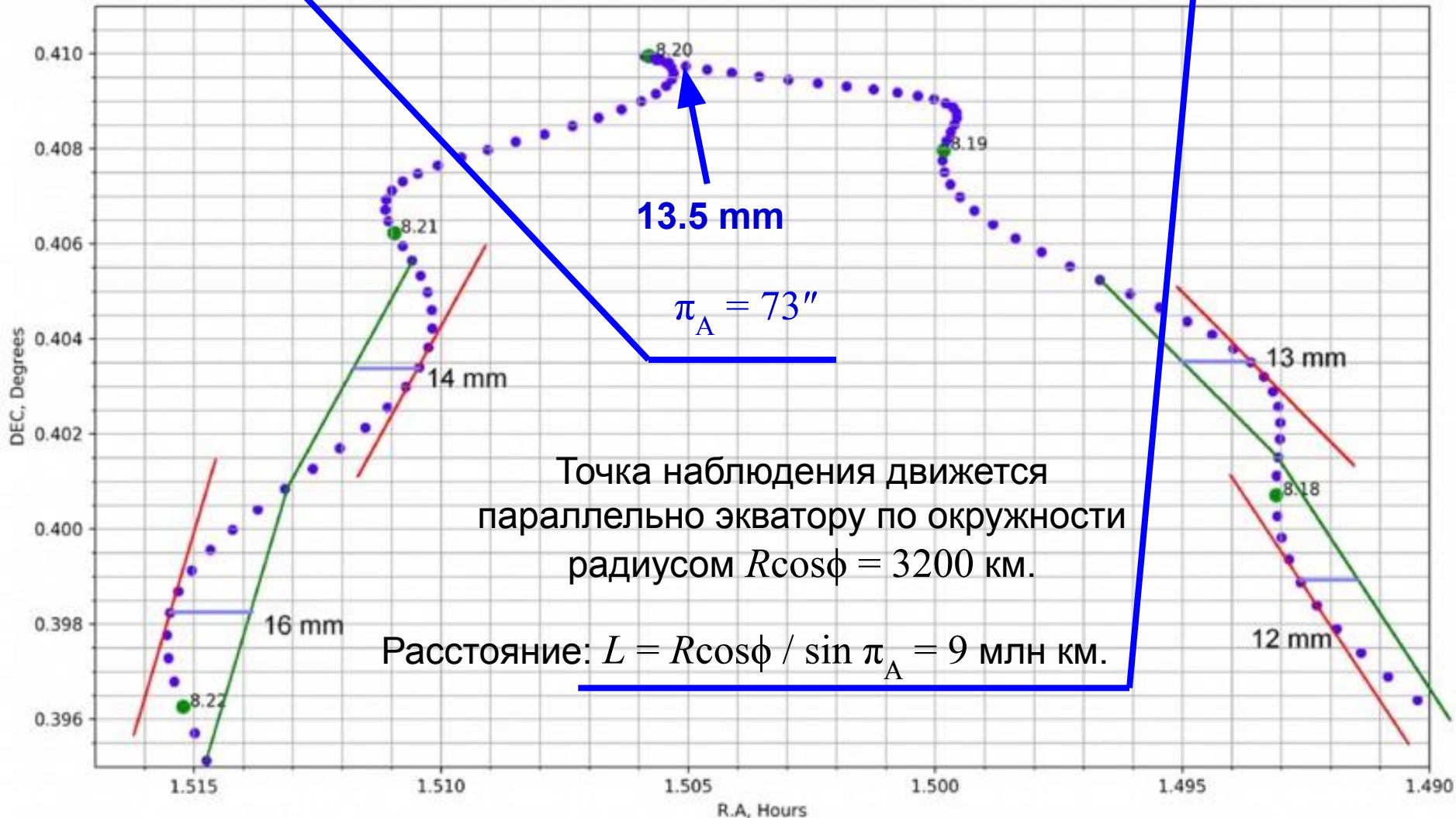


# IX/Х.8 ПОПУТЧИК ЗЕМЛИ

Этап 1 – 12 баллов

Этап 2 – 12 баллов

ОБЪЕКТ: 2018 RC  
Site: Pulkovo (59°46'N, 30°19'E)  
Ephemeris provided by Jet Propulsion Lab (NASA)





# IX/X.8 ПОПУТЧИК ЗЕМЛИ

Система оценивания:

Измерение параллакса (По одной точке)	(4)	12
Определение расстояния (Не учтен фактор широты, ошибка в 2 раза)		12 (4)

---

ИТОГО 24



# XI.8

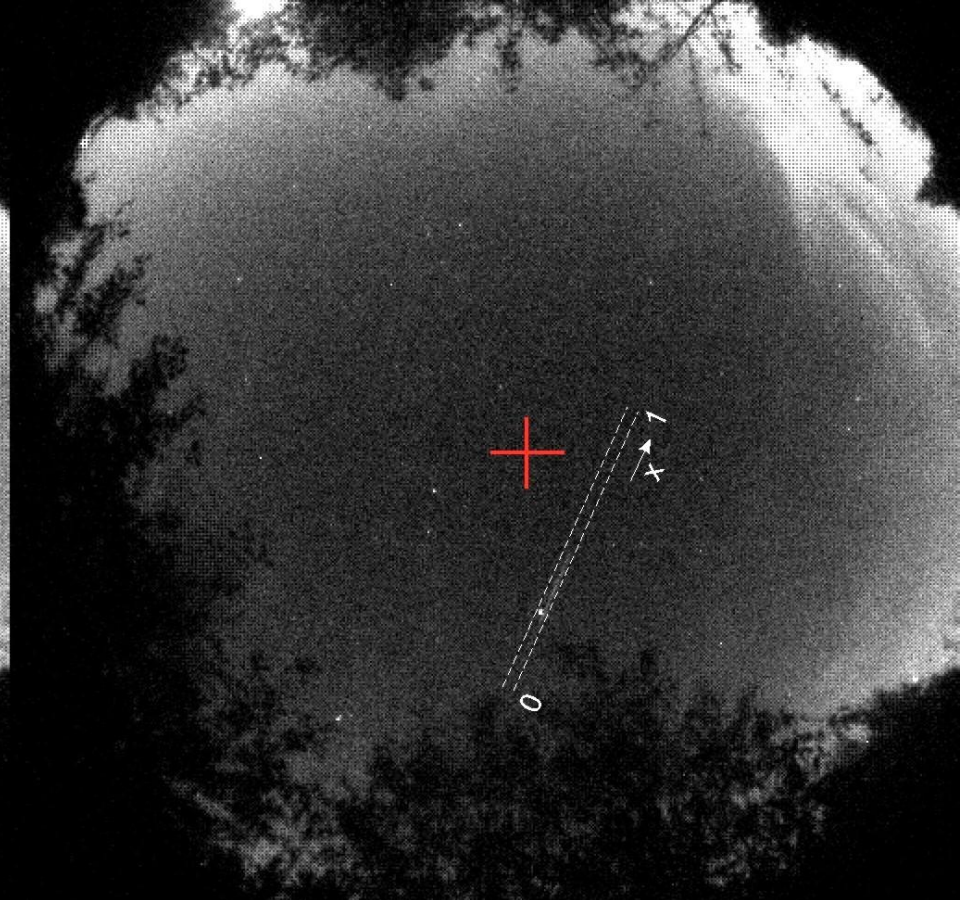
## ПОЛЯРНЫЙ ПОТОК

Перед Вами фото звездного неба, сделанное широкоугольной камерой 13 октября 2018 года в средней полосе России, экспозиция составляет 24.3 секунды. На нем запечатлен яркий метеор, пролетевший на небе мимо звезды Вега ( $\alpha=18.5\text{ч}$ ,  $\delta=+39^\circ$ , блеск  $0.0^m$ ), вспышка метеора завершилась вблизи положения звезды. Возможно, метеор принадлежит малоизвестному потоку Октябрьские Камелопардалиды с радиантом вблизи северного полюса мира и геоцентрической скоростью 47 км/с. Исходя из этого, определите звездную величину метеора в пике его яркости, а также массу метеорного тела, считая, что в излучение перешел 1% его кинетической энергии. Правое фото идентично левому, на нем сделаны необходимые обозначения, красный крест показывает положение зенита. При решении вы можете воспользоваться фотометрическим срезом кадра вдоль узкой полосы, показанной на правом фото, в графическом и табличном варианте. Считать, что метеор вспыхнул на высоте 100 км, уменьшением его скорости в атмосфере пренебречь.



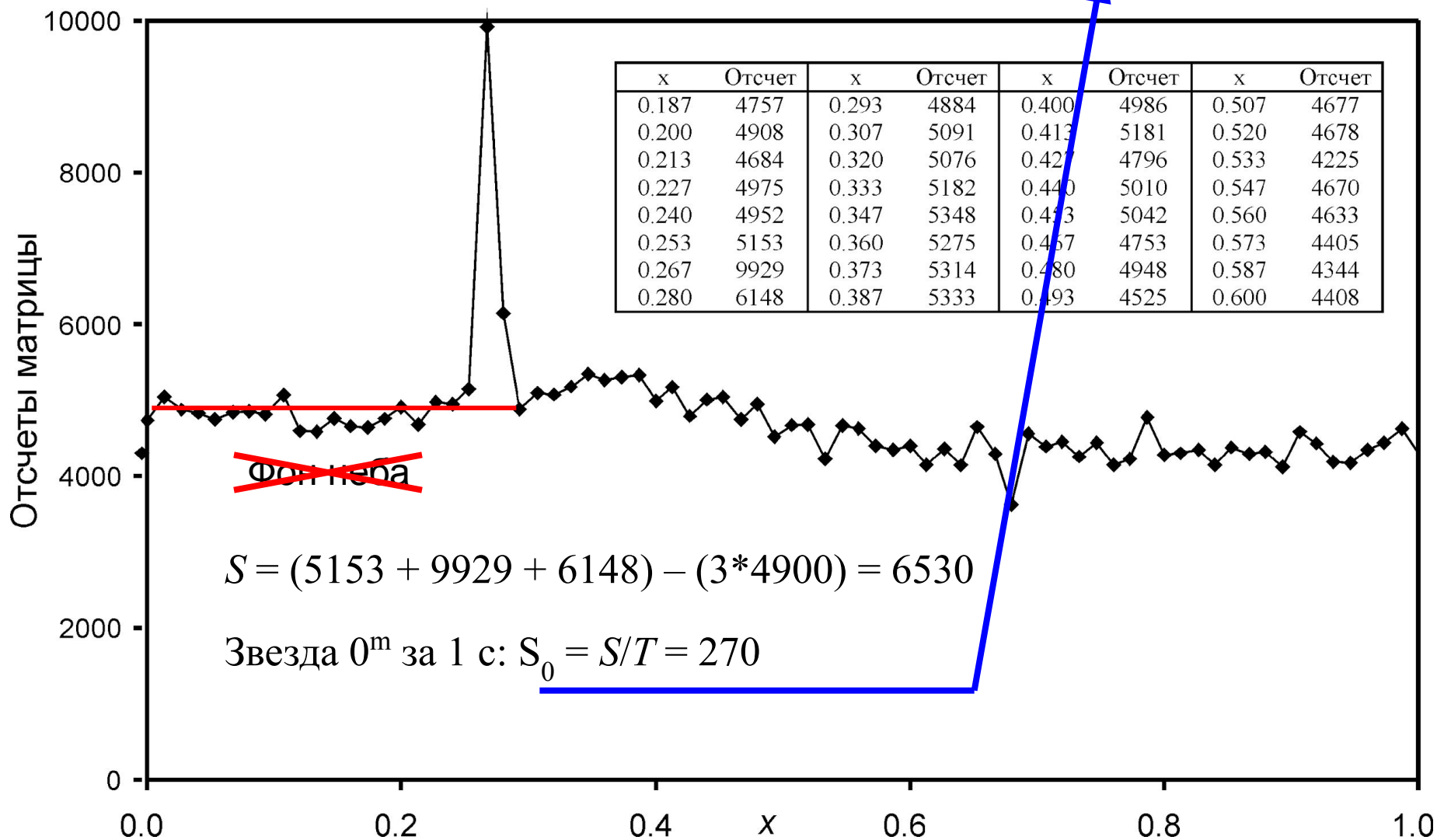
# XI.8

## ПОЛЯРНЫЙ ПОТОК





Этап 1 – 2 балла



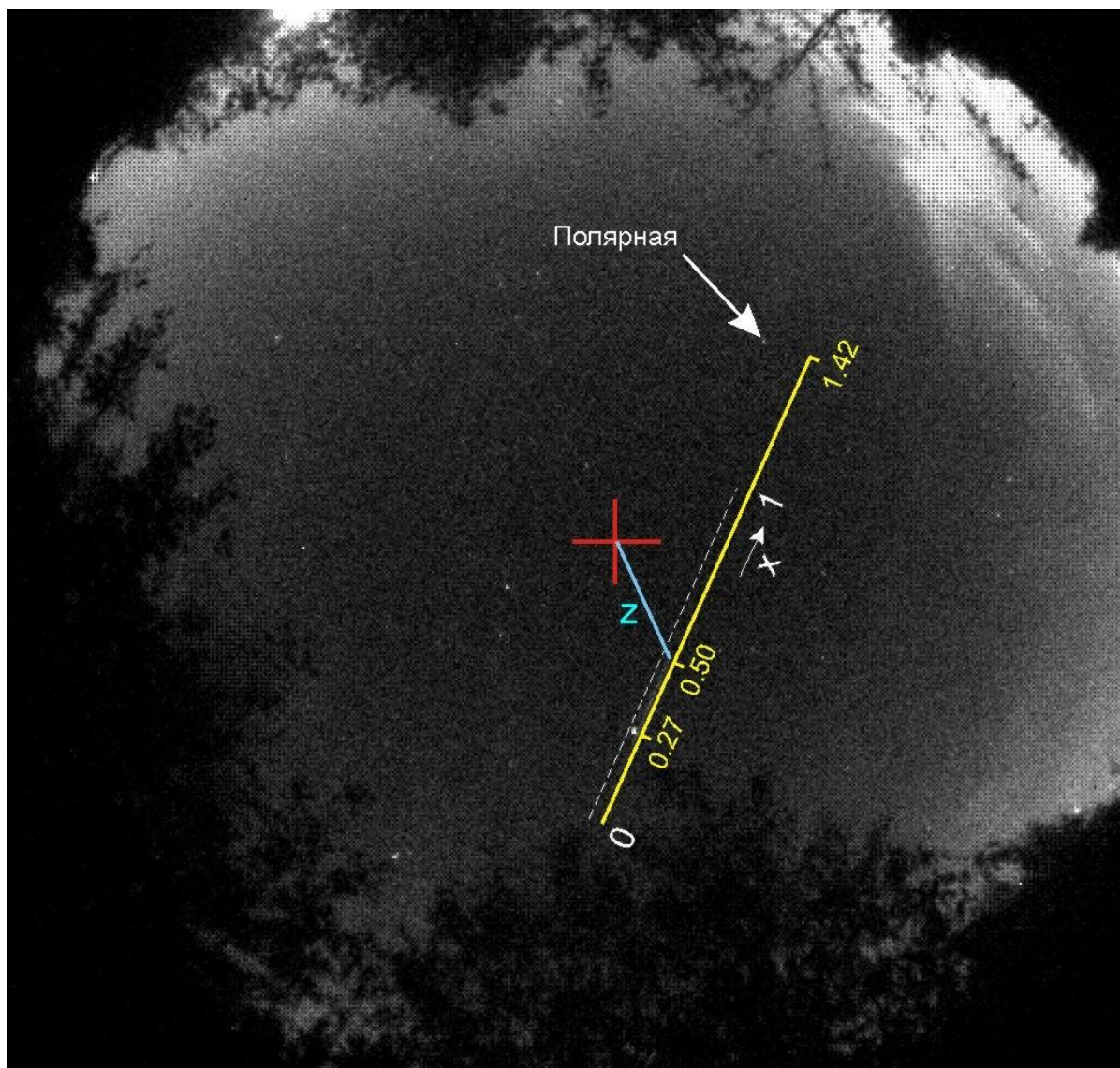


# XI.8

## ПОЛЯРНЫЙ ПОТОК

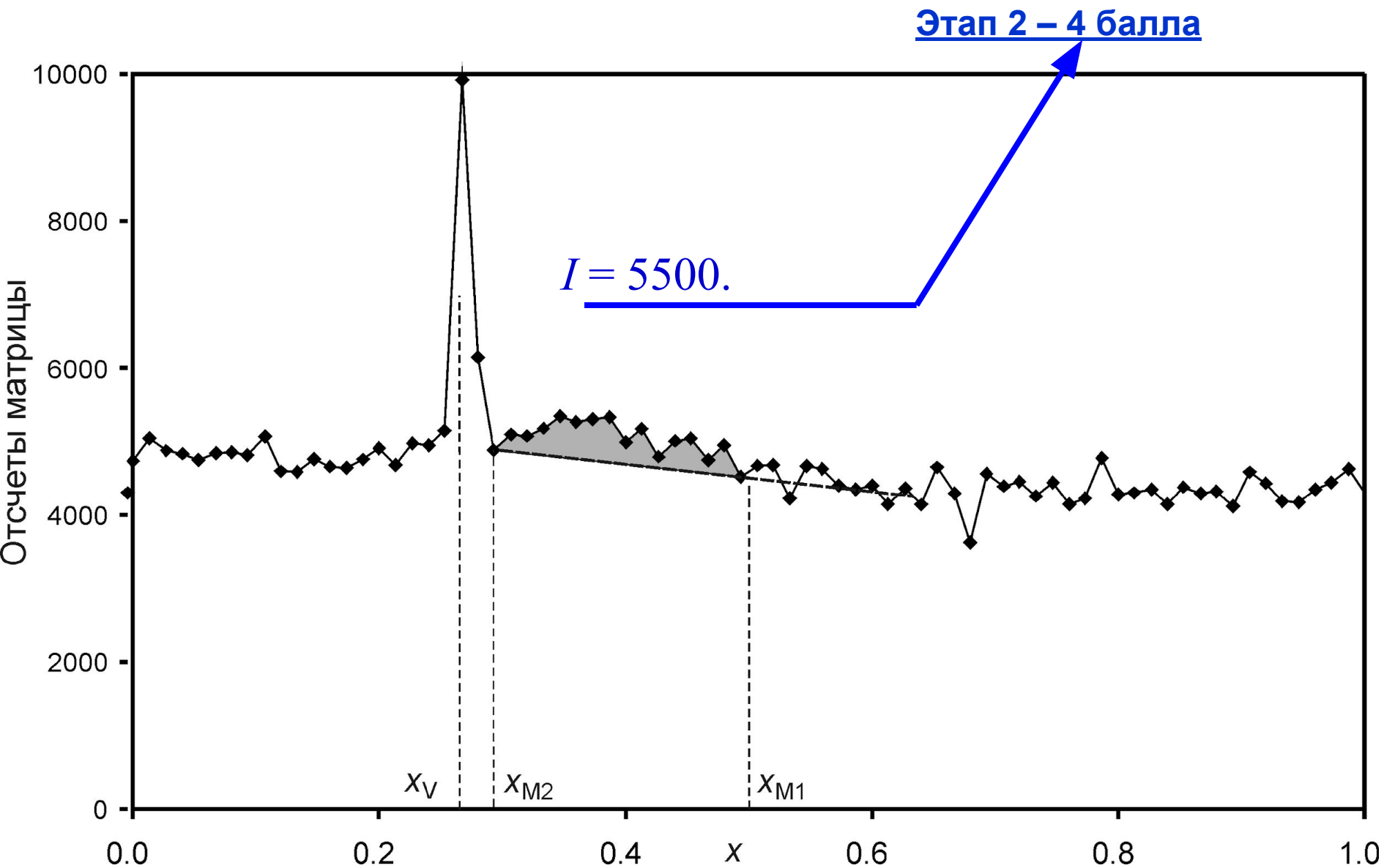


Этап 2 – 4 балла



# XI.8

## ПОЛЯРНЫЙ ПОТОК



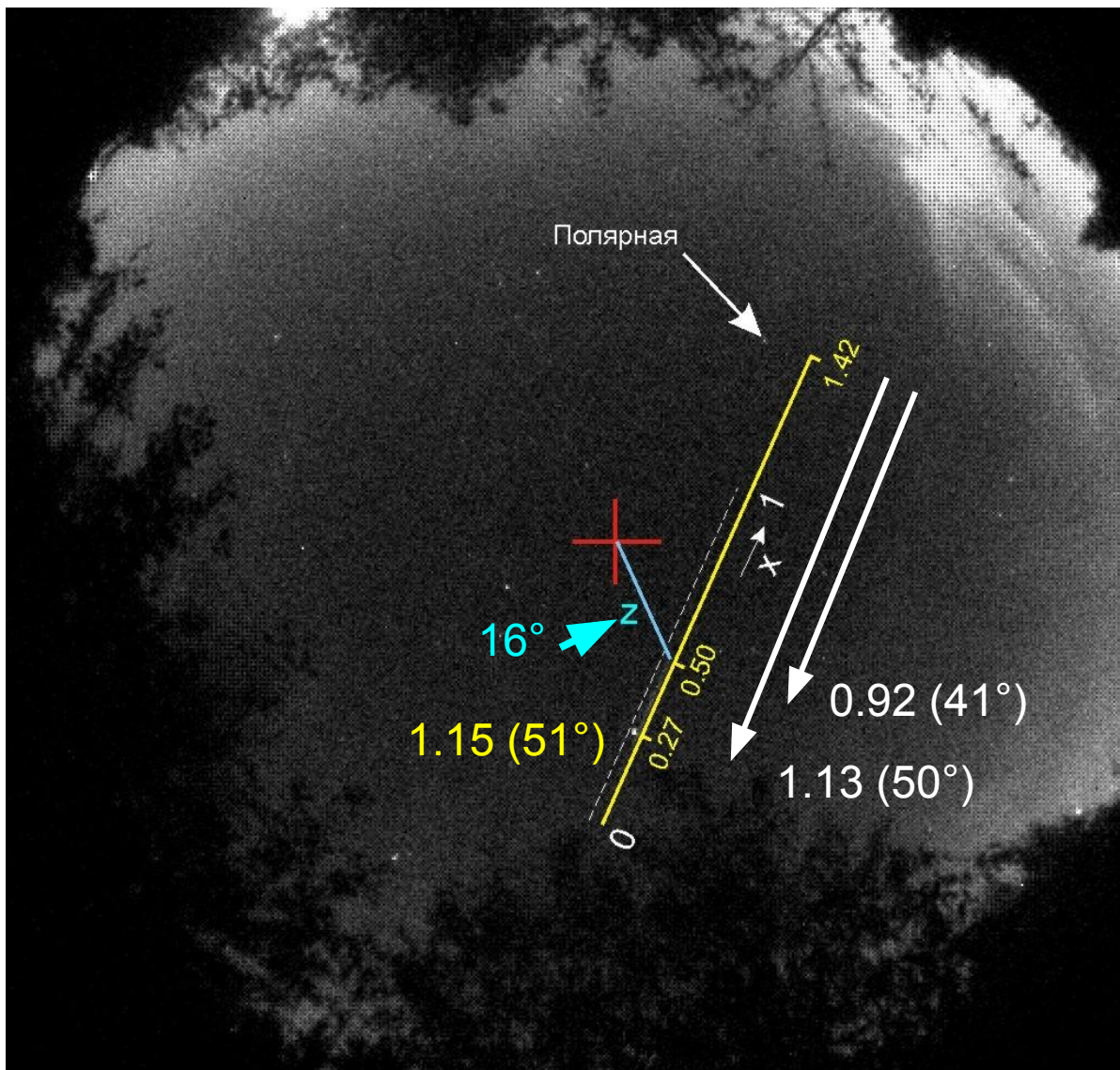




### Этап 3 – 12 баллов

Расстояние до точки возгорания:

$$d_1 = h / \cos z = 104 \text{ км} \sim h.$$





# XI.8

## ПОЛЯРНЫЙ ПОТОК

Длина пути метеора:

$$L = d_1 \frac{\sin(\gamma_2 - \gamma_1)}{\sin(180^\circ - \gamma_2)} = 21 \text{ км.}$$

Длительность метеора:  $t = L / v = 0.45 \text{ с.}$

Отсчет от метеора в единицу времени:

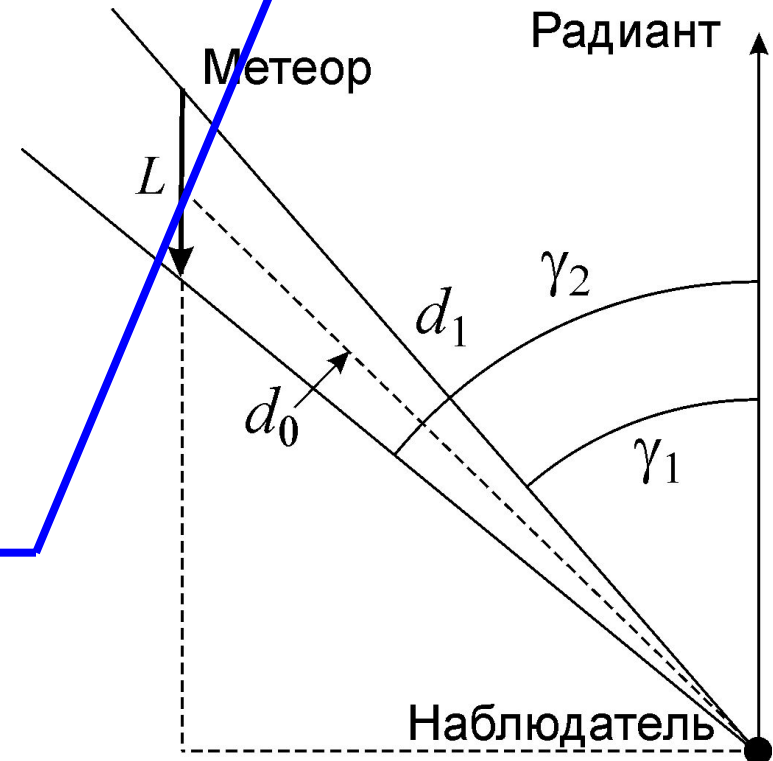
$$I_0 = I/t \approx 12000.$$

Средняя звездная величина метеора по измеряемой линии:

$$m = m_V - 2.5 \lg(I_0/S_0) \approx -4.$$

Звездная величина в пике яркости:  $\sim -5^m$ .

Этап 3 – 12 баллов





# XI.8

## ПОЛЯРНЫЙ ПОТОК

### Этап 4 – 6 баллов

Солнце:  $m_0 = -26.8$ ,  $F_0 = 1360$  Дж/м<sup>2</sup>с.

Метеор:  $F_M = F \cdot 10^{0.4(m_0 - m)} = 10^{-6}$  Дж/м<sup>2</sup>с.

Среднее расстояние до метеора:

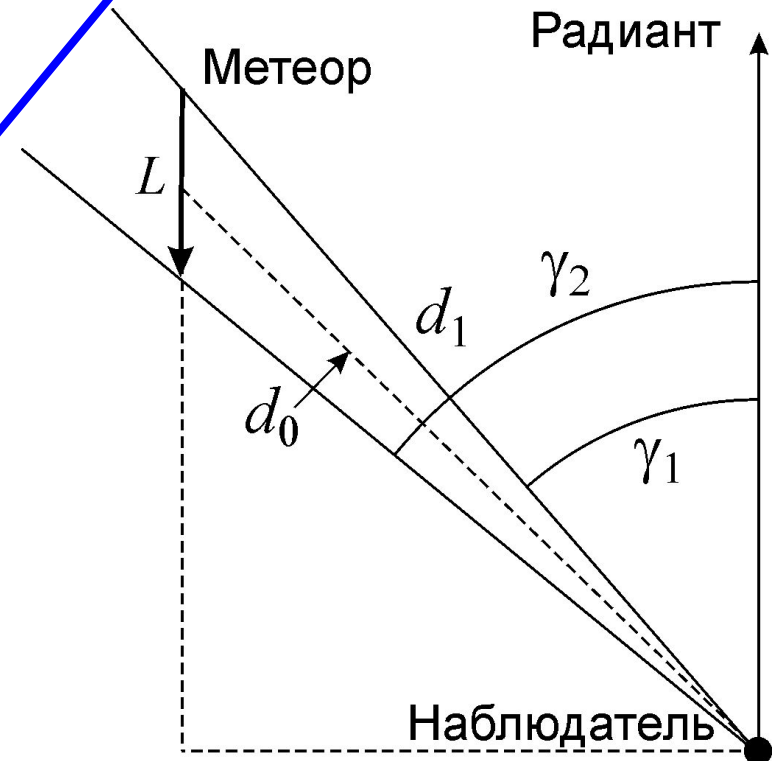
$$d_0 = d_1 \frac{\sin \gamma_1}{\sin((\gamma_1 + \gamma_2)/2)} = 96 \text{ км.}$$

Полная энергия излучения метеора:

$$E_M = F_M \cdot t \cdot 4\pi d_0^2 \approx 5 \cdot 10^4 \text{ Дж.}$$

Масса метеорного тела:

$$M = \frac{2E_M}{\eta v^2} \approx 5 \text{ г.}$$





# XI.8

## ПОЛЯРНЫЙ ПОТОК

Система оценивания:

Калибровка прибора (сигнал от Веги)	2
(по фону) (0)	
Определение отсчета от метеора	4
(фон постоянен) ( $\leq 2$ )	
Вычисление звездной величины метеора	12
(Только средняя величина по измеряемой части) (10)	
(Средняя величина по всему треку) (8)	
(Движение метеора перпендикулярно наблюдателю, ошибка около $1^m$ ) (4)	
(Без учета длительности, ошибка на 5 звездных величин) (0)	
(Метеор сравним с Вегой или слабее ее) (0)	
Масса метеорного тела	6
(неточный учет расстояния) (4)	
(не учтена длительность) (2)	

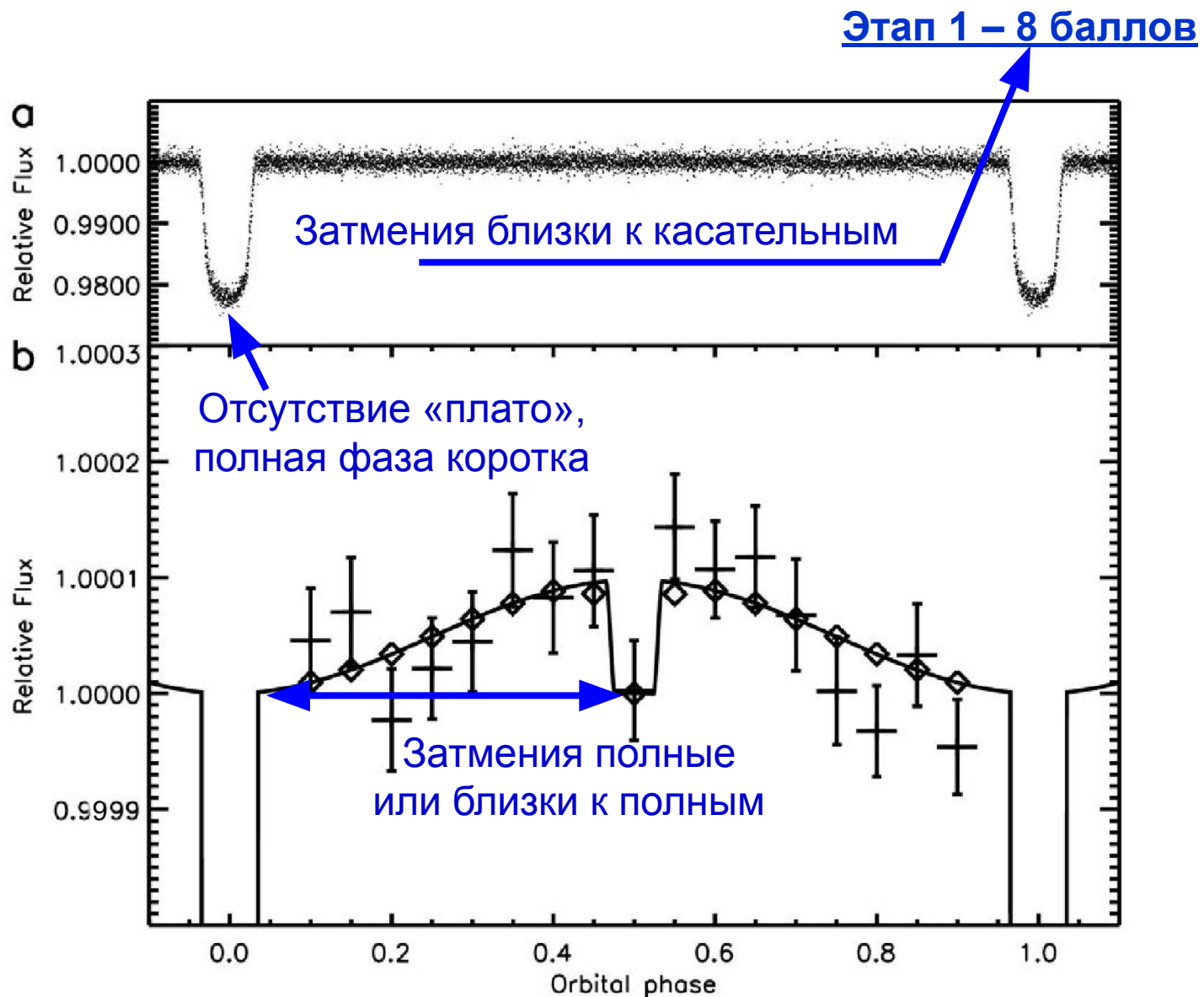
---

**ИТОГО** 24

Не учтен фон: 0 за 1-2-3 этапы

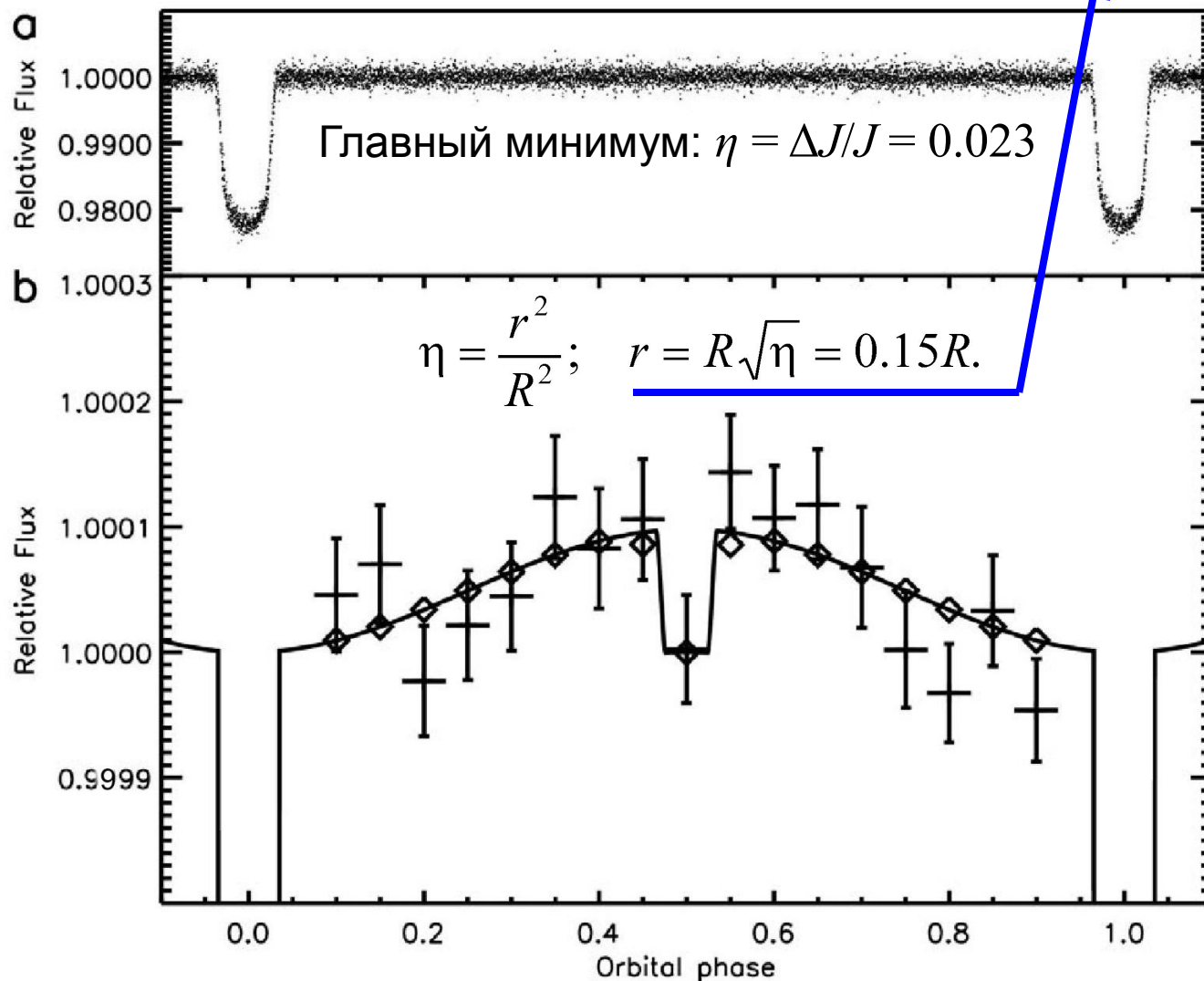


На графике показано изменение видимой яркости затменной системы HD 189733 из звезды с планетой (статья Snellen I.A.G., de Mooij E.J.W., Albrecht S., Nature 459, 543, 2009) в двух масштабах. Виден как главный, так и вторичный минимум. Исходя из этого, оцените альbedo планеты и наклон ее орбиты к лучу зрения. Орбиту планеты считать круговой, потемнением звезды к краю пренебречь.





Этап 2 – 2 балла







Этап 3 – 4 балла

Длина пути планеты во время затмения:

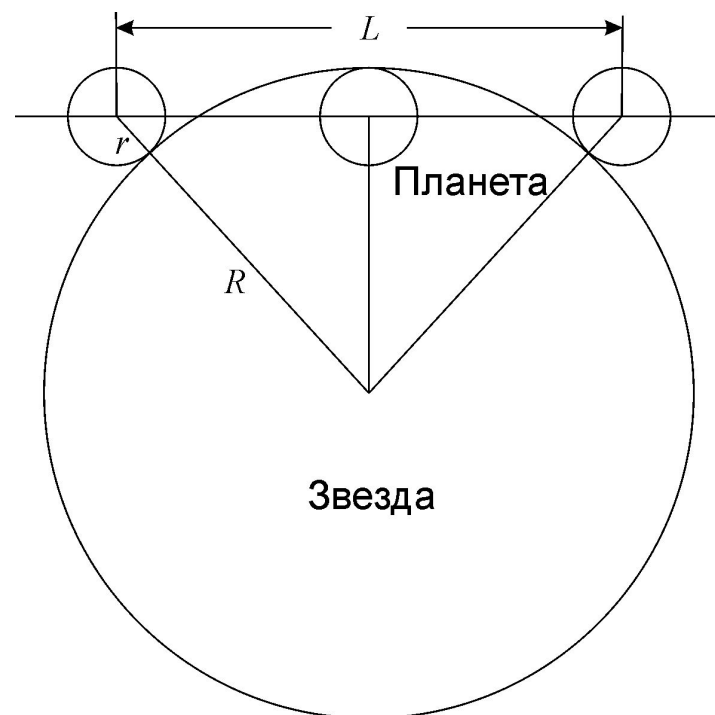
$$L = 2\sqrt{(R+r)^2 - (R-r)^2} = 4\sqrt{Rr} = 4R\eta^{1/4} \approx 1.6R.$$

Орбитальная фаза во время затмения  $f: \pm 0.03$ .

$$2f = \frac{L}{2\pi a}.$$

Радиус орбиты планеты:

$$a = \frac{L}{4\pi f} = \frac{R\eta^{1/4}}{\pi f} \approx 4R.$$







Наклон орбиты к лучу зрения:

$$i = \arcsin \frac{R-r}{a} = \arcsin \frac{(1-\sqrt{\eta})\pi f}{\eta^{1/4}} = 12^\circ.$$

Этап 4 – 4 балла

Светимость планеты:

$$b = \frac{B}{4\pi a^2} \cdot A \cdot \pi r^2.$$

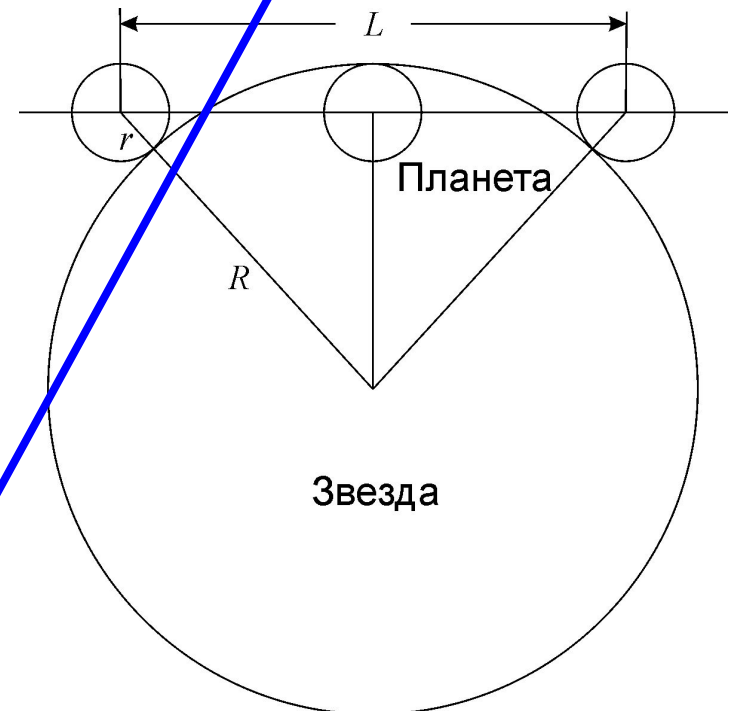
Полусферное отражение: видимые яркости

$$J = \frac{B}{4\pi D^2}; \quad j = \frac{b}{2\pi D^2} = B \frac{Ar^2}{2a^2}.$$

$\kappa = j/J = 10^{-4}$ . Альбедо:

$$A = \frac{2\kappa a^2}{r^2} = \frac{2\kappa}{\pi^2 f^2 \sqrt{\eta}} = 0.15.$$

Этап 5 – 6 баллов





Система оценивания:

Характер затмений (Без обоснований) (Указание только одного эксп.фактора)	8 (2) (4)	
Соотношение радиусов (пл/зв) (0.14 – 0.16)		2
Соотношение радиусов (орб/зв) (3.5 – 4.5)		4
Наклон орбиты ( $i = 0$ или $i > 20^\circ$ ) (не учтена длительность)	4 (0) (2)	
Альбедро (полусфера или сфера)		6

---

ИТОГО

24