



## БАЗОВЫЙ ТУР

Класс: 9

Страница: 1

### 9.1. Спутник в небе

Искусственный спутник Земли движется по круговой орбите. При наблюдении из некоторой точки на поверхности Земли он может располагаться на высотах от  $-80^\circ$  (спутник под горизонтом) до  $+10^\circ$  (спутник над горизонтом). Найдите высоту спутника над поверхностью Земли. Рефракцией пренебречь.

### 9.2. Лунный отражатель

На Луне установили отражатель – идеальное плоское зеркало, имеющее форму круга. В один момент зеркало отразило свет Солнца на Землю. При наблюдении с Земли в максимуме яркости пятно на Луне имело такую же звездную величину, как расположенный рядом на небе Юпитер в противостоянии. Определите диаметр зеркала. В момент наблюдений Земля Луну и зеркало не затеняла. Орбиты Луны и планет считать круговыми, потемнение диска Солнца к краю не учитывать.

### 9.3. Послание цивилизациям

Астрономы открыли обитаемые планеты у двух далеких звезд. Одна из них (звезда А) располагалась на небе на эклиптике, другая (звезда В) – в полюсе эклиптики. Расстояние до обеих звезд оказалось одинаковым, звезды были неподвижны относительно Солнца. Было принято решение отправить к ним одинаковые космические аппараты с посланием от землян. Технические возможности позволяли отправить аппарат с Земли, придав ему стартовую геоцентрическую скорость ровно 54 км/с, далее он летел без двигателей, не встречаясь ни с какими другими телами на своем пути. Какая из двух обитаемых планет может быть достигнута аппаратом быстрее при оптимальном расчете траектории и во сколько раз? Орбиту Земли считать круговой, влиянием атмосферы Земли пренебречь.

### 9.4. Спасение планеты

В фантастическом сериале «Доктор Кто» главный герой, чтобы спасти свою планету – Галлифрей, переместил ее в пространстве к другой звезде. Каковы должны быть параметры орбиты, чтобы диапазон температур за местный год оставался таким же? Какова будет продолжительность года в этом случае (в земных годах)? Параметры родной системы Галлифрея: масса звезды  $M_1 = 2.5 M_0$ , радиус звезды  $R_1 = 1.84 R_0$ , температура поверхности звезды  $T_1 = 10700$  К, большая полуось орбиты  $a_1 = 5.4$  а.е., эксцентриситет  $e_1 = 0.3$ . Параметры новой звезды:  $M_2 = 0.5 M_0$ ,  $R_2 = 0.15 R_0$ ,  $T_2 = 3500$  К. Индекс «0» относится к Солнцу. Считать, что альbedo и парниковые свойства атмосферы планеты не зависят от спектрального состава излучения звезды и не изменяются при перемещении планеты, масса планеты существенно меньше масс каждой из звезд.



## БАЗОВЫЙ ТУР

Класс: 9

Страница: 2

### 9.5. В диске Галактики

Некоторая звезда наблюдается в небе Земли в Млечном пути, в  $90^\circ$  от центра Галактики. Ее собственное движение на небе направлено вдоль Млечного пути и составляет  $0.0050''$  в год. Считая, что звезды в диске обращаются по круговым траекториям в одной плоскости в одном направлении со скоростью  $230$  км/с, не зависящей от расстояния до центра Галактики, определите расстояние от Солнца до звезды. Солнце удалено от центра Галактики на  $8.5$  кпк.

### 9.6. Дом последней Сверхновой

Перед Вами фото звездного неба (автор – Петр Горалек), в правой части которого видны Магеллановы облака – спутники нашей Галактики. В Большом Магеллановом облаке, в точке неба, помеченной стрелкой, в 1987 году наблюдалась последняя по сей день Сверхновая звезда, видимая невооруженным глазом: ее блеск достиг  $3^m$ . Определите, каким был максимальный блеск этой Сверхновой при наблюдении из Малого Магелланова облака, которое находится на  $20\%$  дальше от нас, чем Большое. Межзвездным поглощением света пренебречь. В таблице приведены экваториальные координаты ярких звезд неба, попавших на фотографию. Неоднородность масштаба фотографии не учитывать.

Звезда	$\alpha$ (2000.0)	$\delta$ (2000.0)	Созвездие
Альдебаран	04ч 36м	$+16.5^\circ$	Телец
Ахернар	01ч 38м	$-57.2^\circ$	Эридан
Бетельгейзе	05ч 55м	$+7.4^\circ$	Орион
Канопус	06ч 24м	$-52.7^\circ$	Киль
Ригель	05ч 15м	$-8.2^\circ$	Орион
Сириус	06ч 45м	$-16.7^\circ$	Большой Пес



## БАЗОВЫЙ ТУР

Класс: 10

Страница: 1

### 10.1. Спутник в небе

Искусственный спутник Земли движется по круговой орбите. При наблюдении из некоторой точки на поверхности Земли он может располагаться на высотах от  $-80^\circ$  (спутник под горизонтом) до  $+10^\circ$  (спутник над горизонтом). Найдите высоту спутника над поверхностью Земли. Рефракцией пренебречь.

### 10.2. Лунный отражатель

На Луне установили отражатель – идеальное плоское зеркало, имеющее форму круга. В один момент зеркало отразило свет Солнца на Землю. При наблюдении с Земли в максимуме яркости пятно на Луне имело такую же звездную величину, как расположенная рядом на небе Венера в наибольшей элонгации. Определите диаметр зеркала. Орбиты Луны и планет считать круговыми, потемнение диска Солнца к краю не учитывать.

### 10.3. Послание цивилизациям

Астрономы открыли обитаемые планеты у двух далеких звезд. Одна из них (звезда А) располагалась на небе на эклиптике, другая (звезда В) – в полюсе эклиптики. Расстояние до обеих звезд оказалось одинаковым, звезды были неподвижны относительно Солнца. Было принято решение отправить к ним одинаковые космические аппараты с посланием от землян. Технические возможности позволяли отправить аппарат с Земли, придав ему стартовую геоцентрическую скорость ровно 54 км/с, далее он летел без двигателей, не встречаясь ни с какими другими телами на своем пути. Какая из двух обитаемых планет может быть достигнута аппаратом быстрее при оптимальном расчете траектории и во сколько раз? Орбиту Земли считать круговой, влиянием атмосферы Земли пренебречь.

### 10.4. Миссия спасения

В далеком будущем Солнце в ходе своей эволюции будет постепенно увеличивать свою светимость, а температура его поверхности будет уменьшаться. Для сохранения жизни на Земле цивилизация научилась медленно "отодвигать" Землю от Солнца так, чтобы тепловые условия на поверхности нашей планеты оставались постоянными. Вместе с Землей от Солнца отодвигаться будет и Луна, оставаясь на современном расстоянии от Земли (вековое удаление Луны от Земли цивилизация давно остановила, чтобы не удлинились сутки). При какой эффективной температуре Солнца на Земле прекратятся полные теневые лунные затмения? любые теневые лунные затмения? Парниковые свойства атмосферы и альбедо Земли считать неизменными, орбиты Земли вокруг Солнца и Луны вокруг Земли – круговыми. Преломление и рассеяние света Солнца в атмосфере Земли не учитывать.



## БАЗОВЫЙ ТУР

Класс: 10

Страница: 2

### 10.5. В диске Галактики

Некоторая звезда наблюдается в небе Земли в Млечном пути, в  $90^\circ$  от центра Галактики. Ее собственное движение на небе направлено вдоль Млечного пути и составляет  $0.0050''$  в год. Считая, что звезды в диске обращаются по круговым траекториям в одной плоскости в одном направлении со скоростью  $230$  км/с, не зависящей от расстояния до центра Галактики, определите расстояние от Солнца до звезды. Солнце удалено от центра Галактики на  $8.5$  кпк.

### 10.6. Судьба цефеид

Перед Вами две диаграммы:

[1] Диаграмма «период – светимость» для некоторых цефеид нашей Галактики, Большого и Малого Магеллановых облаков, Туманности Андромеды и NGC 6822. По осям отложены десятичный логарифм периода в сутках и средний по периоду десятичный логарифм светимости по отношению к Солнцу. Разные значки относятся к разным галактикам, что для решения данной задачи принципиального значения не имеет, свойства цефеид считаются одинаковыми во всех галактиках.

[2] Диаграмма «период – возраст» для цефеид тех же галактик, выборка отличается от [1], логарифмы десятичные.

Исходя из этих диаграмм, выведите связь между абсолютными болометрическими звездными величинами одной и той же звезды на стадии главной последовательности ( $m_M$ ) и цефеиды (средняя по периоду,  $m_C$ ). Получите ее в виде линейного соотношения

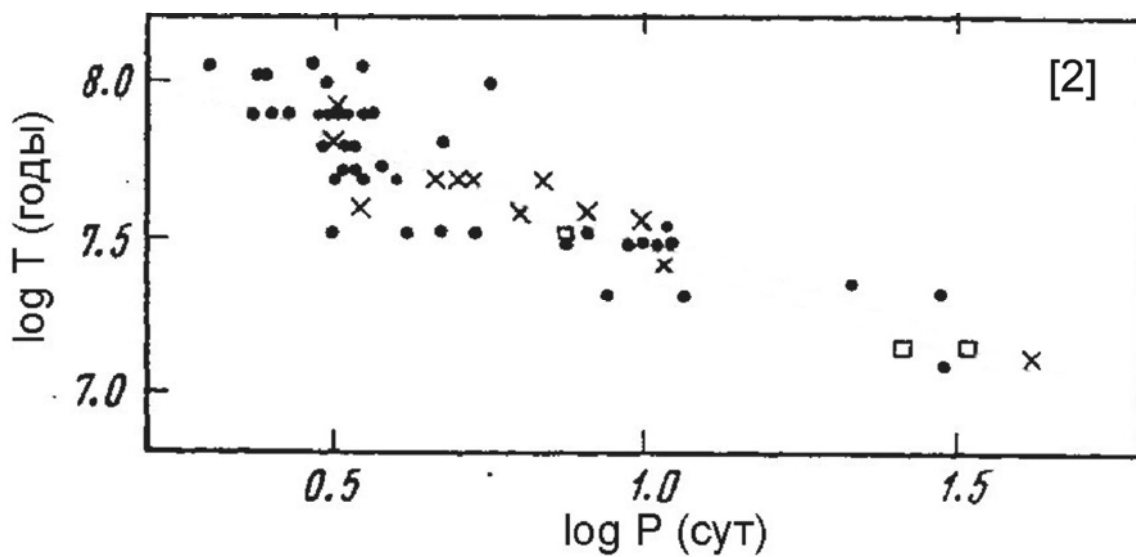
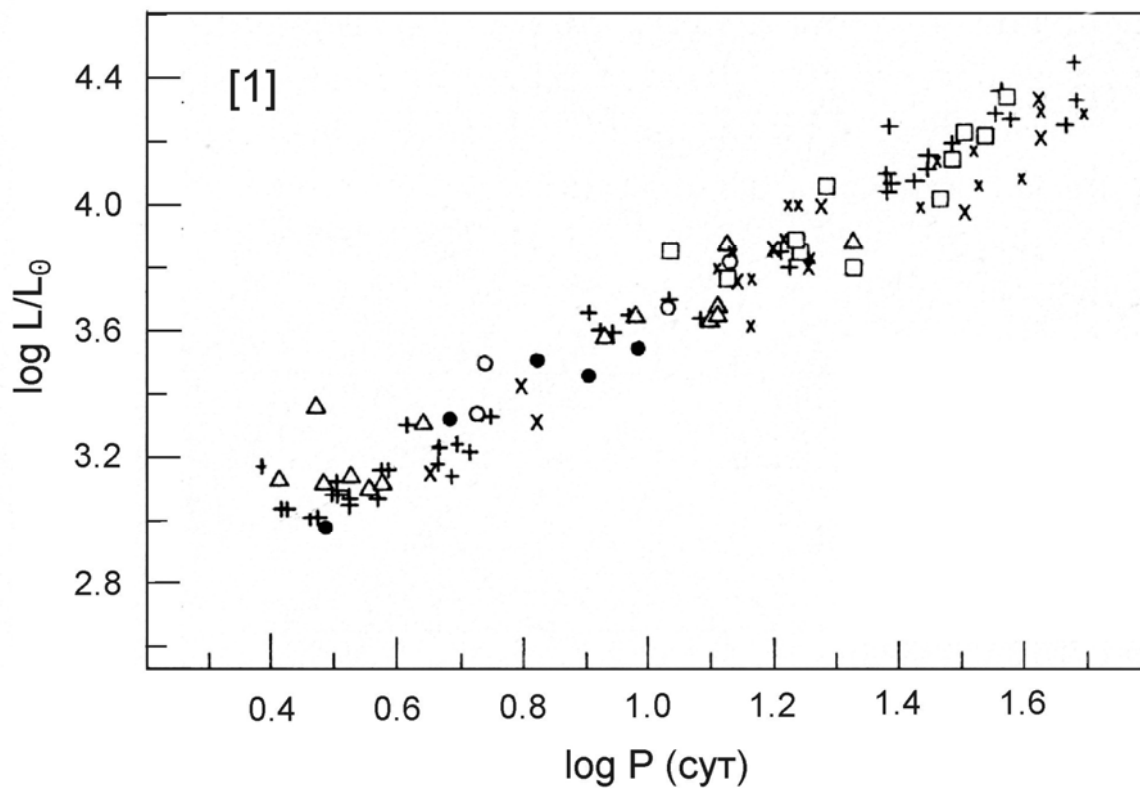
$$m_C = A \cdot m_M + B,$$

определив коэффициенты  $A$  и  $B$ . При анализе считать, что все звезды во всех указанных галактиках одиночные, при образовании имеют одинаковый химический состав, время жизни Солнца на главной последовательности равно  $10$  миллиардам лет. Светимость звезды на главной последовательности  $L_M$  считать постоянной во времени и пропорциональной  $M^4$  ( $M$  – масса звезды), а все стадии эволюции звезд после главной последовательности – кратковременны.

Сдайте этот лист вместе с решениями заданий!



Шифр





## БАЗОВЫЙ ТУР

Класс: 11

Страница: 1

### 11.1. Лунный телескоп

В северном полушарии Земли установлен телескоп с одноосным часовым механизмом, имеющим специальный режим для гидирования Луны. В этом режиме угловая скорость вращения телескопа вокруг оси отличается от угловой скорости осевого вращения Земли, а сама ось перед непосредственными наблюдениями отклоняется от Северного полюса мира в точку неба с некоторыми экваториальными координатами, фиксированными для этого режима. Найдите эти координаты проекции оси на небе ( $\alpha$ ,  $\delta$ ) и угловую скорость вращения телескопа (в градусах в час), которые обеспечат наилучшую точность ведения для любого положения Луны на небе и орбите. Считать орбиту Луны круговой и лежащей в плоскости эклиптики, эффектами суточного параллакса Луны и рефракцией пренебречь.

### 11.2. Марсианский астроклимат

Для постройки оптической обсерватории на Марсе ученые реализовали проект по очистке атмосферы от пылевых и ледяных частиц, сохранив только ее газовую составляющую. Обсерватория строится в тропической зоне Марса на нулевой высоте, атмосферное давление там составляет 0.006 атм. Астрономические наблюдения предполагаются даже днем. Оцените среднюю по небесной полусфере яркость марсианского фона неба (в звездных величинах с квадратной угловой секунды) днем, когда Солнце располагается вблизи зенита. Известно, что рассеяние света углекислым газом в расчете на одну молекулу в 2.4 раза сильнее, чем земным воздухом, а вертикальная оптическая толщина азотно-кислородной атмосферы Земли в видимых лучах на уровне моря равна 0.10. Рассеяние света считать изотропным.



## БАЗОВЫЙ ТУР

Класс: 11

Страница: 2

### 11.3. Миссия спасения I

Астрономы открыли астероид, движущийся в плоскости эклиптики. Большая полуось орбиты оказалась равна 1.200 а.е., ее эксцентриситет 0.200. Радиус астероида был равен 400 метрам, и его дальнейшие наблюдения показали, что он представляет серьезную опасность для Земли. Чтобы ни сам астероид, ни его крупные осколки не упали на Землю, на астероид доставили несколько мощных ядерных зарядов. В момент, когда он располагался в перигелии своей орбиты, их одновременно подорвали. Астероид был полностью разрушен, превратившись в шарообразное облако мелких пылинок, однородно распределенных внутри объема шара. Ровно через сутки после взрыва облако пылинок совпало по положению на небе и видимым с Земли размерам с Солнцем, ослабив его яркость в центре диска на 10%. Было известно, что:

- 1) Заряды были расположены на астероиде симметрично, что обеспечило изотропный взрыв, при котором центр масс астероида не изменил свою скорость;
- 2) Плотность астероида и его осколков составляла  $2 \text{ г/см}^3$ , пылинки сферические и черные. Вся изначальная масса астероида содержалась в пылинках, причем мелких пылинок было больше, чем крупных: количество пылинок с радиусами от  $r$  до  $r + \Delta r$  ( $\Delta r \ll r$ ) пропорционально  $\Delta r/r^2$ , где  $0 < r < r_M$ . Это свойство одинаково во всех частях облака.

Определите:

- 1) Максимальный радиус пылинок  $r_M$ ;
- 2) Долю массы астероида, которая в итоге покинет Солнечную систему.

Взаимодействием пылинок с планетами (в том числе с Землей) пренебречь. Волновые эффекты при взаимодействии пылинок с излучением не учитывать, считая, что они задерживают свет по законам геометрической оптики. Орбиту Земли считать круговой.





## БАЗОВЫЙ ТУР

Класс: 11

Страница: 3

### 11.4. Миссия спасения II

В далеком будущем Солнце в ходе своей эволюции будет постепенно увеличивать свою светимость, а температура его поверхности будет уменьшаться. Для сохранения жизни на Земле цивилизация научилась медленно "отодвигать" Землю от Солнца так, чтобы тепловые условия на поверхности нашей планеты оставались постоянными. Вместе с Землей от Солнца отодвигаться будет и Луна, оставаясь на современном расстоянии от Земли (вековое удаление Луны от Земли цивилизация давно остановила, чтобы не удлинились сутки). При какой эффективной температуре Солнца на Земле прекратятся полные теньевые лунные затмения? любые теньевые лунные затмения? Парниковые свойства атмосферы и альbedo Земли считать неизменными, орбиты Земли вокруг Солнца и Луны вокруг Земли – круговыми. Преломление и рассеяние света Солнца в атмосфере Земли не учитывать.

### 11.5. Темная материя

На графике представлена кривая вращения некоторой галактики (зависимость круговой скорости звезд от их расстояния от центра галактики). Считая, что подавляющая часть массы галактики представлена темной материей в сферически-симметричном гало, определите, на каком расстоянии от центра ее плотность становится в 10 раз меньше центральной.







## БАЗОВЫЙ ТУР

Класс: 11

Страница: 4

### 11.6. Судьба цефеид

Перед Вами две диаграммы:

[1] Диаграмма «период – светимость» для некоторых цефеид нашей Галактики, Большого и Малого Магеллановых облаков, Туманности Андромеды и NGC 6822. По осям отложены десятичный логарифм периода в сутках и средний по периоду десятичный логарифм светимости по отношению к Солнцу. Разные значки относятся к разным галактикам, что для решения данной задачи принципиального значения не имеет, свойства цефеид считаются одинаковыми во всех галактиках.

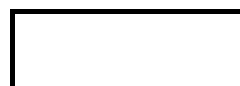
[2] Диаграмма «период – возраст» для цефеид тех же галактик, выборка отличается от [1], логарифмы десятичные.

Исходя из этих диаграмм, выведите связь между абсолютными болометрическими звездными величинами одной и той же звезды на стадии главной последовательности ( $m_M$ ) и цефеиды (средняя по периоду,  $m_C$ ). Получите ее в виде линейного соотношения

$$m_C = A \cdot m_M + B,$$

определив коэффициенты  $A$  и  $B$ . При анализе считать, что все звезды во всех указанных галактиках одиночные, при образовании имеют одинаковый химический состав, время жизни Солнца на главной последовательности равно 10 миллиардам лет. Светимость звезды на главной последовательности  $L_M$  считать постоянной во времени и пропорциональной  $M^4$  ( $M$  – масса звезды), а все стадии эволюции звезд после главной последовательности – кратковременны.

Сдайте этот лист вместе с решениями заданий!



Шифр

