

# XXVI Всероссийская олимпиада школьников по астрономии г. Самара, 2019 г.



9 класс

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

### IX. 1 ✦ ЛАЗЕР СЛЕДЯЩИЙ

Искусственный спутник Земли обращается по круговой экваториальной орбите на высоте 500 км над поверхностью Земли в направлении осевого вращения Земли. На нем установлен мощный узконаправленный прожектор, вращающийся так, чтобы держать на луче определенную точку на экваторе Земли всегда, когда это только возможно. Определите длительность каждого сеанса такого освещения, а также угловые скорости прожектора в начале и середине сеанса. Сам спутник не вращается вокруг своей оси, атмосферной рефракцией и поглощением света, а также действием на систему всех других тел пренебречь.

### IX. 2 ✦ СЕРП МАЛЫЙ И СЕРП БОЛЬШОЙ

Луна и Венера вступили на небе Земли в тесное соединение, обе при этом видны как тонкие серпы. У кого из них фаза больше и во сколько раз? Атмосферные эффекты увеличения фазы Венеры не учитывать.

### IX. 3 ✦ ВНУТРИ ГАЛАКТИКИ

Эллиптическая галактика типа E0 (шарообразная форма) на 20% по массе состоит из звезд солнечного типа и на 80% - из темной материи. Плотность обеих составляющих постоянна на всем объеме галактики. Некоторая звезда движется по замкнутой траектории внутри галактики, не вылетая за ее пределы, с периодом 100 миллионов лет. Сколько всего звезд было бы видно невооруженным глазом в небе обитаемой планеты, обращающейся вокруг этой звезды? Тесные сближения с другими звездами не учитывать.

### IX. 4 ✦ БЕГУЩАЯ ТЕНЬ

В каких широтах лунная тень во время солнечного затмения может двигаться по поверхности Земли точно с запада на восток, и в каких – точно с востока на запад? Атмосферной рефракцией и рельефом Земли пренебречь.

### IX. 5 ✦ КАРМАННЫЙ ПЛАНЕТАРИЙ

Один астроном решил сделать себе свой собственный планетарий, просверлив отверстия нужного размера в глобусе радиусом 20 см, в центр которого он установил точечный источник света. Оцените размер отверстия в глобусе, при котором размер проецируемой звезды перестанет сокращаться с уменьшением диаметра отверстия. Пусть такой диаметр соответствует самым слабым звездам, видимым невооруженным глазом. Считая, что относительная яркость звезд должна сохраняться, определите размер отверстия для самой яркой звезды ночного неба, Сириуса, имеющего звездную величину  $-1.5^m$ , и угловой размер его изображения. Звезды какой звездной величины сидящий рядом с планетарием астроном увидит, как точки?

### IX. 6 ✦ КОМЕТА СО СВИТОЙ

12 сентября 2018 года комета Джакобини-Циннера прошла на минимальном расстоянии от Земли в своем текущем обороте вокруг Солнца и одновременно оказалась в точке перигелия своей орбиты. После этого, 9 октября 2018 года, наступил острый максимум метеорного потока Драконида, порожденного этой кометой. Считая, что радиант потока находится в северном полюсе эклиптики, а сам рой компактен, найдите минимальное расстояние кометы Джакобини-Циннера от Земли в 2018 году и наклонение ее орбиты к плоскости эклиптики. Эксцентриситет орбиты кометы равен 0.7, орбиту Земли считать круговой.

**XXVI Всероссийская олимпиада  
школьников по астрономии  
г. Самара, 2019 г.**



10 класс

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР**

**X. 1 ✦ ЛАЗЕР ДВИЖУЩИЙ**

В одном из проектов будущего предполагается разгонять маленькие космические корабли мощным лазерным лучом, отправляя их на большие расстояния. До какой скорости можно разогнать идеально зеркальный корабль цилиндрической формы с диаметром основания 1 мм и массой 1 мг оптическим лазером мощностью 1 МВт и расходимостью пучка 5''? Считать, что основание цилиндра ориентировано перпендикулярно лазерному лучу, сам луч при выходе из лазера очень тонкий. Начальной скоростью корабля и гравитационным действием на него всех окрестных тел пренебречь.

**X. 2 ✦ ВЗРЫВ КОМЕТЫ**

Ядро слабой кометы располагается в противосолнечной точке неба на расстоянии 1 а.е. от Земли, находясь при этом в перигелии своей параболической орбиты. В этот момент в ядре происходит взрыв, разбивающий его на миллион одинаковых осколков, разлетающихся во все стороны со скоростью до 10 м/с. Вскоре после взрыва комета на короткое время становится видимой на пределе в телескоп с диаметром объектива 8 см. Оцените время, в течение которого комета будет превосходить по своей поверхностной яркости фон неба ( $21^m$  с квадратной секунды).

**X. 3 ✦ ВНУТРИ ГАЛАКТИКИ**

Эллиптическая галактика типа E0 (шарообразная форма) на 20% по массе состоит из звезд солнечного типа и на 80% - из темной материи. Плотность обеих составляющих постоянна на всем объеме галактики. Некоторая звезда движется по замкнутой траектории внутри галактики, не вылетая за ее пределы, с периодом 100 миллионов лет. Сколько всего звезд было бы видно невооруженным глазом в небе обитаемой планеты, обращающейся вокруг этой звезды? Тесные сближения с другими звездами не учитывать.

**X. 4 ✦ ТОНКАЯ ПОЛОСА**

На Земле происходит солнечное затмение. В некоторой точке Земли на горизонте наблюдается полное затмение с фазой ровно 1.0, видимые диски Солнца и Луны совпадают по положению и размерам. В 10 км от этой точки вдоль пути тени ширина полосы полной фазы на поверхности Земли составляет 200 м. На какой максимальной высоте над горизонтом можно будет увидеть это полное солнечное затмение на Земле? Атмосферной рефракцией, рельефом и эффектами осевого вращения Земли пренебречь.

**X. 5 ✦ МЕЖЗВЕЗДНАЯ СТРАНИЦА**

Комета покинула окрестности звезды Росс 248 по параболической траектории относительно нее и попала в окрестности Солнца, пролетев мимо него на минимальном расстоянии 1 а.е. Какой был эксцентриситет орбиты этой кометы при пролете около Солнца? На какой угол изменится направление скорости кометы после пролета через Солнечную систему? Параметры звезды Росс 248: собственное движение 1.6''/год, лучевая скорость равна -78 км/с, параллакс 0.32''. Влиянием на систему всех иных тел, кроме Солнца и звезды Росс 248, пренебречь.

**X. 6 ✦ ГЛОБАЛЬНАЯ БУРЯ**

На Марсе разразилась мощная пылевая буря, охватившая в равной степени всю планету и ослабившая блеск Солнца в зените на  $1^m$ . Определите общую массу поднятой пыли, считая, что она состоит из частиц радиусом 0.1 мм и плотностью 1.5 г/см<sup>3</sup>. Волновые эффекты при взаимодействии света с частицей не учитывать.



# XXVI Всероссийская олимпиада школьников по астрономии г. Самара, 2019 г.



11 класс

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР

### XI. 1 ✦ ЛАЗЕР ДВИЖУЩИЙ

В одном из проектов будущего предполагается разогнать маленькие космические корабли мощным лазерным лучом, отправляя их на большие расстояния. До какой скорости можно разогнать идеально зеркальный корабль цилиндрической формы с диаметром основания 1 мм и массой 1 мг оптическим лазером мощностью 1 МВт и расходимостью пучка 5''? Считать, что основание цилиндра ориентировано перпендикулярно лазерному лучу, сам луч при выходе из лазера очень тонкий. Начальной скоростью корабля и гравитационным действием на него всех окрестных тел пренебречь.

### XI. 2 ✦ ВЗРЫВ КОМЕТЫ

Ядро слабой кометы располагается в противосолнечной точке неба на расстоянии 1 а.е. от Земли, находясь при этом в перигелии своей параболической орбиты. В этот момент в ядре происходит взрыв, разбивающий его на миллион одинаковых осколков, разлетающихся во все стороны со скоростью до 10 м/с. Вскоре после взрыва комета на короткое время становится видимой на пределе в телескоп с диаметром объектива 8 см. Оцените время, в течение которого комета будет превосходить по своей поверхностной яркости фон неба ( $21^m$  с квадратной секунды).

### XI. 3 ✦ СКВОЗЬ ЗЕМЛЮ

Между полюсами Земли прорыли прямую шахту, из которой был откачан газ. Аппарат, оснащенный надежной термозащитой, был сброшен в эту шахту с поверхности Земли без начальной скорости. Во время пролета через центр Земли аппарат на короткое время включил импульсный двигатель, выбросивший 1/10 полной массы аппарата с относительной скоростью 10 м/с назад вдоль линии движения аппарата. С какой скоростью аппарат вылетит из шахты на противоположном полюсе Земли? Считать Землю однородным по плотности шаром.

### XI. 4 ✦ КОРОТКИЕ МГНОВЕНИЯ

Полное солнечное затмение произошло 20 марта у восходящего узла орбиты Луны. В пункте А центральное затмение наблюдалось на восходе Солнца, полная фаза (между моментами внутренних контактов дисков Луны и Солнца) продлилась ровно 2 минуты. В пункте В центральное затмение наступило в местный истинный солнечный полдень, а полная фаза продлилась ровно 3 минуты. Определите широты обоих пунктов. Рельеф Земли и атмосферную рефракцию не учитывать.

### XI. 5 ✦ МЕЖЗВЕЗДНАЯ СТРАНИЦА

Комета покинула окрестности звезды Росс 248 по параболической траектории относительно нее и попала в окрестности Солнца, пролетев мимо него на минимальном расстоянии 1 а.е. Какой был эксцентриситет орбиты этой кометы при пролете около Солнца? На какой угол изменится направление скорости кометы после пролета через Солнечную систему? Параметры звезды Росс 248: собственное движение 1.6''/год, лучевая скорость равна -78 км/с, параллакс 0.32''. Влиянием на систему всех иных тел, кроме Солнца и звезды Росс 248, пренебречь.

### XI. 6 ✦ СКОПЛЕНИЕ В ПЫЛИ

Рассеянное скопление имеет радиус 10 пк и состоит из звезд, подобных Солнцу, газа и пыли. Расстояние до скопления равно 1 кпк. Газопылевое облако имеет тот же центр и радиус, а оптическая толщина по диаметру равна 100. Звезды, газ и пыль распределены в скоплении однородно. Пылинки черные, их радиус 1 мкм, плотность 1 г/см<sup>3</sup>. Массовый вклад пыли составляет 1/100 от вклада газа, газ прозрачен. В земные телескопы в скоплении видно 100 звезд блеском ярче 20<sup>m</sup>. Определите, какая доля полной массы скопления содержится в звездах. Межзвездным поглощением вне скопления и волновыми эффектами на пыли пренебречь.

**XXVI Всероссийская олимпиада  
школьников по астрономии**  
г. Самара, 2019 г.



9 класс

**ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР**

**IX. 7 ✦ КАБЫ НЕ БЫЛО ЗИМЫ**

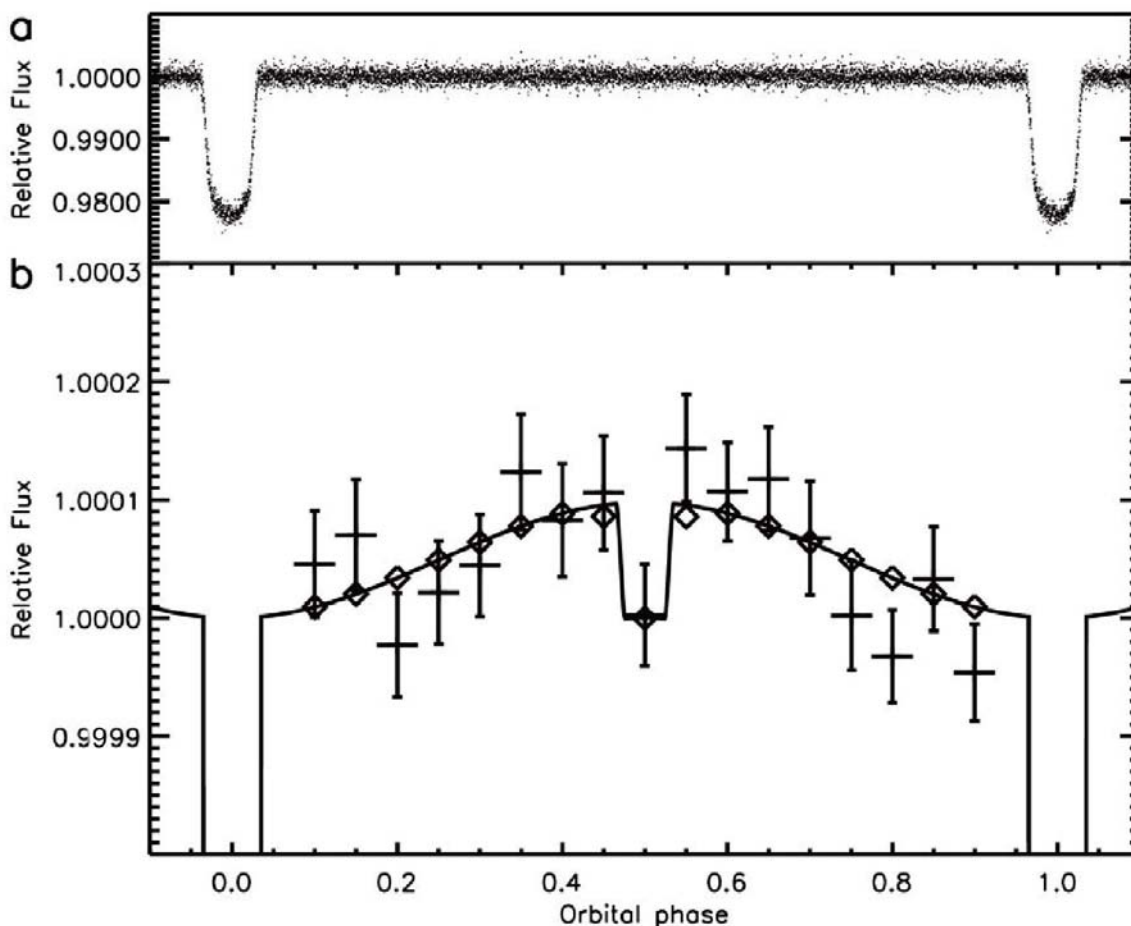
Перед Вами фотография Сатурна, сделанная межпланетной станцией «Кассини». В момент съемки в северном полушарии Сатурна уже наступила зима. Определите, через какое время после запечатленного момента там начнется астрономическое лето. Оцените погрешность полученного результата.

**IX. 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.

**IX. 9 ✦ ЭКЗОАЛЬБЕДО**

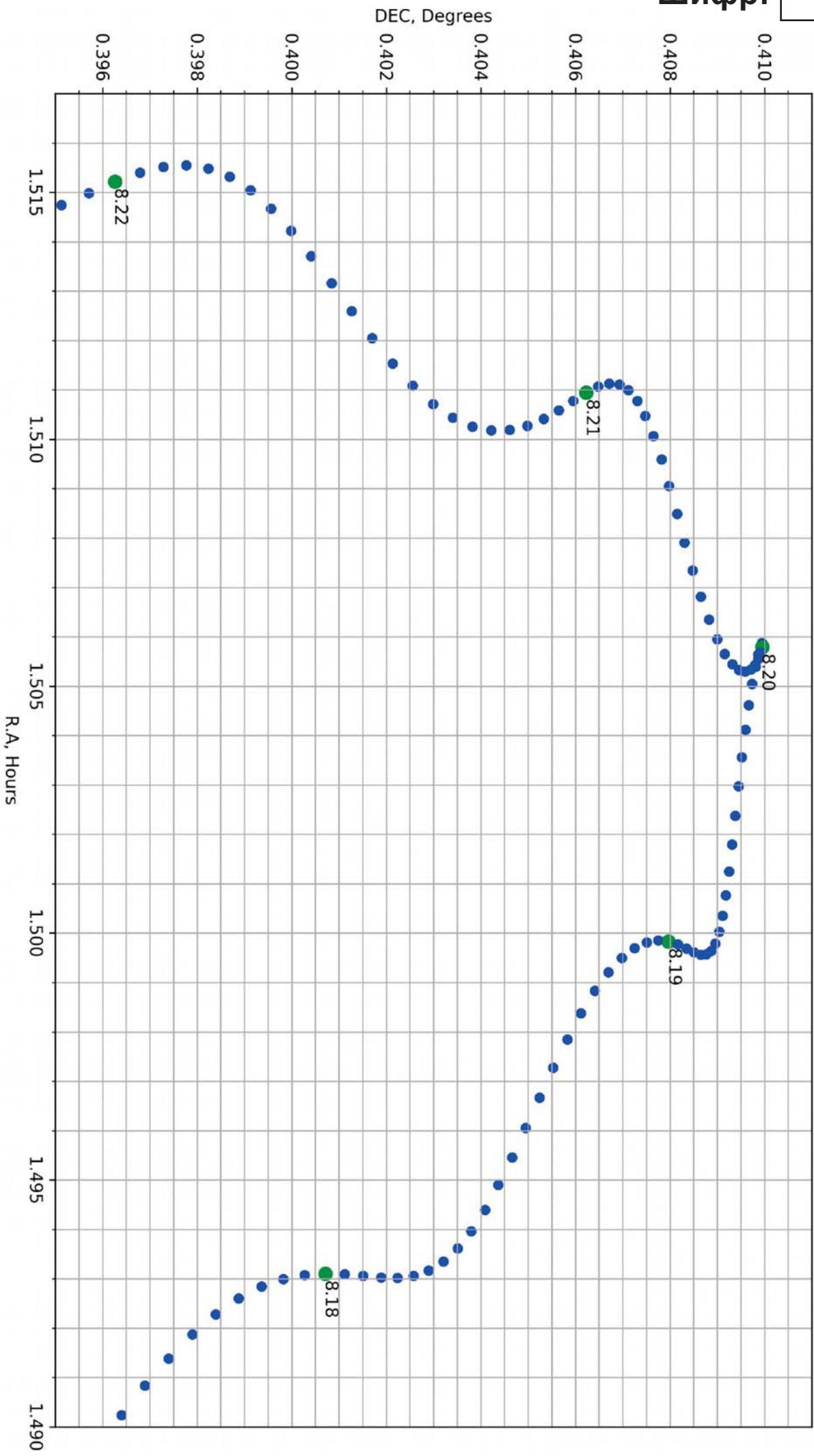
На графике показано изменение видимой яркости затменной системы HD 189733 из звезды с планетой в двух масштабах. Виден как главный, так и вторичный минимум. Исходя из этого, оцените альбедо планеты и наклон ее орбиты к лучу зрения. Орбиту планеты считать круговой, потемнением звезды к краю пренебречь.



*Сдайте этот лист вместе с решением задачи!*

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

Шифр:



**XXVI Всероссийская олимпиада  
школьников по астрономии  
г. Самара, 2019 г.**

**ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР**

**X. 7 ✦ КОСМИЧЕСКАЯ НОТА**

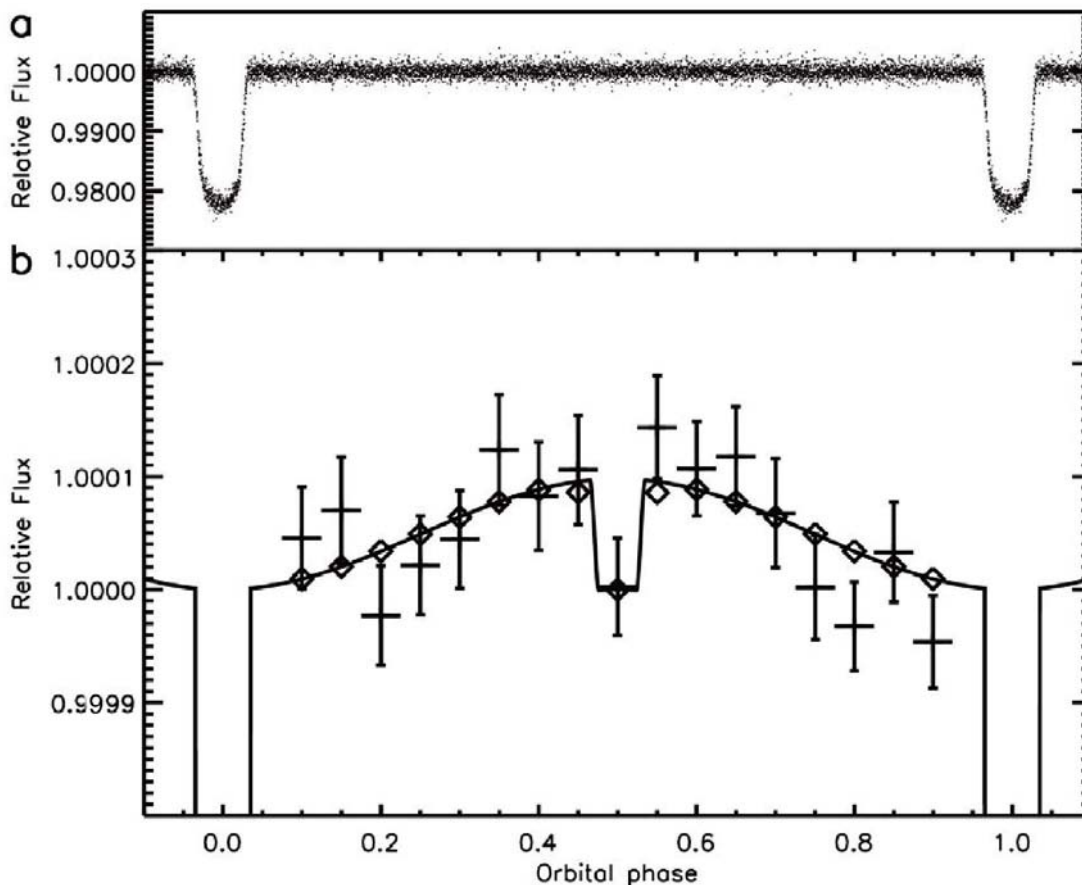
Перед Вами снимок колец Сатурна и его спутника Дионы, сделанный автоматической межпланетной станцией «Кассини» 25 декабря 2015 года, находившейся тогда в плоскости колец Сатурна. Северный полюс мира для Сатурна находится сверху от фото. Известно, что вскоре после этого на Сатурне произошло летнее солнцестояние.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

**X. 8 ✦ ПОПУТЧИК ЗЕМЛИ**

Перед Вами карта в экваториальных координатах, на которой указаны положения астероида 2018 RC. Масштаб карты по прямому восхождению и склонению не одинаков. 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.

**X. 9 ✦ ЭКЗОАЛЬБЕДО**

На графике показано изменение видимой яркости затменной системы HD 189733 из звезды с планетой в двух масштабах. Виден как главный, так и вторичный минимум. Исходя из этого, оцените альбедо планеты и наклон ее орбиты к лучу зрения. Орбиту планеты считать круговой, потемнением звезды к краю пренебречь.



**XXVI Всероссийская олимпиада  
школьников по астрономии  
г. Самара, 2019 г.**



11 класс

## ПРАКТИЧЕСКИЙ ТУР

### 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.

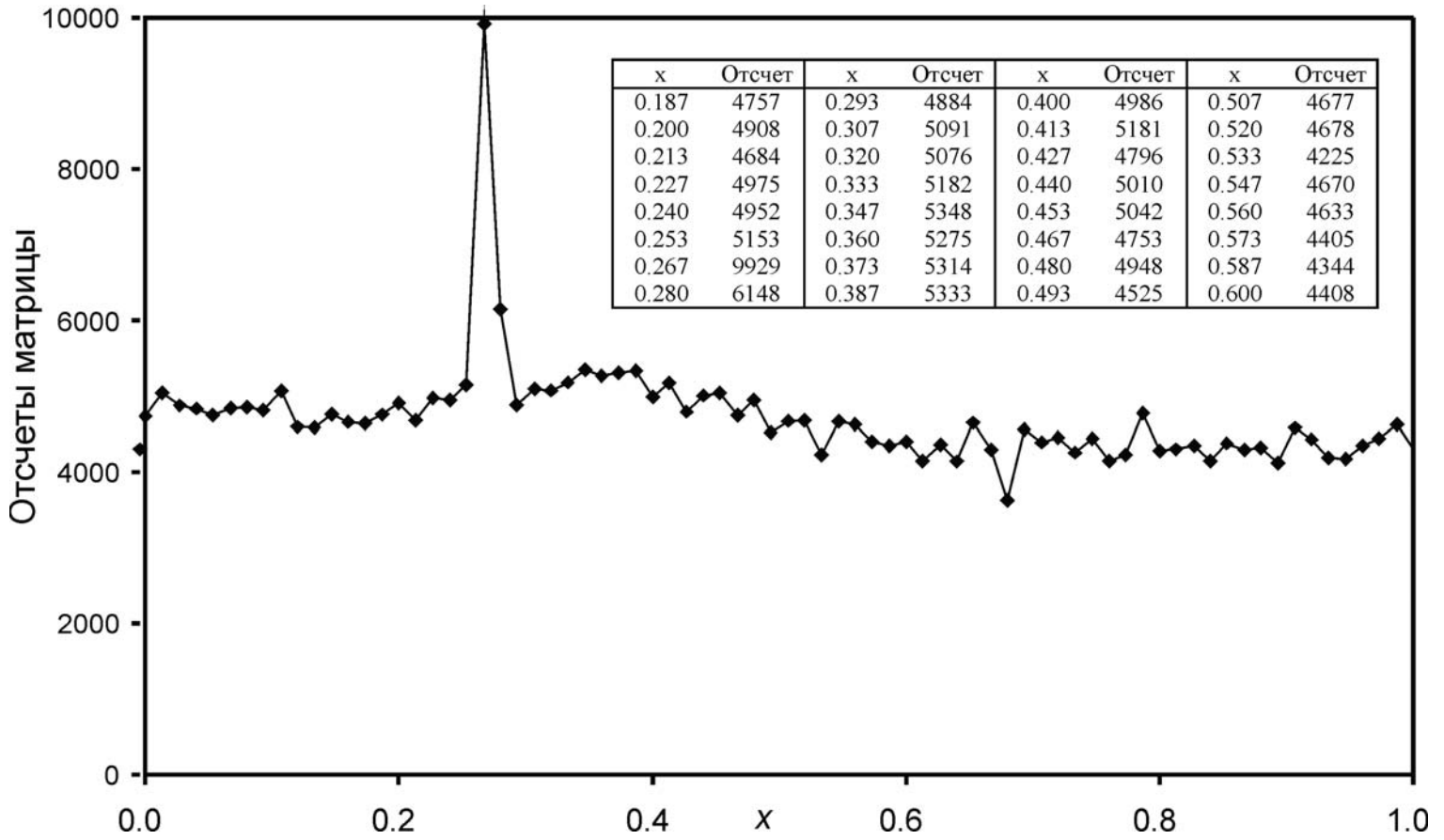
### XI. 8 ✦ ПОЛЯРНЫЙ ПОТОК

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.

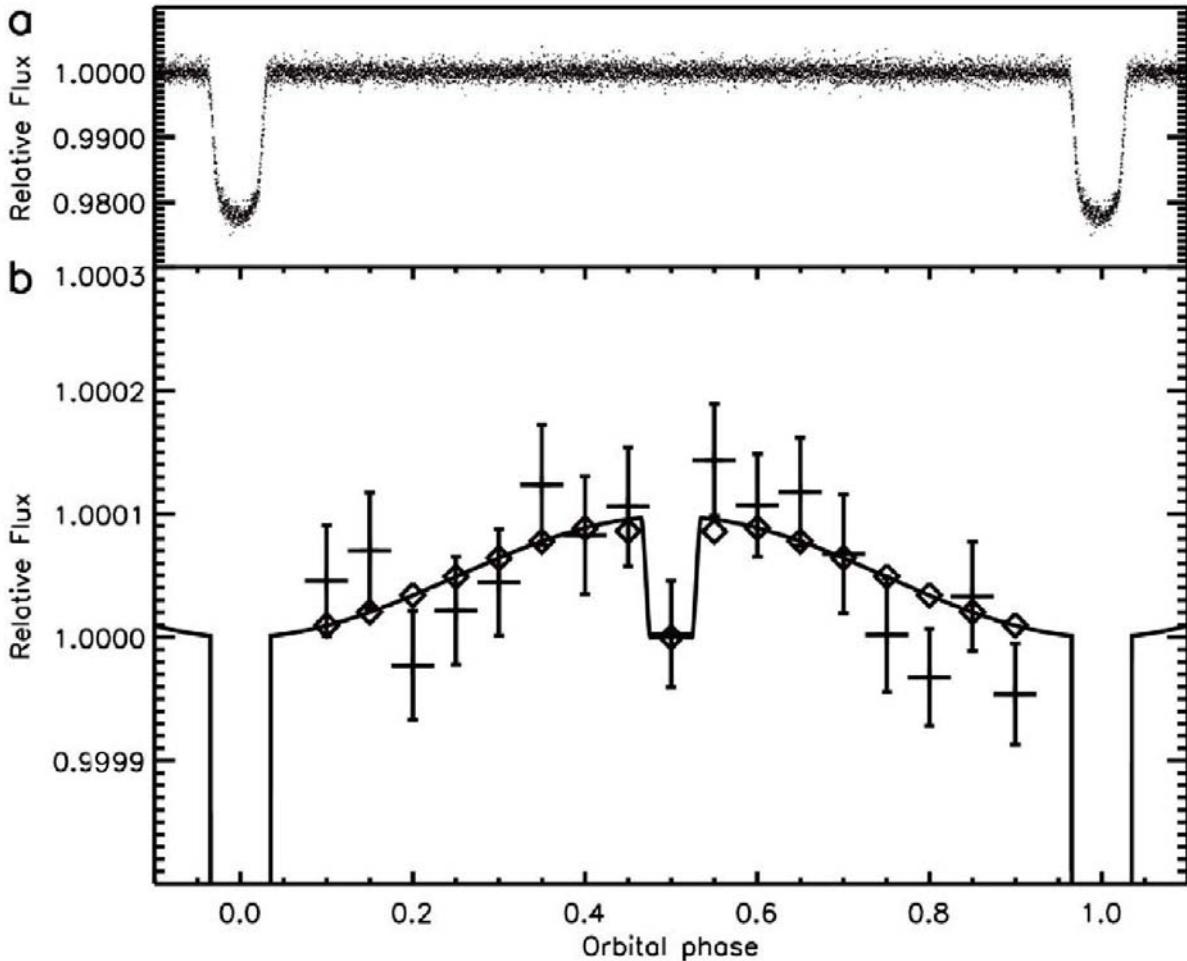
### XI. 9 ✦ ЭКЗОАЛЬБЕДО

На графике показано изменение видимой яркости затменной системы HD 189733 из звезды с планетой в двух масштабах. Виден как главный, так и вторичный минимум. Исходя из этого, оцените альбедо планеты и наклон ее орбиты к лучу зрения. Орбиту планеты считать круговой, потемнением звезды к краю пренебречь.

### XI.8

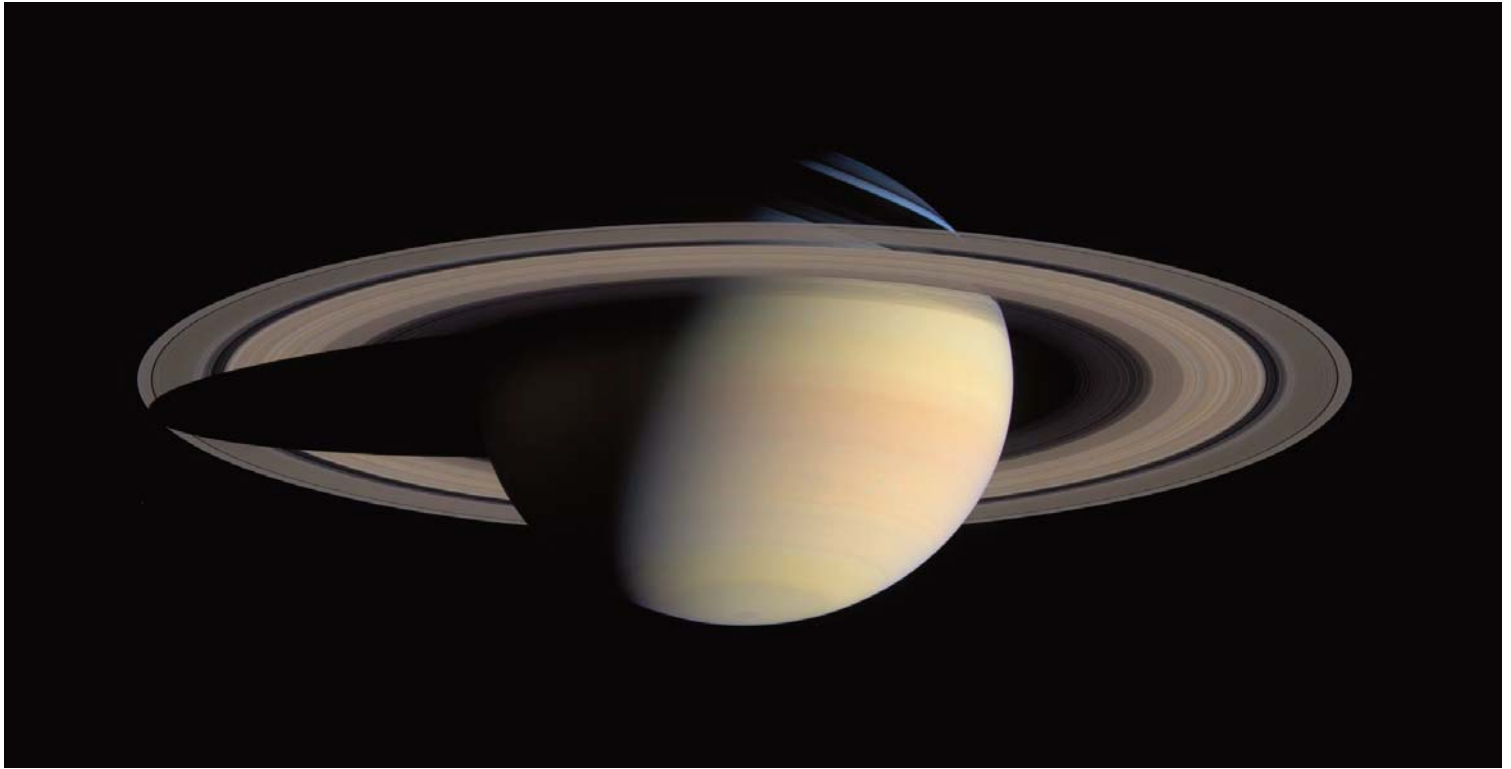


### XI.9

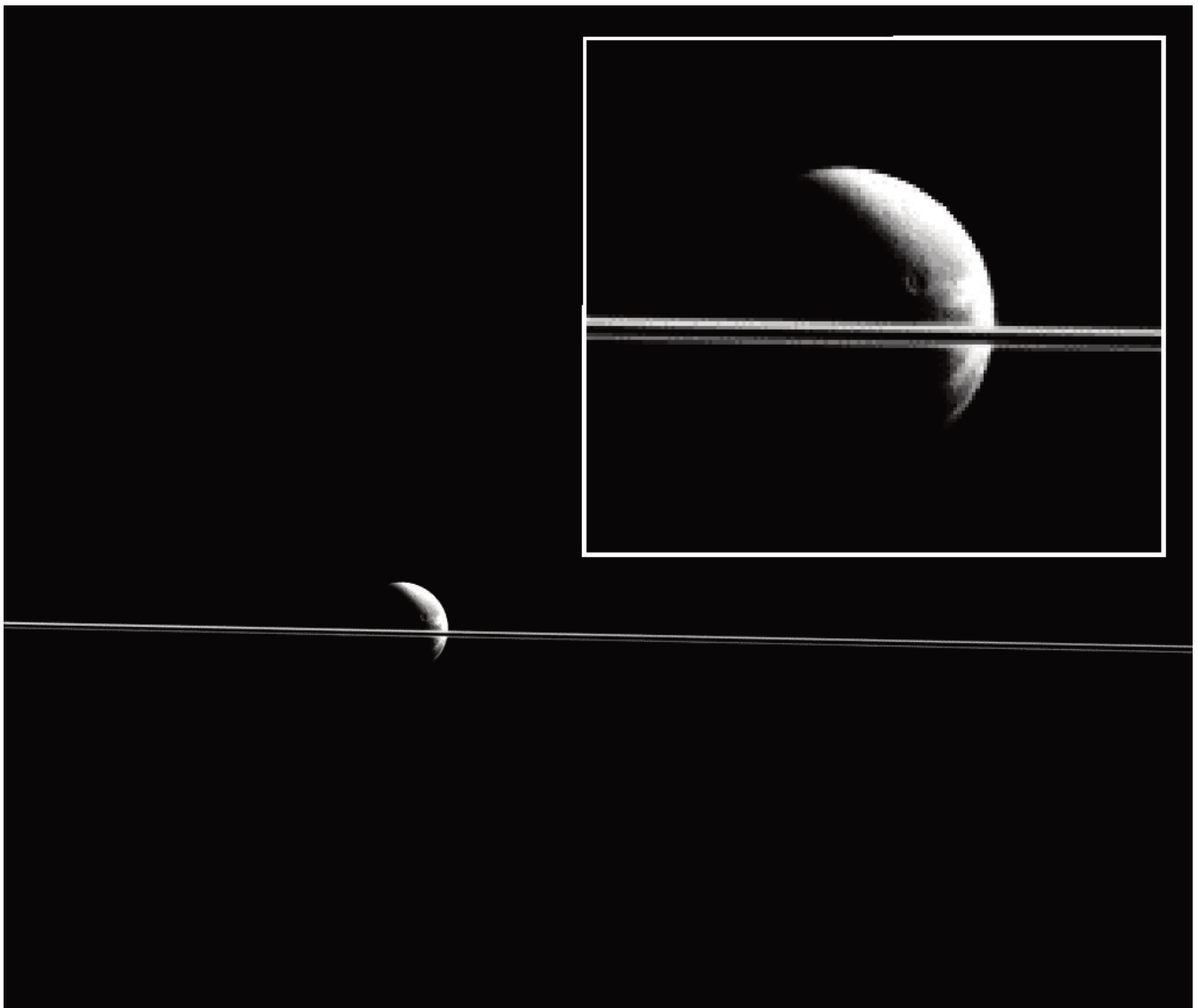




**IX.7**



**X/XI.7**



XI.8





9/10/11 классы

## БЛИЦ-ТЕСТ

### IX/X/XI. 1 ✦ РАВНОДЕНСТВИЕ

Расставьте четыре города России в порядке возрастания долготы светового времени в день весеннего равноденствия: Владивосток ( $43^{\circ}07'$  с.ш.,  $131^{\circ}54'$  в.д., **A**), Красноярск ( $56^{\circ}01'$  с.ш.,  $92^{\circ}52'$  в.д., **B**), Махачкала ( $42^{\circ}59'$  с.ш.,  $47^{\circ}00'$  в.д., **C**), Москва ( $55^{\circ}45'$  с.ш.,  $37^{\circ}38'$  в.д., **D**). Рельеф и разность состояния атмосферы не учитывать. Считать световым время, в течение которого хотя бы часть диска Солнца располагается над видимым горизонтом.

### IX/X/XI. 2 ✦ ВЕЛИКОЕ СОЕДИНЕНИЕ

27 февраля 1953 года до нашей эры состоялось Великое соединение планет – Меркурий (**A**), Венера (**B**), Марс (**C**) и Сатурн (**D**) поместились на небе Земли в область с диаметром  $0.5^{\circ}$ . При этом угловое расстояние планет от Солнца было максимально возможным для такого соединения, а фаза Меркурия была наименьшей из всех четырех планет. Расположите четыре планеты **A**, **B**, **C**, **D** по возрастанию их видимого диаметра на Земле в этот момент, от самого малого до самого большого.

### IX/X/XI. 3 ✦ ЭВОЛЮЦИЯ

Перед Вами четыре фото звезд, схожих по массе с Солнцем. Расположите их в порядке этапов эволюции звезды, от самого раннего к самому позднему. Считать, что все звезды на фото **C** образовались одновременно.

### IX/X/XI. 4 ✦ КВАДРОСКОП

Перед Вами фото частного солнечного затмения (прямое изображение) и четыре фотографии изображения Солнца на непрозрачном солнечном экране, сделанные в этот же момент в этом же пункте со стороны трубы телескопа вдоль оптической оси окуляра с помощью обычного фотоаппарата в нормальном (неперевернутом) положении, см. рисунок. В телескопе используется простой однолинзовый положительный окуляр Кеплера. Отметьте, какое из этих четырех фото было сделано с использованием рефлектора системы Грегори (**A**), системы Кассегрена (**B**), системы Ломоносова-Гершеля (телескоп только с главным зеркалом и окуляром, **C**), а какое фото не могло быть сделано ни с одним из этих трех телескопов (**D**).

