

Решение задач 5 класса

Задание №1 “Звездное небо” Представьте, что сегодня и, в ближайшие ночи, у вас есть возможность увидеть темное ночное небо, как оно было бы видно без подсветки городских фонарей. Укажите:

- 1) Какие созвездия, из предложенных ниже, видны сегодня в Московской области: Большая Медведица, Сириус, Орион, Кассиопея, Южный крест, Весы, Лебедь, Волопас?
- 2) Увидите ли вы Луну в течении времени после полуночи до восхода Солнца? Известно, что ближайшее полнолуние было 31 октября.
- 3) Сможете ли вы увидеть точку осеннего или весеннего равноденствия на ночном небе? Укажите да или нет и какую именно точку можно было бы найти (если можно) и почему?

Решение:



- 1) Ночное небо начала ноября, даст нам возможность увидеть следующие созвездия: Большая Медведица (Незаходящее будет вблизи нижней кульминации), Орион (ближе к концу ночи, проходит меридиан), Кассиопея (видна высоко над горизонтом вблизи меридиана), Лебедь (в северо-западной части горизонта, заходит за горизонт), Волопас (виден не будет расположен южнее Большой Медведицы). Сириус - виден над

горизонтом созвездием не является. Созвездие Весов находится под горизонтом и поэтому не видно. Южный крест - невосходящее созвездие для наших широт

- 2) Дата написания олимпиады 12 ноября. Следовательно, в это время Луна будет вблизи новолуния, которое состоится 15 ноября. Значит Луна будет вблизи Солнца и видна ни ночью, ни под утро, не будет.
- 3) Осеннее равноденствие случилось 22 сентября 2020 года. Учтем, что полный круг 360° , в году 365 дней и Солнце за сутки смещается примерно на 1° . Следовательно Солнце смещается по эклиптике еще на 9 (сентябрь) + 31 (октябрь) + 12 (ноябрь) = 52 дня, т.е. сместится на 52° к востоку от точки осеннего равноденствия и попадает в созвездие Весов. 52° соответствует $52^\circ/15^\circ=3,5$ часа западнее Солнца. А, следовательно, близко к утру (за 3,5 часа до восхода) можно будет увидеть точку осеннего равноденствия. Противоположную ей на небе точку весеннего можно будет видеть почти всю ночь, так как она будет отстоять от Солнца на 8,5 часа к востоку и в течение этого времени будет видна после захода Солнца.

Разбалловка:

Пункт 1) - максимальная оценка 5 баллов. по 1 баллу за каждое созвездие. и 1 балл за не указание объектов, которые не видны.

Пункт 2) - 1 балл

Пункт 3) - 1 балл за верный ответ - точку весеннего равноденствия и 1 балл за объяснение, либо указание, что утром можно увидеть и точку осеннего равноденствия - итого за пункт 2 балла

Задание №2 “Астрономический календарь” Дорогой друг, если ты сегодня заглянул бы в школьный астрономический календарь 2020/2021 учебного года, то увидел бы, что 15 ноября 2020 г наступит ближайшее новолуние. Также ты смог бы прочитать, что до конца года наступят два затмения. Сначала лунное, а потом солнечное. Определите:

- 1) дату солнечного затмения.
- 2) в какой фазе Луны наступит это солнечное затмение?
- 3) дату лунного затмения.
- 4) в какой фазе Луны наступит это лунное затмение?

Решение:

Определимся, когда происходят затмения. Солнечные - в фазе новолуния, т.к. Луна находится между Солнцем и Землей и лунные - в фазе полнолуния, когда Земля находится между Луной и Солнцем. Ближайшее новолуние состоится 15 ноября, но, по условию задачи, в это новолуние состоится солнечное затмение не может, так как лунное затмение должно было наступить раньше и уже бы произошло. Период смены Лунных фаз составляет 29.5 дней, следовательно, до конца года останется наступить одному новолунию. 15 ноября наступает ближайшее новолуние, а значит следующее произойдет 14 декабря, так как в ноябре 30 дней. И двум полнолуниям 30 ноября и 30 декабря. Следовательно, солнечное затмение наступит 14 декабря. Затмения всегда происходят парами одно (солнечное или лунное) и через две недели другое (противоположное - лунное или солнечное). И. если мы учтем условие задачи, где написано, что наступит сначала лунное затмение, то его дата будет - 30 ноября.

Разбалловка:

Упоминание в решении правильного положения Солнца, Луны и Земли для солнечного затмения - 1 балл.

Упоминание в решении правильного положения Солнца, Луны и Земли для лунного затмения - 1 балл.

Использования правильного периода смены фаз луны -29.5 дней - 1 балл

Правильное использование промежутка времени между фазами Луны, от полнолуния до новолуния, и от новолуния до полнолуния - 1 балл

Итоговые ответы:

- 1) 14 декабря - 1 балл.
- 2) Новолуние - 1 балл
- 3) 30 ноября - 1 балл
- 4) Полнолуние - 1 балл

Итого 8 баллов за задание

Задание №3 “Наблюдения Луны” Астроном-любитель Васечкин, вечером, во время захода Солнца, наблюдает в телескоп на Луне кратер Тихо. Находящийся на границе светлой и темной частей диска Луны. Эта граница на Луне называется – терминатор. В этот момент, внутри этого кратера, находится экспедиция землян, что же они увидят при наблюдении неба на Луне:

- 1) Восход или заход Солнца и почему?
- 2) Будут ли видеть космонавты Землю и почему?
- 3) А звезды в этот момент, и почему?

Решение:

Поскольку, Васечкин наблюдает Луну во время захода Солнца, то она находится в фазе от новолуния до полнолуния, и мы видим ту часть терминатора Луны, которая начинает лунный день. Следовательно, наблюдатели на Луне увидит восход Солнца, т.к. фаза Луны увеличивается. Да космонавты будут видеть Землю, т.к. их точка нахождения видна с Земли, а значит расположена на повернутом к земле полушарии Луны. И смогут видеть звезды, так как на Луне нет атмосферы и звезды видны на небе днем вместе с Солнцем.

Разбалловка

Ответы:

- 1) Наблюдается восход Солнца - 1 балл,
Объяснение причины в том, что мы видим растущую Луну и утреннюю часть терминатора. Или любое другое объяснение, сводящееся к правильному описанию ситуации - 2 балла
- 2) Космонавты будут видеть Землю - 1 балл
По той причине, что, если мы видим точку в которой находится экспедиция по условию задачи, значит и оттуда будет видна Земля. - 2 балла.
- 3) Космонавты будут видеть звезды - 1 балл.
Отсутствие атмосферы на Луне - 1 балл

Итого за задачу 8 баллов

Задание №4 “Луноход” Аппарат “Луноход-1” работал на Луне с 17 ноября 1970 года по 14 сентября 1971 года включительно. За это время он проехал по поверхности Луны 10 540 метров.

- 1) Определите его среднюю скорость.
- 2) Определите сколько лунных дней аппарат был на Луне.

Решение.

Первым этапом определим сколько дней луноход работал на Луне. Удобно считать от обратного. Сколько дней не хватило до полного года 17 ноября 1971 года.

$N=365$ (1971 год был не високосный) - 16 (дней до конца сентября) -31(октябрь) -16 (дней за ноябрь до 17 ноября) = 302 дня. Столько дней Луноход проработал на Луне.

За это время он проехал 10 540 метров.

То есть его средняя скорость равна $= 10540/(302*24) = 1.45$ м/ч

Или 0.024 м/с

Последним этапом надо ответить на второй вопрос задачи, сколько лунных дней аппарат был на Луне? День на Луне равен синодическому периоду Луны 29,53 суток. Следовательно, луноход был на Луне $302/29.53 = 10.22$ лунных дня.

Принимаются ответы 10, 10.2, 10.22 и 11 дней.

Разбалловка

Определение длительности работы лунохода в днях. - 3 балла

Определение средней скорости (в км в час, в метрах в час, в метрах в секунду) - 3 балла.

Определение числа лунных дней = 2 балла

Итого за задачу 8 баллов

Примечание. Если учащийся ошибся в расчете количества дней, но для своего количества дней правильно посчитал среднюю скорость лунохода, то ему не ставится оценка за этап расчета числа дней (или ставится частично при минимальной ошибке), но этап с расчетом скорости засчитывается полностью.

Если в последней части решения учащийся использовал сидерический период Луны 27.3 суток, а дальше все посчитано правильно, то этот этап оценивается в 1 балл. Если для длительности лунных суток использовалось значение 24 часа или 23 часа 56 минут, то за данный этап задачи ставится 0 баллов.

горизонтом созвездием не является. Созвездие Весов находится под горизонтом и поэтому не видно. Южный крест - невосходящее созвездие для наших широт

- 2) Дата написания олимпиады 12 ноября. Следовательно, в это время Луна будет вблизи новолуния, которое состоится 15 ноября. Значит Луна будет вблизи Солнца и видна ни ночью, ни под утро, не будет.
- 3) Осеннее равноденствие случилось 22 сентября 2020 года. Учтем, что полный круг 360° , в году 365 дней и Солнце за сутки смещается примерно на 1° . Следовательно Солнце смещается по эклиптике еще на 9 (сентябрь) + 31 (октябрь) + 12 (ноябрь) = 52 дня, т.е. сместится на 52° к востоку от точки осеннего равноденствия и попадает в созвездие Весов. 52° соответствует $52^\circ/15^\circ=3,5$ часа западнее Солнца. А, следовательно, близко к утру (за 3,5 часа до восхода) можно будет увидеть точку осеннего равноденствия. Противоположную ей на небе точку весеннего можно будет видеть почти всю ночь, так как она будет отстоять от Солнца на 8,5 часа к востоку и в течение этого времени будет видна после захода Солнца.

Разбалловка:

Пункт 1) - максимальная оценка 5 баллов. по 1 баллу за каждое созвездие. и 1 балл за не указание объектов, которые не видны.

Пункт 2) - 1 балл

Пункт 3) - 1 балл за верный ответ - точку весеннего равноденствия и 1 балл за объяснение, либо указание, что утром можно увидеть и точку осеннего равноденствия - итого за пункт 2 балла

Задание №2 “Астрономический календарь” Дорогой друг, если ты сегодня заглянул бы в школьный астрономический календарь 2020/2021 учебного года, то увидел бы, что 15 ноября 2020 г наступит ближайшее новолуние. Также ты смог бы прочитать, что до конца года наступят два затмения. Сначала лунное, а потом солнечное. Определите:

- 1) дату солнечного затмения.
- 2) в какой фазе Луны наступит это солнечное затмение?
- 3) дату лунного затмения.
- 4) в какой фазе Луны наступит это лунное затмение?

Решение:

Определимся, когда происходят затмения. Солнечные - в фазе новолуния, т.к. Луна находится между Солнцем и Землей и лунные - в фазе полнолуния, когда Земля находится между Луной и Солнцем. Ближайшее новолуние состоится 15 ноября, но, по условию задачи, в это новолуние состоится солнечное затмение не может, так как лунное затмение должно было наступить раньше и уже бы произошло. Период смены Лунных фаз составляет 29.5 дней, следовательно, до конца года останется наступить одному новолунию. 15 ноября наступает ближайшее новолуние, а значит следующее произойдет 14 декабря, так как в ноябре 30 дней. И двум полнолуниям 30 ноября и 30 декабря. Следовательно, солнечное затмение наступит 14 декабря. Затмения всегда происходят парами одно (солнечное или лунное) и через две недели другое (противоположное - лунное или солнечное). И. если мы учтем условие задачи, где написано, что наступит сначала лунное затмение, то его дата будет - 30 ноября.

Разбалловка:

Упоминание в решении правильного положения Солнца, Луны и Земли для солнечного затмения - 1 балл.

Упоминание в решении правильного положения Солнца, Луны и Земли для лунного затмения - 1 балл.

Использования правильного периода смены фаз луны -29.5 дней - 1 балл

Правильное использование промежутка времени между фазами Луны, от полнолуния до новолуния, и от новолуния до полнолуния - 1 балл

Итоговые ответы:

- 1) 14 декабря - 1 балл.
- 2) Новолуние - 1 балл
- 3) 30 ноября - 1 балл
- 4) Полнолуние - 1 балл

Итого 8 баллов за задание

Задание №3 “Наблюдения Луны” Астроном-любитель Васечкин, вечером, во время захода Солнца, наблюдает в телескоп на Луне кратер Тихо. Находящийся на границе светлой и темной частей диска Луны. Эта граница на Луне называется – терминатор. В этот момент, внутри этого кратера, находится экспедиция землян, что же они увидят при наблюдении неба на Луне:

- 1) Восход или заход Солнца и почему?
- 2) Будут ли видеть космонавты Землю и почему?
- 3) А звезды в этот момент, и почему?

Решение:

Поскольку, Васечкин наблюдает Луну во время захода Солнца, то она находится в фазе от новолуния до полнолуния, и мы видим ту часть терминатора Луны, которая начинает лунный день. Следовательно, наблюдатели на Луне увидит восход Солнца, т.к. фаза Луны увеличивается. Да космонавты будут видеть Землю, т.к. их точка нахождения видна с Земли, а значит расположена на повернутом к земле полушарии Луны. И смогут видеть звезды, так как на Луне нет атмосферы и звезды видны на небе днем вместе с Солнцем.

Разбалловка

Ответы:

- 1) Наблюдается восход Солнца - 1 балл,
Объяснение причины в том, что мы видим растущую Луну и утреннюю часть терминатора. Или любое другое объяснение, сводящееся к правильному описанию ситуации - 2 балла
- 2) Космонавты будут видеть Землю - 1 балл
По той причине, что, если мы видим точку в которой находится экспедиция по условию задачи, значит и оттуда будет видна Земля. - 2 балла.
- 3) Космонавты будут видеть звезды - 1 балл.
Отсутствие атмосферы на Луне - 1 балл

Итого за задачу 8 баллов

Задание №4 “Луноход” Аппарат “Луноход-1” работал на Луне с 17 ноября 1970 года по 14 сентября 1971 года включительно. За это время он проехал по поверхности Луны 10 540 метров.

- 1) Определите его среднюю скорость.
- 2) Определите сколько лунных дней аппарат был на Луне.

Решение.

Первым этапом определим сколько дней луноход работал на Луне. Удобно считать от обратного. Сколько дней не хватило до полного года 17 ноября 1971 года.

$N=365$ (1971 год был не високосный) - 16 (дней до конца сентября) -31(октябрь) -16 (дней за ноябрь до 17 ноября) = 302 дня. Столько дней Луноход проработал на Луне.

За это время он проехал 10 540 метров.

То есть его средняя скорость равна $= 10540/(302*24) = 1.45$ м/ч

Или 0.024 м/с

Последним этапом надо ответить на второй вопрос задачи, сколько лунных дней аппарат был на Луне? День на Луне равен синодическому периоду Луны 29,53 суток. Следовательно, луноход был на Луне $302/29.53 = 10.22$ лунных дня.

Принимаются ответы 10, 10.2, 10.22 и 11 дней.

Разбалловка

Определение длительности работы лунохода в днях. - 3 балла

Определение средней скорости (в км в час, в метрах в час, в метрах в секунду) - 3 балла.

Определение числа лунных дней = 2 балла

Итого за задачу 8 баллов

Примечание. Если учащийся ошибся в расчете количества дней, но для своего количества дней правильно посчитал среднюю скорость лунохода, то ему не ставится оценка за этап расчета числа дней (или ставится частично при минимальной ошибке), но этап с расчетом скорости засчитывается полностью.

Если в последней части решения учащийся использовал сидерический период Луны 27.3 суток, а дальше все посчитано правильно, то этот этап оценивается в 1 балл. Если для длительности лунных суток использовалось значение 24 часа или 23 часа 56 минут, то за данный этап задачи ставится 0 баллов.

Решение задач 7 класс

Задание №1 “Звездное небо” Представьте, что сегодня и, в ближайшие ночи, у вас есть возможность увидеть темное ночное небо, как оно было бы видно без подсветки городских фонарей. Укажите:

- 1) Какие созвездия, из предложенных ниже, видны сегодня в Московской области: Большая Медведица, Сириус, Орион, Кассиопея, Южный крест, Весы, Лебедь, Волопас?
- 2) Увидите ли вы Луну в течении времени после полуночи до восхода Солнца? Известно, что ближайшее полнолуние было 31 октября.
- 3) Сможете ли вы увидеть точку осеннего или весеннего равноденствия на ночном небе? Укажите да или нет и какую именно точку можно было бы найти (если можно) и почему?

Решение:



- 1) Ночное небо начала ноября, даст нам возможность увидеть следующие созвездия: Большая Медведица (Незаходящее будет вблизи нижней кульминации), Орион (ближе к концу ночи, проходит меридиан), Кассиопея (видна высоко над горизонтом вблизи меридиана), Лебедь (в северо-западной части горизонта, заходит за горизонт), Волопас (виден не будет расположен южнее Большой Медведицы). Сириус - виден над

горизонтом созвездием не является. Созвездие Весов находится под горизонтом и поэтому не видно. Южный крест - невосходящее созвездие для наших широт

- 2) Дата написания олимпиады 12 ноября. Следовательно, в это время Луна будет вблизи новолуния, которое состоится 15 ноября. Значит Луна будет вблизи Солнца и видна ни ночью, ни под утро, не будет.
- 3) Осеннее равноденствие случилось 22 сентября 2020 года. Учтем, что полный круг 360° , в году 365 дней и Солнце за сутки смещается примерно на 1° . Следовательно Солнце смещается по эклиптике еще на 9 (сентябрь) + 31 (октябрь) + 12 (ноябрь) = 52 дня, т.е. сместится на 52° к востоку от точки осеннего равноденствия и попадает в созвездие Весов. 52° соответствует $52^\circ/15^\circ=3,5$ часа западнее Солнца. А, следовательно, близко к утру (за 3,5 часа до восхода) можно будет увидеть точку осеннего равноденствия. Противоположную ей на небе точку весеннего можно будет видеть почти всю ночь, так как она будет отстоять от Солнца на 8,5 часа к востоку и в течение этого времени будет видна после захода Солнца.

Разбалловка:

Пункт 1) - максимальная оценка 5 баллов. по 1 баллу за каждое созвездие. и 1 балл за не указание объектов, которые не видны.

Пункт 2) - 1 балл

Пункт 3) - 1 балл за верный ответ - точку весеннего равноденствия и 1 балл за объяснение, либо указание, что утром можно увидеть и точку осеннего равноденствия - итого за пункт 2 балла

Задание №2 “Астрономический календарь” Дорогой друг, если ты сегодня заглянул бы в школьный астрономический календарь 2020/2021 учебного года, то увидел бы, что 15 ноября 2020 г наступит ближайшее новолуние. Также ты смог бы прочитать, что до конца года наступят два затмения. Сначала лунное, а потом солнечное. Определите:

- 1) дату солнечного затмения.
- 2) в какой фазе Луны наступит это солнечное затмение?
- 3) дату лунного затмения.
- 4) в какой фазе Луны наступит это лунное затмение?

Решение:

Определимся, когда происходят затмения. Солнечные - в фазе новолуния, т.к. Луна находится между Солнцем и Землей и лунные - в фазе полнолуния, когда Земля находится между Луной и Солнцем. Ближайшее новолуние состоится 15 ноября, но, по условию задачи, в это новолуние состоится солнечное затмение не может, так как лунное затмение должно было наступить раньше и уже бы произошло. Период смены Лунных фаз составляет 29.5 дней, следовательно, до конца года останется наступить одному новолунию. 15 ноября наступает ближайшее новолуние, а значит следующее произойдет 14 декабря, так как в ноябре 30 дней. И двум полнолуниям 30 ноября и 30 декабря. Следовательно, солнечное затмение наступит 14 декабря. Затмения всегда происходят парами одно (солнечное или лунное) и через две недели другое (противоположное - лунное или солнечное). И. если мы учтем условие задачи, где написано, что наступит сначала лунное затмение, то его дата будет - 30 ноября.

Разбалловка:

Упоминание в решении правильного положения Солнца, Луны и Земли для солнечного затмения - 1 балл.

Упоминание в решении правильного положения Солнца, Луны и Земли для лунного затмения - 1 балл.

Использования правильного периода смены фаз луны -29.5 дней - 1 балл

Правильное использование промежутка времени между фазами Луны, от полнолуния до новолуния, и от новолуния до полнолуния - 1 балл

Итоговые ответы:

- 1) 14 декабря - 1 балл.
- 2) Новолуние - 1 балл
- 3) 30 ноября - 1 балл
- 4) Полнолуние - 1 балл

Итого 8 баллов за задание

Задание №3 “Наблюдения Луны” Астроном-любитель Васечкин, вечером, во время захода Солнца, наблюдает в телескоп на Луне кратер Тихо. Находящийся на границе светлой и темной частей диска Луны. Эта граница на Луне называется – терминатор. В этот момент, внутри этого кратера, находится экспедиция землян, что же они увидят при наблюдении неба на Луне:

- 1) Восход или заход Солнца и почему?
- 2) Будут ли видеть космонавты Землю и почему?
- 3) А звезды в этот момент, и почему?

Решение:

Поскольку, Васечкин наблюдает Луну во время захода Солнца, то она находится в фазе от новолуния до полнолуния, и мы видим ту часть терминатора Луны, которая начинает лунный день. Следовательно, наблюдатели на Луне увидит восход Солнца, т.к. фаза Луны увеличивается. Да космонавты будут видеть Землю, т.к. их точка нахождения видна с Земли, а значит расположена на повернутом к земле полушарии Луны. И смогут видеть звезды, так как на Луне нет атмосферы и звезды видны на небе днем вместе с Солнцем.

Разбалловка

Ответы:

- 1) Наблюдается восход Солнца - 1 балл,
Объяснение причины в том, что мы видим растущую Луну и утреннюю часть терминатора. Или любое другое объяснение, сводящееся к правильному описанию ситуации - 2 балла
- 2) Космонавты будут видеть Землю - 1 балл
По той причине, что, если мы видим точку в которой находится экспедиция по условию задачи, значит и оттуда будет видна Земля. - 2 балла.
- 3) Космонавты будут видеть звезды - 1 балл.
Отсутствие атмосферы на Луне - 1 балл

Итого за задачу 8 баллов

Задание №4 “Жизненный путь” Ученик Сидоров прочитал в энциклопедии по астрономии, что Солнце в ходе своей эволюции сначала станет красным гигантом, а в конце своей эволюции (жизни) – белым карликом. Также он нашел информацию о том, какого радиуса будет Солнце, когда станет красным гигантом – с орбиту Венеры (0.7 а.е). И размер белого карлика равный размеру Земли – $1.28 \cdot 10^4$ км. Помогите Сидорову рассчитать плотности Солнца и соотношение этих плотностей на следующих стадиях его эволюции:

- 1) Солнца – красного гиганта,
- 2) Солнца – белого карлика.
- 3) Нынешнего Солнца (радиус $7 \cdot 10^5$ км).

4) определите во сколько раз изменится плотность Солнца в конце его жизни, по сравнению со значением сейчас. Считайте, что масса Солнца не меняется.

Решение

Плотность - это отношение полной массы к объему $\rho = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi R^3}$ если использовать объем шара, к которому очень близка форма Солнца. Следовательно, плотности Солнца на разных стадиях его жизни будут:

Красный гигант:

$$\rho_{\text{КГ}} = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi R^3} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 10^{30}}{4 \cdot 3.14 \cdot (0.7 \cdot 1.5 \cdot 10^8)^3} = 1.4 \cdot 10^{-4} \text{ кг/м}^3$$

Белый карлик:

$$\rho_{\text{БК}} = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi R^3} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 10^{30}}{4 \cdot 3.14 \cdot (6.4 \cdot 10^6)^3} = 1.8 \cdot 10^9 \text{ кг/м}^3$$

Нынешнее Солнце:

$$\rho_{\text{С}} = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi R^3} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 10^{30}}{4 \cdot 3.14 \cdot (7 \cdot 10^8)^3} = 1.4 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

Найдем отношение плотностей в конце жизни Солнца - это стадия белого карлика и сейчас. Ее можно найти просто, разделив плотности друг на друга, а можно вывести соответствующую формулу:

$$\frac{\rho_{\text{БК}}}{\rho_{\text{С}}} = \frac{\frac{M_{\text{С}}}{V_{\text{БК}}}}{\frac{M_{\text{С}}}{V_{\text{С}}}} = \frac{V_{\text{С}}}{V_{\text{БК}}} = \left(\frac{R_{\text{С}}}{R_{\text{БК}}} \right)^3 = \left(\frac{7 \cdot 10^8}{6.4 \cdot 10^6} \right)^3 = 1.3 \cdot 10^6$$

Разбалловка

Правильная формула плотности, как массы деленной на объем - 1 балл

Использование формулы объема шара - 1 балл

Определение плотности Солнца - Красного гиганта - 2 балла

Определение плотности Солнца-Белого карлика - 2 балла

Определение плотности нынешнего Солнца - 1 балл

Определение отношения плотностей либо обратной величины - 1 балл

Итого за задание 8 баллов

Примечание

Ученик может напрямую написать, что плотность зависит от куба радиуса и использовать знание плотности какого-либо объекта для получения плотности Солнца. В этом случае решение так же засчитывается в полной мере.

Решение задач 8 класс

Задание №1 “Звездное небо” Представьте, что сегодня и, в ближайшие ночи, у вас есть возможность увидеть темное ночное небо, как оно было бы видно без подсветки городских фонарей. Укажите:

- 1) Какие созвездия, из предложенных ниже, видны сегодня в Московской области: Большая Медведица, Сириус, Орион, Кассиопея, Южный крест, Весы, Лебедь, Волопас?
- 2) Увидите ли вы Луну в течении времени после полуночи до восхода Солнца? Известно, что ближайшее полнолуние было 31 октября.
- 3) Сможете ли вы увидеть точку осеннего или весеннего равноденствия на ночном небе? Укажите да или нет и какую именно точку можно было бы найти (если можно) и почему?

Решение:



- 1) Ночное небо начала ноября, даст нам возможность увидеть следующие созвездия: Большая Медведица (Незаходящее будет вблизи нижней кульминации), Орион (ближе к концу ночи, проходит меридиан), Кассиопея (видна высоко над горизонтом вблизи меридиана), Лебедь (в северо-западной части горизонта, заходит за горизонт), Волопас (виден не будет расположен южнее Большой Медведицы). Сириус - виден над

горизонтом созвездием не является. Созвездие Весов находится под горизонтом и поэтому не видно. Южный крест - невосходящее созвездие для наших широт

- 2) Дата написания олимпиады 12 ноября. Следовательно, в это время Луна будет вблизи новолуния, которое состоится 15 ноября. Значит Луна будет вблизи Солнца и видна ни ночью, ни под утро, не будет.
- 3) Осеннее равноденствие случилось 22 сентября 2020 года. Учтем, что полный круг 360° , в году 365 дней и Солнце за сутки смещается примерно на 1° . Следовательно Солнце смещается по эклиптике еще на 9 (сентябрь) + 31 (октябрь) + 12 (ноябрь) = 52 дня, т.е. сместится на 52° к востоку от точки осеннего равноденствия и попадает в созвездие Весов. 52° соответствует $52^\circ/15^\circ=3,5$ часа западнее Солнца. А, следовательно, близко к утру (за 3,5 часа до восхода) можно будет увидеть точку осеннего равноденствия. Противоположную ей на небе точку весеннего можно будет видеть почти всю ночь, так как она будет отстоять от Солнца на 8,5 часа к востоку и в течение этого времени будет видна после захода Солнца.

Разбалловка:

Пункт 1) - максимальная оценка 5 баллов. по 1 баллу за каждое созвездие. и 1 балл за не указание объектов, которые не видны.

Пункт 2) - 1 балл

Пункт 3) - 1 балл за верный ответ - точку весеннего равноденствия и 1 балл за объяснение, либо указание, что утром можно увидеть и точку осеннего равноденствия - итого за пункт 2 балла

Задание №2 “Астрономический календарь” Дорогой друг, если ты сегодня заглянул бы в школьный астрономический календарь 2020/2021 учебного года, то увидел бы, что 15 ноября 2020 г наступит ближайшее новолуние. Также ты смог бы прочитать, что до конца года наступят два затмения. Сначала лунное, а потом солнечное. Определите:

- 1) дату солнечного затмения.
- 2) в какой фазе Луны наступит это солнечное затмение?
- 3) дату лунного затмения.
- 4) в какой фазе Луны наступит это лунное затмение?

Решение:

Определимся, когда происходят затмения. Солнечные - в фазе новолуния, т.к. Луна находится между Солнцем и Землей и лунные - в фазе полнолуния, когда Земля находится между Луной и Солнцем. Ближайшее новолуние состоится 15 ноября, но, по условию задачи, в это новолуние состоится солнечное затмение не может, так как лунное затмение должно было наступить раньше и уже бы произошло. Период смены Лунных фаз составляет 29.5 дней, следовательно, до конца года останется наступить одному новолунию. 15 ноября наступает ближайшее новолуние, а значит следующее произойдет 14 декабря, так как в ноябре 30 дней. И двум полнолуниям 30 ноября и 30 декабря. Следовательно, солнечное затмение наступит 14 декабря. Затмения всегда происходят парами одно (солнечное или лунное) и через две недели другое (противоположное - лунное или солнечное). И. если мы учтем условие задачи, где написано, что наступит сначала лунное затмение, то его дата будет - 30 ноября.

Разбалловка:

Упоминание в решении правильного положения Солнца, Луны и Земли для солнечного затмения - 1 балл.

Упоминание в решении правильного положения Солнца, Луны и Земли для лунного затмения - 1 балл.

Использования правильного периода смены фаз луны -29.5 дней - 1 балл

Правильное использование промежутка времени между фазами Луны, от полнолуния до новолуния, и от новолуния до полнолуния - 1 балл

Итоговые ответы:

- 1) 14 декабря - 1 балл.
- 2) Новолуние - 1 балл
- 3) 30 ноября - 1 балл
- 4) Полнолуние - 1 балл

Итого 8 баллов за задание

Задание №3 “Наблюдения Луны” Астроном-любитель Васечкин, вечером, во время захода Солнца, наблюдает в телескоп на Луне кратер Тихо. Находящийся на границе светлой и темной частей диска Луны. Эта граница на Луне называется – терминатор. В этот момент, внутри этого кратера, находится экспедиция землян, что же они увидят при наблюдении неба на Луне:

- 1) Восход или заход Солнца и почему?
- 2) Будут ли видеть космонавты Землю и почему?
- 3) А звезды в этот момент, и почему?

Решение:

Поскольку, Васечкин наблюдает Луну во время захода Солнца, то она находится в фазе от новолуния до полнолуния, и мы видим ту часть терминатора Луны, которая начинает лунный день. Следовательно, наблюдатели на Луне увидят восход Солнца, т.к. фаза Луны увеличивается. Да космонавты будут видеть Землю, т.к. их точка нахождения видна с Земли, а значит расположена на повернутом к земле полушарии Луны. И смогут видеть звезды, так как на Луне нет атмосферы и звезды видны на небе днем вместе с Солнцем.

Разбалловка

Ответы:

- 1) Наблюдается восход Солнца - 1 балл,
Объяснение причины в том, что мы видим растущую Луну и утреннюю часть терминатора. Или любое другое объяснение, сводящееся к правильному описанию ситуации - 2 балла
- 2) Космонавты будут видеть Землю - 1 балл
По той причине, что, если мы видим точку в которой находится экспедиция по условию задачи, значит и оттуда будет видна Земля. - 2 балла.
- 3) Космонавты будут видеть звезды - 1 балл.
Отсутствие атмосферы на Луне - 1 балл

Итого за задачу 8 баллов

Задание №4 “Жизненный путь” Ученик Сидоров прочитал в энциклопедии по астрономии, что Солнце в ходе своей эволюции сначала станет красным гигантом, а в конце своей эволюции (жизни) – белым карликом. Также он нашел информацию о том, какого радиуса будет Солнце, когда станет красным гигантом – с орбиту Венеры (0.7 а.е). И размер белого карлика равный размеру Земли – $1.28 \cdot 10^4$ км. Помогите Сидорову рассчитать плотности Солнца и соотношение этих плотностей на следующих стадиях его эволюции:

- 1) Солнца – красного гиганта,
- 2) Солнца – белого карлика.
- 3) Нынешнего Солнца (радиус $7 \cdot 10^5$ км).

4) определите во сколько раз изменится плотность Солнца в конце его жизни, по сравнению со значением сейчас. Считайте, что масса Солнца не меняется.

Решение

Плотность - это отношение полной массы к объему $\rho = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi R^3}$ если использовать объем шара, к которому очень близка форма Солнца. Следовательно, плотности Солнца на разных стадиях его жизни будут:

Красный гигант:

$$\rho_{\text{КГ}} = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi R^3} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 10^{30}}{4 \cdot 3.14 \cdot (0.7 \cdot 1.5 \cdot 10^8)^3} = 1.4 \cdot 10^{-4} \text{ кг/м}^3$$

Белый карлик:

$$\rho_{\text{БК}} = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi R^3} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 10^{30}}{4 \cdot 3.14 \cdot (6.4 \cdot 10^6)^3} = 1.8 \cdot 10^9 \text{ кг/м}^3$$

Нынешнее Солнце:

$$\rho_{\text{С}} = \frac{M}{V} = \frac{3M}{4\pi R^3} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 10^{30}}{4 \cdot 3.14 \cdot (7 \cdot 10^8)^3} = 1.4 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

Найдем отношение плотностей в конце жизни Солнца - это стадия белого карлика и сейчас. Ее можно найти просто, разделив плотности друг на друга, а можно вывести соответствующую формулу:

$$\frac{\rho_{\text{БК}}}{\rho_{\text{С}}} = \frac{\frac{M_{\text{С}}}{V_{\text{БК}}}}{\frac{M_{\text{С}}}{V_{\text{С}}}} = \frac{V_{\text{С}}}{V_{\text{БК}}} = \left(\frac{R_{\text{С}}}{R_{\text{БК}}} \right)^3 = \left(\frac{7 \cdot 10^8}{6.4 \cdot 10^6} \right)^3 = 1.3 \cdot 10^6$$

Разбалловка

Правильная формула плотности, как массы деленной на объем - 1 балл

Использование формулы объема шара - 1 балл

Определение плотности Солнца - Красного гиганта - 2 балла

Определение плотности Солнца-Белого карлика - 2 балла

Определение плотности нынешнего Солнца - 1 балл

Определение отношения плотностей либо обратной величины - 1 балл

Итого за задание 8 баллов

Примечание

Ученик может напрямую написать, что плотность зависит от куба радиуса и использовать знание плотности какого-либо объекта для получения плотности Солнца. В этом случае решение так же засчитывается в полной мере.

Задание №5 “Соседи” Звезда Ран (ϵ Эридана), является третьей из ближайших звезд (не считая Солнца), видимых без телескопа и имеет параллакс 0.31". Определите:

1) расстояние до звезды в парсеках.

2) максимальное угловое расстояние между Марсом и Землей, при наблюдении с этой звезды.

3) максимальное возможное линейное расстояние между Землей и Марсом.

Орбиты планет считать круговыми.

Решение.

На первом этапе найдем расстояние от звезды Ран до Солнца. Его мы получим из годового параллакса звезды.

$$r = 1/p = 3.23 \text{ пк.}$$

Далее учтем, в случае круговых орбит, что максимальное видимое удаление Марса от Земли будет тогда, когда они будут по разные стороны от Солнца на расстоянии $1 + 1.5 = 2.5$ а.е.

Используя определение параллакса получаем, что с расстояния в 3.23 пк радиус земной орбиты будет виден под углом $0.31''$. Следовательно, 2.5 а.е. будут видны под углом $2.5 * 0.31 = 0.775''$ или примерно $0.78''$.

Максимально возможное расстояние между Землей и Марсом составляет $1 + 1.5 = 2.5$ а.е., когда планеты находятся по разные стороны от Солнца. А Марс с Земли виден в соединении с Солнцем. Переведем расстояние в км - $2.5 * 150$ млн км = 375 млн. км

Разбалловка.

Определение расстояния до звезды при помощи годичного параллакса = 2 балла

Определение значения максимального углового расстояния между Землей и Марсом при наблюдении со звезды Ран - 3 балла

Определение максимального линейного расстояния между Землей и Марсом - 2.5 а.е. или 375 млн.км - 2 балла

Итого за задание 8 баллов

Примечание:

Если, в подсчете максимального расстояния между Землей и Марсом, учащийся ошибся и получил неверный ответ, но в диапазоне 0,5 - 5 а.е. А сам подсчет углового расстояния, используя определение параллакса, выполнил правильно (с теми данными, что получены ранее) часть решения за подсчет углового расстояния (3 балла) оценивается полностью. А часть (2 балла), за подсчет расстояния, не оценивается.

Задание №6 “Движение светил” Ученик Сидоров проводил наблюдения суточного движения некоторых ярких звезд, при помощи самодельного угломерного прибора, и записывал значения максимальной их высоты над горизонтом. Перед вами таблица измерений, полученных учеником.

Название	Прямое восхождение	Склонение	Измеренная максимальная высота
Вега - α Lyr	18 ^ч 40 ^м	+39°	74°
Капелла - α Aur	05 ^ч 17 ^м	+46°	81°
Мирам – η Per	02 ^ч 50 ^м	+56°	85°
Этамин - γ Dra	17 ^ч 56 ^м	+51°	86°
Менкар - α Cet	03 ^ч 02 ^м	+04°	39°
Минтака - δ Ori	05 ^ч 32 ^м	+00°	35°
Мирзам - β CMa	06 ^ч 22 ^м	-18°	17°

Определите

1. Какие звезды из наблюдаемых являются незаходящими для Сидорова?
2. Какая звезда подходит ближе всего к зениту?
3. Какая из звезд видна меньше всего в течении ночи для наблюдателя?
4. Определите широту места наблюдения.

5. Найдите, при измерении какой из звезд Сидоров допустил ошибку. Предположите почему он ее мог совершить?

Решение:

Максимальная высота светила в суточном движении над горизонтом наступает в момент верхней кульминации. Воспользуемся формулой расчета верхней кульминации в первом ее варианте, когда склонение светила меньше значения широты $\delta < \varphi$:

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta \Rightarrow \varphi = 90^\circ - h + \delta$$

Рассчитаем из нее широту по известной высоте и склонению звезд. Прямое восхождение светила нам не важно и мы отбросим его из таблицы

Название	Склонение	Измеренная максимальная высота	Определенно значение широты
Вега - α Lyr	+39°	74°	55°
Капелла - α Aur	+46°	81°	55°
Мирам - η Per	+55°	85°	51°
Этамин - γ Dra	+51°	86°	55°
Менкар - α Cet	+04°	39°	55°
Минтака - δ Ori	+00°	35°	55°
Мирзам - β CMa	-18°	17°	55°

Легко видеть, что измерения Сидорова были правильными, но он ошибся в значении высоты того светила, которое было ближе всего к зениту - звезда Мирам η Per. Причина этого в том, что на зенит очень трудно и неудобно наводиться, особенно, при визуальных наблюдениях невооруженным глазом. Отсутствуют, или на очень большом угловом расстоянии, наземные ориентиры. Звезда, которая видна меньше всего времени, самая южная из измеренных Мирзам β CMa.

Разбалловка

Вывод и использование правильной формулы верхней кульминации 1 балл,

Определение 5 звезд (склонение больше чем 35) - как незаходящие – 1 балл

Верно найденное значения широты - 2 балла

Правильно определена ошибочность измерения высоты звезды Мирам η Per - 1 балл

Указано, что наиболее близкая к зениту звезда Мирам η Per - 1 балл

Указано, что звезда с наименьшим временем видимости - Мирзам - β CMa - 1 балл

Верно указана причина допущенной ошибки - 1 балл

Итого за задание 8 баллов

Решение задач 9 класс

Задание №1 “Звездное небо” Представьте, что сегодня и, в ближайшие ночи, у вас есть возможность увидеть темное ночное небо, как оно было бы видно без подсветки городских фонарей. Укажите:

- 1) Какие созвездия, из предложенных ниже, видны сегодня в Московской области: Большая Медведица, Сириус, Орион, Кассиопея, Южный крест, Весы, Лебедь, Волопас?
- 2) Увидите ли вы Луну в течении времени после полуночи до восхода Солнца? Известно, что ближайшее полнолуние было 31 октября.
- 3) Сможете ли вы увидеть точку осеннего или весеннего равноденствия на ночном небе? Укажите да или нет и какую именно точку можно было бы найти (если можно) и почему?

Решение:



- 1) Ночное небо начала ноября, даст нам возможность увидеть следующие созвездия: Большая Медведица (Незаходящее будет вблизи нижней кульминации), Орион (ближе к концу ночи, проходит меридиан), Кассиопея (видна высоко над горизонтом вблизи меридиана), Лебедь (в северо-западной части горизонта, заходит за горизонт), Волопас (виден не будет расположен южнее Большой Медведицы). Сириус - виден над

горизонтом созвездием не является. Созвездие Весов находится под горизонтом и поэтому не видно. Южный крест - невосходящее созвездие для наших широт

- 2) Дата написания олимпиады 12 ноября. Следовательно, в это время Луна будет вблизи новолуния, которое состоится 15 ноября. Значит Луна будет вблизи Солнца и видна ни ночью, ни под утро, не будет.
- 3) Осеннее равноденствие случилось 22 сентября 2020 года. Учтем, что полный круг 360° , в году 365 дней и Солнце за сутки смещается примерно на 1° . Следовательно Солнце смещается по эклиптике еще на 9 (сентябрь) + 31 (октябрь) + 12 (ноябрь) = 52 дня, т.е. сместится на 52° к востоку от точки осеннего равноденствия и попадает в созвездие Весов. 52° соответствует $52^\circ/15^\circ=3,5$ часа западнее Солнца. А, следовательно, близко к утру (за 3,5 часа до восхода) можно будет увидеть точку осеннего равноденствия. Противоположную ей на небе точку весеннего можно будет видеть почти всю ночь, так как она будет отстоять от Солнца на 8,5 часа к востоку и в течение этого времени будет видна после захода Солнца.

Разбалловка:

Пункт 1) - максимальная оценка 5 баллов. по 1 баллу за каждое созвездие. и 1 балл за не указание объектов, которые не видны.

Пункт 2) - 1 балл

Пункт 3) - 1 балл за верный ответ - точку весеннего равноденствия и 1 балл за объяснение, либо указание, что утром можно увидеть и точку осеннего равноденствия - итого за пункт 2 балла

Задание №2 “Астрономический календарь” Дорогой друг, если ты сегодня заглянул бы в школьный астрономический календарь 2020/2021 учебного года, то увидел бы, что 15 ноября 2020 г наступит ближайшее новолуние. Также ты смог бы прочитать, что до конца года наступят два затмения. Сначала лунное, а потом солнечное. Определите:

- 1) дату солнечного затмения.
- 2) в какой фазе Луны наступит это солнечное затмение?
- 3) дату лунного затмения.
- 4) в какой фазе Луны наступит это лунное затмение?

Решение:

Определимся, когда происходят затмения. Солнечные - в фазе новолуния, т.к. Луна находится между Солнцем и Землей и лунные - в фазе полнолуния, когда Земля находится между Луной и Солнцем. Ближайшее новолуние состоится 15 ноября, но, по условию задачи, в это новолуние состоится солнечное затмение не может, так как лунное затмение должно было наступить раньше и уже бы произошло. Период смены Лунных фаз составляет 29.5 дней, следовательно, до конца года останется наступить одному новолунию. 15 ноября наступает ближайшее новолуние, а значит следующее произойдет 14 декабря, так как в ноябре 30 дней. И двум полнолуниям 30 ноября и 30 декабря. Следовательно, солнечное затмение наступит 14 декабря. Затмения всегда происходят парами одно (солнечное или лунное) и через две недели другое (противоположное - лунное или солнечное). И. если мы учтем условие задачи, где написано, что наступит сначала лунное затмение, то его дата будет - 30 ноября.

Разбалловка:

Упоминание в решении правильного положения Солнца, Луны и Земли для солнечного затмения - 1 балл.

Упоминание в решении правильного положения Солнца, Луны и Земли для лунного затмения - 1 балл.

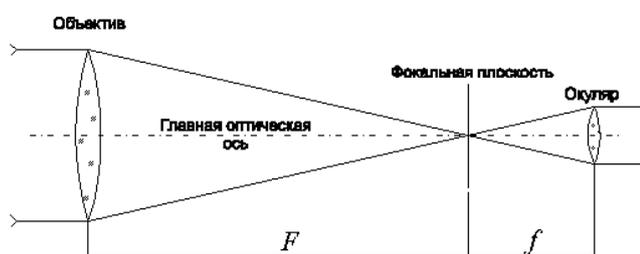
Использования правильного периода смены фаз луны -29.5 дней - 1 балл

Правильное использование промежутка времени между фазами Луны, от полнолуния до новолуния, и от новолуния до полнолуния - 1 балл

Итоговые ответы:

- 1) 14 декабря - 1 балл.
- 2) Новолуние - 1 балл
- 3) 30 ноября - 1 балл
- 4) Полнолуние - 1 балл

Итого 8 баллов за задание



Задание №3 “Труба Кеплера” Вам дана схема классического телескопа рефрактора и формула увеличения $\Gamma = \frac{F}{f} = \frac{D}{d}$, D - диаметр объектива телескопа (входного пучка), F - фокусное расстояние объектива, f - фокусное расстояние окуляра, D - диаметр входного пучка, d - диаметр выходного пучка. Оптическая сила объектива 1 дптр, а окуляра — 100 дптр.

Определите:

- 1) Чему равна общая длина трубы телескопа?
- 2) Чему равно увеличение этого телескопа?

Решение

На первом этапе нужно вспомнить взаимосвязь между оптической силой линзы и ее фокусным расстоянием. $D = 1/F$.

Получаем, что фокусное расстояние объектива $F=1$ метр

А фокусное расстояние окуляра $f=1/100=1$ см.

Из рисунка видно, что фокальная плоскость объектива совпадает с фокальной плоскостью окуляра. Следовательно, полная длина телескопа составляет $1 \text{ м} + 1 \text{ см} = 1.01 \text{ м}$

Увеличение телескопа рассчитывается из формулы $\Gamma = \frac{F}{f} = \frac{D}{d}$. Мы уже знаем фокусные расстояния объектива и окуляра, и получаем, что увеличение $\Gamma=100$.

Разбалловка

Связь оптической силы и фокусного расстояния линзы - 1 балл

Определение фокусных расстояний объектива и окуляра по 1 баллу за каждый - итого 2 балла

Определение длины телескопа 1.01 метра. - 2 балла.

Определение увеличения телескопа 100 - 3 балла.

Итого за задание 8 баллов

Задание №4 “Астероид” Некоторый астероид, имеющий прямое вращение по круговой орбите вокруг Солнца, в плоскости орбиты Земли, 25 сентября 2020 года вступил в противостояние с Солнцем, при наблюдении с Земли. Определите:

- 1) Когда такое случится в следующий раз, если его период обращения равен 3 года?
- 2) Какое расстояние будет между астероидом и Землей в момент противостояния?
- 3) Определите расстояние до астероида через 1.5 года.

Решение.

Из условия задачи мы знаем, что астероид движется по круговой орбите в ту же сторону, что и

Земля и он находится в противостоянии. Конфигурация противостояния возможна только для внешнего астероида, орбита которого больше, чем орбита Земли.

Следующее противостояние будет через синодический период.

Запишем синодическое уравнение для внешней планеты:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\text{Земли}}} - \frac{1}{T_{\text{Астероида}}} \Rightarrow S = \frac{T_{\text{Земли}} \cdot T_{\text{Астероида}}}{T_{\text{Астероида}} - T_{\text{Земли}}} = \frac{1 \cdot 3}{3-1} = 1.5 \text{ года}$$

Подставляем и получаем $S=1.5$ года. Значит следующее противостояние состоится через полтора года или 547,5 дней.

Для определения расстояния между астероидом и Землей нужно сначала найти радиус орбиты астероида (или что тоже самое, его большую полуось). Для этого воспользуемся третьим законом Кеплера:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \Rightarrow a_A = a_{\text{Земли}} \left(\frac{T_A}{T_{\text{Земли}}} \right)^{2/3} = 1 \left(\frac{3}{1} \right)^{2/3} = 2.08 \text{ а.е.}$$

И получаем ответ 2.08 а.е.

Поскольку астероид находится в противостоянии, и на одной линии Солнце-Земля-астероид, то расстояние Земля-астероид $=2.08-1=1.08$ а.е.

Теперь рассмотрим третий пункт задачи. Через 1.5 года астероид снова в противостоянии, его конфигурация повторится. Значит расстояние будет снова 1.08 ае.

Разбалловка.

утверждение, что астероид внешний. - 1 балл

запись выражения для синодического периода - 1 балл

определение синодического периода в годах или днях = 1 балл

определение даты следующего противостояния - 1 балл

определение большой полуоси орбиты астероида = 2 балла

определение расстояния между Землей и астероидом - 1 балл

определение расстояния между Землей и астероидом через 1.5 года = 1 балл.

Итого за задание 8 баллов

Задание №5 “Соседи” Звезда Ран (ϵ Эридана), является третьей из ближайших звёзд (не считая Солнца), видимых без телескопа и имеет параллакс $0.31''$. Определите:

1) расстояние до звезды в парсеках.

2) максимальное угловое расстояние между Марсом и Землёй, при наблюдении с этой звезды.

3) максимальное возможное линейное расстояние между Землей и Марсом.

Орбиты планет считать круговыми.

Решение.

На первом этапе найдем расстояние от звезды Ран до Солнца. Его мы получим из годового параллакса звезды.

$$r=1/p = 3.23 \text{ пк.}$$

Далее учтем, в случае круговых орбит, что максимальное видимое удаление Марса от Земли будет тогда, когда они будут по разные Стороны от Солнца на расстоянии $1+1.5 = 2.5$ а.е.

Используя определение параллакса получаем, что с расстояния в 3.23 пк радиус земной орбиты будет виден под углом $0.31''$. Следовательно, 2.5 а.е. буду видны под углом $2.5 \cdot 0.31 = 0.775''$ или примерно $0.78''$.

Ну и максимально возможное расстояние между землей и марсом составляет $1+1.5=2.5$ а.е., когда планеты находятся по разные стороны от Солнца. А Марс с Земли виден в соединении с Солнцем. Переведем расстояние в км - $2.5 \cdot 150 \text{ млн км} = 375 \text{ млн. км}$

Разбалловка.

Определение расстояния до звезды при помощи годичного параллакса = 3 балла

Определение значения максимального углового расстояния между Землей и Марсом при наблюдении со звезды Ран - 3 балла

Определение максимального линейного расстояния между Землей и Марсом - 2.5 а.е. или 375 млн.км - 2 балла

Итого за задание 8 баллов

Примечание:

Если, в подсчете максимального расстояния между Землей и Марсом, учащийся ошибся и получил неверный ответ, но в диапазоне 0,5 - 5 а.е. А сам подсчет углового расстояния, используя определение параллакса, выполнил правильно (с теми данными, что получены ранее) часть решения за подсчет углового расстояния (3 балла) оценивается полностью. А часть (2 балла), за подсчет расстояния, не оценивается.

Задание №6 “Движение светил” Ученик Сидоров проводил наблюдения суточного движения некоторых ярких звезд, при помощи самодельного угломерного прибора, и записывал значения максимальной их высоты над горизонтом. Перед вами таблица измерений, полученных учеником.

Название	Прямое восхождение	Склонение	Измеренная максимальная высота (округленная до °)
Вега - α Lyr	18 ^ч 40 ^м	+39°	74°
Капелла - α Aur	05 ^ч 17 ^м	+46°	81°
Мирам - η Per	02 ^ч 50 ^м	+56°	85°
Кохаб - β UMi	14 ^ч 50 ^м	+74°	71°
Этамин - γ Dra	17 ^ч 56 ^м	+51°	86°
Менкар - α Cet	03 ^ч 02 ^м	+04°	39°
Минтака - δ Ori	05 ^ч 32 ^м	+00°	35°
Мирзам - β CMa	06 ^ч 22 ^м	-18°	17°

Определите

- 1) Какие звезды из наблюдаемых являются незаходящими для Сидорова?
- 2) Какая звезда подходит ближе всего к зениту?
- 3) Какая из звезд видна меньше всего в течении ночи для наблюдателя?
- 4) Определите широту места наблюдения.
- 5) Найдите, при измерении какой из звезд Сидоров допустил ошибку. Предположите почему он ее мог совершить?

Решение:

Максимальная высота светила в суточном движении над горизонтом наступает в момент верхней кульминации. Воспользуемся формулой расчета верхней кульминации в первом ее варианте, когда склонение светила меньше значения широты. При $\delta < \varphi$:

$$h = 90^\circ - \varphi + \delta \Rightarrow \varphi = 90^\circ - h + \delta$$

Но будет одна звезда - Кохаб, которую необходимо проверить, на случай если ее склонение больше значения широты, так как она ближе всех к полюсу мира. Поскольку в этом случае, изменится формула для расчета верхней кульминации. При $\delta > \varphi$:

$$h = 90^\circ + \varphi - \delta \Rightarrow \varphi = h - 90^\circ + \delta$$

Рассчитаем из нее широту по известной высоте и склонению звезд. Прямое восхождение светила нам не важно, и мы отбросим его из таблицы

Название	Склонение	Измеренная максимальная высота	Определенно значение широты
Вега - α Lyr	+39°	74°	55°
Капелла - α Aur	+46°	81°	55°
Мирам - η Per	+56°	85°	51°
Кохаб - β UMi	+74°	71°	55°
Этамин - γ Dra	+51°	86°	55°
Менкар - α Cet	+04°	39°	55°
Минтака - δ Ori	+00°	35°	55°
Мирзам - β CMa	-18°	17°	55°

Легко видеть, что измерения Сидорова были правильными, но он ошибся в значении высоты того светила, которое было ближе всего к зениту - звезда Мирам η Per. Причина этого в том, что на зенит очень трудно и неудобно наводиться, особенно, при визуальных наблюдениях невооруженным глазом. Отсутствуют, или на очень большом угловом расстоянии, наземные ориентиры. Звезда, которая видна меньше всего времени, самая южная из измеренных Мирзам β CMa.

Разбалловка

Вывод и использование правильной формулы верхней кульминации 1 балл,

Определение 5 звезд (склонение больше чем 35) - как незаходящие – 1 балл

Верно найденное значения широты - 1 балл

Верно найдено значение широты для звезды Кохаб β UMi и не указано, что у этой звезды ошибочно определена высота. - 1 балл

Правильно определена ошибочность измерения высоты звезды Мирам η Per - 1 балл

Указано, что наиболее близкая к зениту звезда Мирам η Per - 1 балл

Указано, что звезда с наименьшим временем видимости - Мирзам - β CMa - 1 балл

Верно указана причина допущенной ошибки - 1 балл

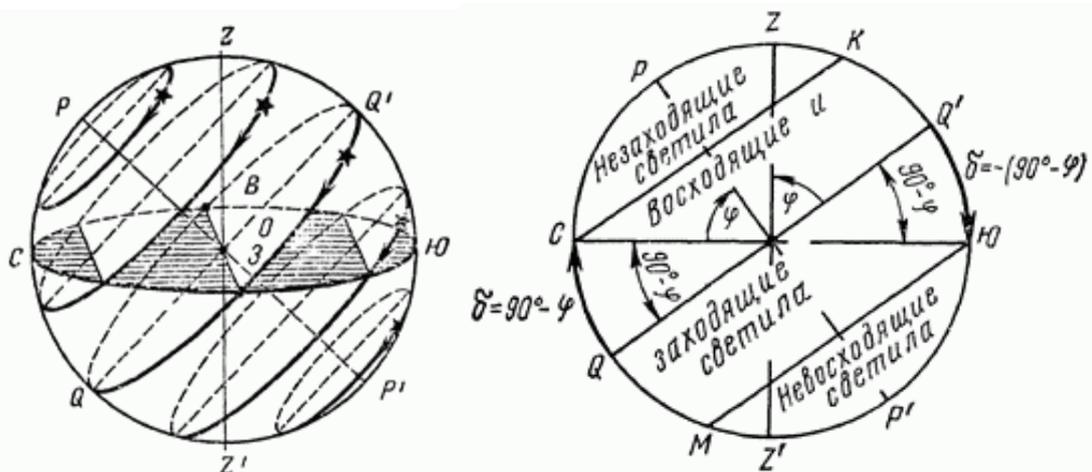
Итого за задание 8 баллов

Решение задач 10 класс

Задание №1 “Две звезды” Определите широты мест наблюдения, где звезды Капелла α Aug, склонение $\delta_K=45^\circ 59'$ и Бетельгейзе α Ori, склонение $\delta_B=7^\circ 24'$.

- 1) Одновременно являются невосходящими.
- 2) одновременно незаходящими.

Решение:



Запишем условие для невосходящих звезд - верхняя кульминация должна наступать под горизонтом:

$$90^\circ - \varphi + \delta < 0^\circ \Rightarrow -\varphi < 90^\circ - \delta$$

$$\varphi_K > 90^\circ - \delta \Rightarrow 90^\circ - 45^\circ 59' < -44^\circ 01'$$

$$\varphi_B > 90^\circ - \delta \Rightarrow 90^\circ - 7^\circ 24' < -82^\circ 36'$$

Следовательно, это будет южное полушарие, и по склонению Бетельгейзе (как более южной звезды) мы определим, какое именно значение широты будет выполнять условие задачи. И полный диапазон широт, удовлетворяющий условию, будет от $82^\circ 36'$ ю.ш. до 90° ю.ш.

Запишем условие для незаходящих звезд - нижняя кульминация должна наступать над горизонтом:

$$\varphi - 90^\circ + \delta > 0^\circ \Rightarrow \varphi > 90^\circ - \delta$$

$$\varphi_K > 90^\circ - \delta \Rightarrow 90^\circ - 45^\circ 59' > 44^\circ 01'$$

$$\varphi_B > 90^\circ - \delta \Rightarrow 90^\circ - 7^\circ 24' > 82^\circ 36'$$

Следовательно, это будет северное полушарие, и Бетельгейзе определит нам, какое именно значение широты будет выполнять условие задачи. И полный диапазон широт, удовлетворяющий условию, будет от $82^\circ 36'$ с.ш. до 90° с.ш.

Разбалловка:

Запись условия для невосходящих светил = 1 балл

Определение широт для Бетельгейзе и Капеллы, где они не восходят по 1 баллу

Вывод о широтах, на которых обе звезды являются не восходящими. - 1 балл

Запись условия для незаходящих светил = 1 балл

Определение широт для Бетельгейзе и Капеллы, где они не заходят по 1 баллу

Вывод о широтах, на которых обе звезды являются не заходят. -1 балл

Задание №2 “Астрономический календарь” Дорогой друг, если ты сегодня заглянул бы в школьный астрономический календарь 2020/2021 учебного года, то увидел бы, что 15 ноября 2020 г наступит ближайшее новолуние. Также ты смог бы прочитать, что до конца года наступят два затмения. Сначала лунное, а потом солнечное. Определите:

- 1) дату солнечного затмения.
- 2) в какой фазе Луны наступит это солнечное затмение?
- 3) дату лунного затмения.
- 4) в какой фазе Луны наступит это лунное затмение?

Решение:

Определимся, когда происходят затмения. Солнечные - в фазе новолуния, т.к. Луна находится между Солнцем и Землей и лунные - в фазе полнолуния, когда Земля находится между Луной и Солнцем. Ближайшее новолуние состоится 15 ноября, но, по условию задачи, в это новолуние состоится солнечное затмение не может, так как лунное затмение должно было наступить раньше и уже бы произошло. Период смены Лунных фаз составляет 29.5 дней, следовательно, до конца года останется наступить одному новолунию. 15 ноября наступает ближайшее новолуние, а значит следующее произойдет 14 декабря, так как в ноябре 30 дней. И двум полнолуниям 30 ноября и 30 декабря. Следовательно, солнечное затмение наступит 14 декабря. Затмения всегда происходят парами одно (солнечное или лунное) и через две недели другое (противоположное - лунное или солнечное). И. если мы учтем условие задачи, где написано, что наступит сначала лунное затмение, то его дата будет - 30 ноября.

Разбалловка:

Упоминание в решении правильного положения Солнца, Луны и Земли для солнечного затмения - 1 балл.

Упоминание в решении правильного положения Солнца, Луны и Земли для лунного затмения - 1 балл.

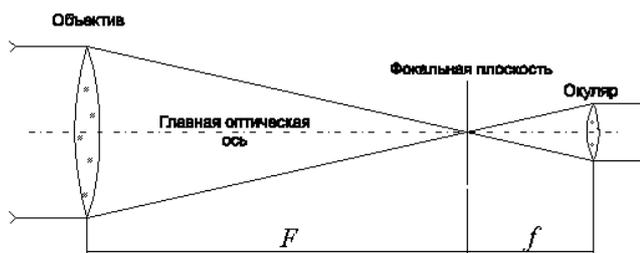
Использования правильного периода смены фаз луны -29.5 дней - 1 балл

Правильное использование промежутка времени между фазами Луны, от полнолуния до новолуния, и от новолуния до полнолуния - 1 балл

Итоговые ответы:

- 1) 14 декабря - 1 балл.
- 2) Новолуние - 1 балл
- 3) 30 ноября - 1 балл
- 4) Полнолуние - 1 балл

Итого 8 баллов за задание



Задание №3 “Труба Кеплера” Вам дана схема классического телескопа рефрактора и формула увеличения $\Gamma = \frac{F}{f} = \frac{D}{d}$, D - диаметр телескопа (входного пучка), F - фокус объектива, f - фокус окуляра, D - диаметр входного пучка, d - диаметр выходного пучка. Оптическая сила объектива 1 дптр, а окуляра — 100 дптр. Диаметр объектива телескопа составляет 12 см.

Диаметр зрачка глаза ночью составляет 6 мм. Определите:

- 1) Во сколько раз этот телескоп собирает больше света, чем человеческий глаз?
- 2) Чему равна общая длина трубы телескопа?
- 3) Чему равно увеличение этого телескопа?

Решение:

На первом этапе вспомним, что главная задача для телескопа - собирать свет. А она зависит от площади собирающей поверхности. Следовательно, телескоп соберет во столько раз больше света, во сколько площадь его объектива больше площади зрачка человеческого глаза:

$$\frac{S_{\text{Телескопа}}}{S_{\text{Глаза}}} = \frac{\pi \frac{D^2}{4}}{\pi \frac{d^2}{4}} = \left(\frac{D}{d}\right)^2 = \left(\frac{120}{6}\right)^2 = 400 \text{ раз}$$

На втором этапе нужно вспомнить взаимосвязь между оптической силой линзы и ее фокусным расстоянием: $D = 1/F$.

Получаем, что фокусное расстояние объектива $F=1$ метр

А фокусное расстояние окуляра $f=1/100=1$ см.

Из рисунка видно, что фокальная плоскость объектива совпадает с фокальной плоскостью окуляра. Следовательно, полная длина телескопа составляет $1 \text{ м} + 1 \text{ см} = 1.01 \text{ м}$

Увеличение телескопа рассчитывается из формулы $\Gamma = \frac{F}{f} = \frac{D}{d}$. Мы уже знаем фокусные расстояния объектива и окуляра, и получаем, что увеличение $\Gamma=100$.

Разбалловка

Верно найдено в сколько раз телескоп собирает больше - 400 раз - 2 балла

Связь оптической силы и фокусного расстояния линзы - 1 балл

Определение фокусных расстояний объектива и окуляра по 1 баллу за каждый - итого 2 балла

Определение длины телескопа 1.01 метра. - 2 балла.

Определение увеличения телескопа 100 - 1 балл.

Итого за задание 8 баллов

Задание №4 “Астероид” Некоторый астероид, имеющий прямое вращение по круговой орбите вокруг Солнца, в плоскости орбиты Земли, 25 сентября 2020 года вступил в противостояние с Солнцем, при наблюдении с Земли. Определите:

- 1) Когда такое случится в следующий раз, если его период обращения равен 3 года?
- 2) Какое расстояние будет между астероидом и Землей в момент противостояния?
- 3) Определите расстояние до астероида через 1.5 года.

Решение.

Из условия задачи мы знаем, что астероид движется по круговой орбите в ту же сторону, что и Земля и он находится в противостоянии. Конфигурация противостояния возможна только для внешнего астероида, орбита которого больше, чем орбита Земли.

Следующее противостояние будет через синодический период.

Запишем синодическое уравнение для внешней планеты:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\text{Земли}}} - \frac{1}{T_{\text{Астероида}}} \Rightarrow S = \frac{T_{\text{Земли}} \cdot T_{\text{Астероида}}}{T_{\text{Астероида}} - T_{\text{Земли}}} = \frac{1 \cdot 3}{3-1} = 1.5 \text{ года}$$

Подставляем и получаем $S=1.5$ года. Значит следующее противостояние состоится через полтора года или 547,5 дней.

Для определения расстояния между астероидом и Землей нужно сначала найти радиус орбиты астероида (или что тоже самое, его большую полуось). Для этого воспользуемся третьим законом Кеплера:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \Rightarrow a_A = a_{\text{Земли}} \left(\frac{T_A}{T_{\text{Земли}}}\right)^{2/3} = 1 \left(\frac{3}{1}\right)^{2/3} = 2.08 \text{ а.е.}$$

И получаем ответ 2.08 а.е.

Поскольку астероид находится в противостоянии, и на одной линии Солнце-Земля-астероид, то расстояние Земля-астероид $=2.08-1=1.08$ а.е.

Теперь рассмотрим третий пункт задачи. Через 1.5 года астероид снова в противостоянии, его конфигурация повторится. Значит расстояние будет снова 1.08 ае.

Разбалловка.

утверждение, что астероид внешний. - 1 балл

запись выражения для синодического периода - 1 балл

определение синодического периода в годах или днях = 1 балл

определение даты следующего противостояния - 1 балл

определение большой полуоси орбиты астероида = 2 балла

определение расстояния между Землей и астероидом - 1 балл

определение расстояния между Землей и астероидом через 1.5 года = 1 балл.

Итого за задание 8 баллов

Задание №5 “Соседи” Звезда Ран (ϵ Эридана), является третьей из ближайших звёзд (не считая Солнца), видимых без телескопа и имеет параллакс $0.31''$. Определите:

1) расстояние до звезды в парсеках.

2) максимальное угловое расстояние между Марсом и Землёй, при наблюдении с этой звезды.

3) максимальное возможное линейное расстояние между Землей и Марсом.

Орбиты планет считать круговыми.

Решение.

На первом этапе найдем расстояние от звезды Ран до Солнца. Его мы получим из годового параллакса звезды.

$$r=1/p = 3.23 \text{ пк.}$$

Далее учтем, в случае круговых орбит, что максимальное видимое удаление Марса от Земли будет тогда, когда они будут по разные Стороны от Солнца на расстоянии $1+ 1.5 = 2.5$ а.е.

Используя определение параллакса получаем, что с расстояния в 3.23 пк радиус земной орбиты будет виден под углом $0.31''$. Следовательно, 2.5 а.е. буду видны под углом $2.5*0.31=0.775''$ или примерно $0.78''$.

Ну и максимально возможное расстояние между землей и марсом составляет $1+1.5=2.5$ а.е., когда планеты находятся по разные стороны от Солнца. А Марс с Земли виден в соединении с Солнцем. Переведем расстояние в км - $2.5*150$ млн км = 375 млн. км

Разбалловка.

Определение расстояния до звезды при помощи годового параллакса - 3 балла

Определение значения максимального углового расстояния между Землей и Марсом при наблюдении со звезды Ран - 3 балла

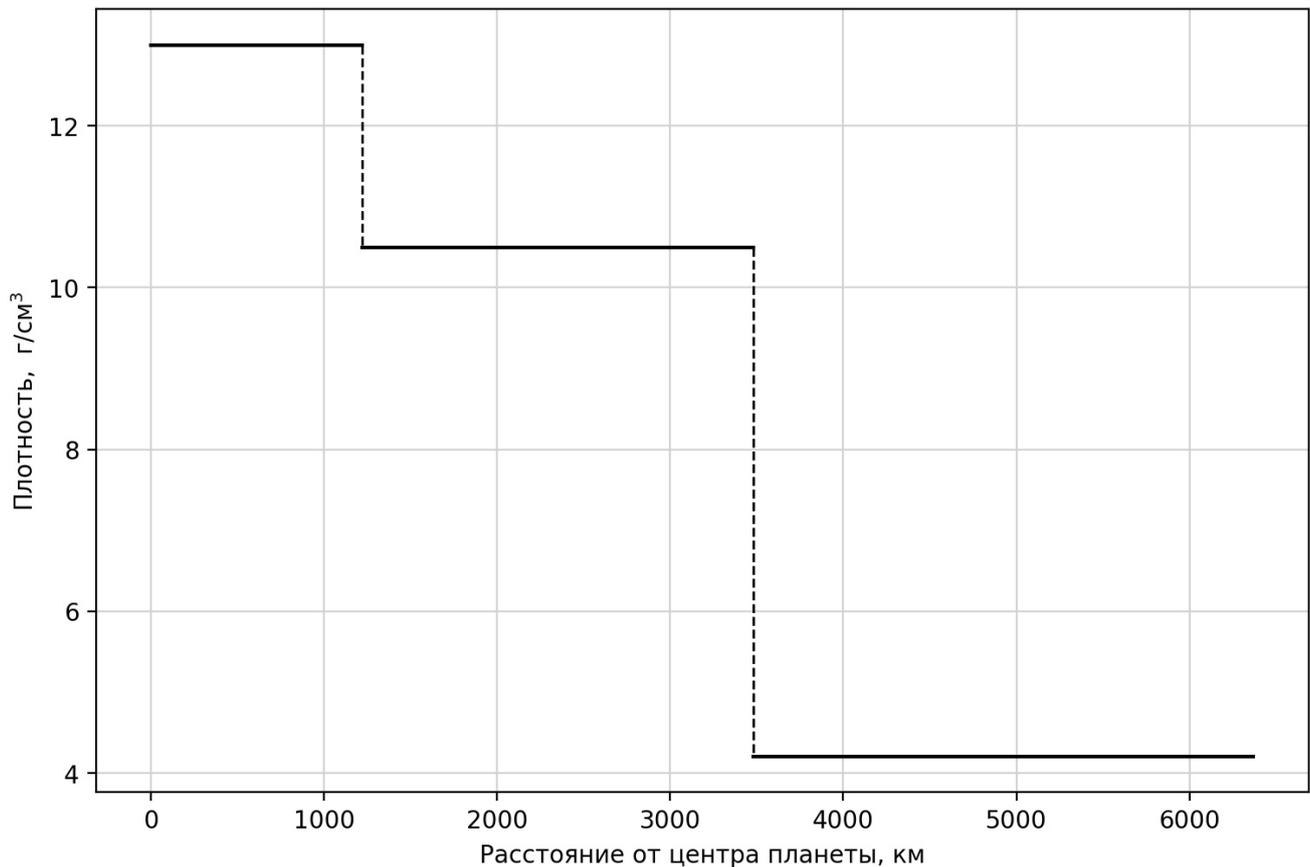
Определение максимального линейного расстояния между Землей и Марсом - 2.5 а.е. или 375 млн.км - 2 балла

Итого за задание 8 баллов

Примечание:

Если, в подсчете максимального расстояния между Землей и Марсом, учащийся ошибся и получил неверный ответ, но в диапазоне 0,5 - 5 а.е. А сам подсчет углового расстояния, используя определение параллакса, выполнил правильно (с теми данными, что получены ранее) часть решения за подсчет углового расстояния (3 балла) оценивается полностью. А часть (2 балла), за подсчет расстояния, не оценивается.

Задание №6 “Масса планеты” Перед вами график зависимости плотности от расстояния от центра некоторой планеты, полученный по результатам исследований. Известно, что планета имеет шарообразную форму.



Определите:

- 1) Массу внутреннего слоя.
- 2) Массу среднего слоя.
- 3) Массу внешнего слоя.
- 4) Полную массу планеты

Решение:

Первый шаг — это предположить из графика, что внутри планеты плотность сохраняется постоянной в трех областях: ядре (индекс 1) и двух слоях, назовем их верхним (индекс 3) и средним (индекс 2) слоем. Второй - определить из графика значения плотностей. Для этого необходимо, графически определить масштаб, и после этого снять из графика значения точек, соответствующих плотностям:

$$\rho_1 = 4.24 \text{ г/см}^3 \approx 4.2 \text{ г/см}^3$$

$$\rho_2 = 10.48 \text{ г/см}^3 \approx 10.5 \text{ г/см}^3$$

$$\rho_3 = 12.96 \text{ г/см}^3 \approx 13.0 \text{ г/см}^3$$

Определим из графика радиусы слоев и поверхности планеты:

$$R_1 = 6370 \text{ км}$$

$$R_2 = 3480 \text{ км}$$

$$R_3 = 1220 \text{ км}$$

Определим массу внутреннего слоя он будет являться сферой заданного радиуса:

$$M_3 = \frac{4}{3} \pi R_3^3 \cdot \rho_3 = \frac{4}{3} \cdot 3.14 \cdot (1220 \cdot 10^5)^3 \cdot 13.0 = 9.9 \cdot 10^{25} \text{ г} = 9.9 \cdot 10^{22} \text{ кг}$$

Определим массу среднего слоя он будет являться разницей сфер заданного радиуса 2 и 3:

$$M_2 = \left(\frac{4}{3}\pi R_2^3 - \frac{4}{3}\pi R_3^3\right) \cdot \rho_2 = \frac{4}{3} \cdot 3.14 \cdot (3480^3 - 1220^3) \cdot 10^{15} \cdot 10.5 = 1.77 \cdot 10^{27} \text{ г}$$

$$= 1.8 \cdot 10^{24} \text{ кг}$$

Определим массу верхнего слоя он будет являться разницей сфер заданного радиуса 1 и 2:

$$M_1 = \left(\frac{4}{3}\pi R_1^3 - \frac{4}{3}\pi R_2^3\right) \cdot \rho_1 = \frac{4}{3} \cdot 3.14 \cdot (6370^3 - 3480^3) \cdot 10^{15} \cdot 4.2 = 3.81 \cdot 10^{27} \text{ г}$$

$$= 3.8 \cdot 10^{24} \text{ кг}$$

Полная масса планеты получится - $M_1 + M_2 + M_3 = 3.8 \cdot 10^{24} + 1.8 \cdot 10^{24} + 9.9 \cdot 10^{22} \approx 5.7 \cdot 10^{24} \text{ кг}$

Разбалловка

Правильное определение значений плотности, с точностью 0.2 г/см³ - 2 балла

Правильное определение значений радиуса границ изменения плотности по радиусу планеты 100 км - 2 балла.

Правильное определение массы ядра, как сферы заданного радиуса - 1 балл

Правильное определение среднего слоя, как разницы двух сфер - 1 балл

Правильное определение верхнего слоя, как разницы двух сфер - 1 балл

Правильное определение полной массы планеты - 1 балл

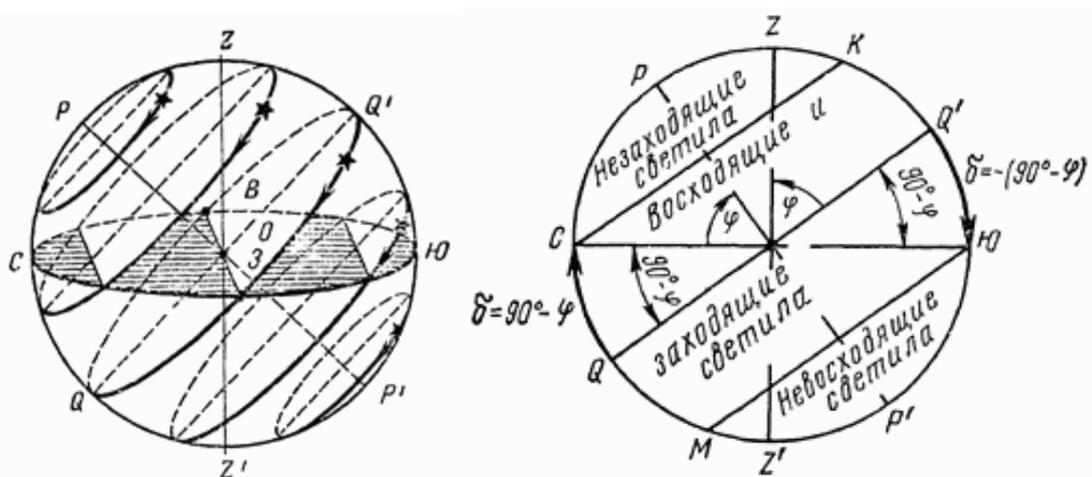
Итого за задания 8 баллов

Решение задач 11 класс

Задание №1 “Две звезды” Определите широты мест наблюдения, где звезды Капелла α Aur, склонение $\delta_K=45^\circ 59'$ и Бетельгейзе α Ori, склонение $\delta_B=7^\circ 24'$.

- 1) Одновременно являются невосходящими.
- 2) одновременно незаходящими.

Решение:



Запишем условие для невосходящих звезд - верхняя кульминация должна наступать под горизонтом:

$$90^\circ - \varphi + \delta < 0^\circ \Rightarrow -\varphi < 90^\circ - \delta$$

$$\varphi_K > 90^\circ - \delta \Rightarrow 90^\circ - 45^\circ 59' < -44^\circ 01'$$

$$\varphi_B > 90^\circ - \delta \Rightarrow 90^\circ - 7^\circ 24' < -82^\circ 36'$$

Следовательно, это будет южное полушарие, и по склонению Бетельгейзе (как более южной звезды) мы определим, какое именно значение широты будет выполнять условие задачи. И полный диапазон широт, удовлетворяющий условию, будет от $82^\circ 36'$ ю.ш. до 90° ю.ш.

Запишем условие для незаходящих звезд - нижняя кульминация должна наступать над горизонтом:

$$\varphi - 90^\circ + \delta > 0^\circ \Rightarrow \varphi > 90^\circ - \delta$$

$$\varphi_K > 90^\circ - \delta \Rightarrow 90^\circ - 45^\circ 59' > 44^\circ 01'$$

$$\varphi_B > 90^\circ - \delta \Rightarrow 90^\circ - 7^\circ 24' > 82^\circ 36'$$

Следовательно, это будет северное полушарие, и Бетельгейзе определит нам, какое именно значение широты будет выполнять условие задачи. И полный диапазон широт, удовлетворяющий условию, будет от $82^\circ 36'$ с.ш. до 90° с.ш.

Разбалловка:

Запись условия для невосходящих светил = 1 балл

Определение широт для Бетельгейзе и Капеллы, где они не восходят по 1 баллу

Вывод о широтах, на которых обе звезды являются не восходящими. - 1 балл

Запись условия для незаходящих светил = 1 балл

Определение широт для Бетельгейзе и Капеллы, где они не заходят по 1 баллу

Вывод о широтах, на которых обе звезды являются не заходят. -1 балл

Задание №2 “Звезды-близнецы” Две звезды-близнеца Солнца - 18 Скорпиона и HD 71334 (созвездие Кормы) имеют звездные величины 5.7^m и 7.7^m . Определите: 1) Во сколько раз звезда 18 Скорпиона ближе к Земле, чем HD 71334. 2) Во сколько раз свет от 18 Скорпиона идет меньше, чем от HD 71334. 3) Каково расстояние до каждой из этих звезд в пк, если абсолютная звездная величина Солнца составляет 4.8^m Межзвездным поглощением пренебречь.

Решение:

Поскольку звезды - это звезды близнецы Солнца, положим, что их светимости одинаковы и равны Солнечным. Следовательно воспользовавшись формулой Погсона:

$$\frac{E_{18Sco}}{E_{HD71334}} = 10^{0.4(m_{HD71334} - m_{18Sco})} \Rightarrow \frac{E_{18Sco}}{E_{HD71334}} = \frac{L_{\odot}/4\pi R_{18Sco}^2}{L_{\odot}/4\pi R_{HD71334}^2} = \left(\frac{R_{HD71334}}{R_{18Sco}}\right)^2$$

Следовательно:

$$\frac{R_{HD71334}}{R_{18Sco}} = 10^{0.2(m_{HD71334} - m_{18Sco})} = 10^{0.2(m_{HD71334} - m_{18Sco})} = 10^{0.2(7.7 - 5.7)} = 2.512$$

Поскольку свет движется с постоянной скоростью, то и время движения света будет отличаться в 6.3 раза

Найдем расстояние до звезды 18 Скорпиона, взяв второй звездой для сравнения Солнце с 10 пк, т.е. расстояние с которого Солнце видно как звезда 4.8^m :

$$\frac{E_{18Sco}}{E_{\odot}} = 10^{0.4(M_{\odot} - m_{18Sco})} \Rightarrow \frac{E_{18Sco}}{E_{\odot}} = \frac{L_{\odot}/4\pi R_{18Sco}^2}{L_{\odot}/4\pi R_{\odot}^2} = \left(\frac{10}{R_{18Sco}}\right)^2$$

Следовательно:

$$\frac{R_{18Sco}}{10} = 10^{-0.2(M_{\odot} - m_{18Sco})} \Rightarrow R_{18Sco} = 10^{1-0.2(M_{\odot} - m_{18Sco})} = 10^{1-0.2(4.8-5.7)} = 15.1 \text{ пк}$$

Найдем расстояние до звезды HD 71334, взяв второй звездой для сравнения Солнце с 10 пк, т.е. расстояние с которого Солнце видно как звезда 4.8^m :

$$\frac{E_{HD71334}}{E_{\odot}} = 10^{0.4(M_{\odot} - m_{HD71334})} \Rightarrow \frac{E_{HD71334}}{E_{\odot}} = \frac{L_{\odot}/4\pi R_{HD71334}^2}{L_{\odot}/4\pi R_{\odot}^2} = \left(\frac{10}{R_{HD71334}}\right)^2$$

Следовательно:

$$\frac{R_{HD71334}}{10} = 10^{-0.2(M_{\odot} - m_{HD71334})} \Rightarrow R_{HD71334} = 10^{1-0.2(4.8-7.7)} = 38 \text{ пк}$$

Разбалловка:

Вывод о том, что параметры звезд такие же как у Солнца - 1 балл

Правильное использование формулы Погсона или формулы абсолютной звездной величины для нахождения отношения расстояний - 1 балл

Правильное нахождение отношения расстояний - 1 балл

Правильное нахождение отношения времени прохождения света - 1 балл

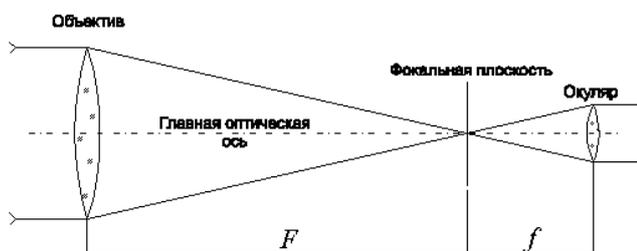
Правильное нахождение расстояния до 18 Скорпиона, через формулу Погсона или абсолютной звездной величины - 2 балла

Правильное нахождение расстояния до HD71334, через формулу Погсона или абсолютной звездной величины - 2 балла

Примечание:

Альтернативным? верным путем решения является использование формулы абсолютной звездной величины и выражение из нее расстояния до звезды - оценивается в полной мере как верное:

$$m_* = M_{\odot} - 5 + 5 \lg R \Rightarrow R_* = 10^{1-0.4(M_{\odot} - m_*)}$$



Задание №3 “Труба Кеплера” Вам дана схема классического телескопа рефрактора и формула увеличения $\Gamma = \frac{F}{f} = \frac{D}{d}$, D - диаметр телескопа (входного пучка), F - фокус объектива, f - фокус окуляра, D - диаметр входного пучка, d -

диаметр выходного пучка. Оптическая сила объектива 1 дптр, а окуляра — 100 дптр. Диаметр объектива телескопа составляет 12 см. Диаметр зрачка глаза ночью составляет 6 мм. Определите:

- 1) Во сколько раз этот телескоп собирает больше света, чем человеческий глаз?
- 2) Чему равна общая длина трубы телескопа?
- 3) Чему равно увеличение этого телескопа?

Решение:

На первом этапе вспомним, что главная задача для телескопа - собирать свет. А она зависит от площади собирающей поверхности. Следовательно, телескоп соберет во столько раз больше света, во сколько площадь его объектива больше площади зрачка человеческого глаза:

$$\frac{S_{\text{Телескопа}}}{S_{\text{Глаза}}} = \frac{\pi \frac{D^2}{4}}{\pi \frac{d^2}{4}} = \left(\frac{D}{d}\right)^2 = \left(\frac{120}{6}\right)^2 = 400 \text{ раз}$$

На втором этапе нужно вспомнить взаимосвязь между оптической силой линзы и ее фокусным расстоянием: $D = 1/F$.

Получаем, что фокусное расстояние объектива $F=1$ метр

А фокусное расстояние окуляра $f=1/100=1$ см.

Из рисунка видно, что фокальная плоскость объектива совпадает с фокальной плоскостью окуляра. Следовательно, полная длина телескопа составляет $1 \text{ м} + 1 \text{ см} = 1.01 \text{ м}$

Увеличение телескопа рассчитывается из формулы $\Gamma = \frac{F}{f} = \frac{D}{d}$. Мы уже знаем фокусные расстояния объектива и окуляра, и получаем, что увеличение $\Gamma=100$.

Разбалловка

Верно найдено в сколько раз телескоп собирает больше - 400 раз - 2 балла

Связь оптической силы и фокусного расстояния линзы - 1 балл

Определение фокусных расстояний объектива и окуляра по 1 баллу за каждый - итого 2 балла

Определение длины телескопа 1.01 метра. - 2 балла.

Определение увеличения телескопа 100 - 1 балл.

Итого за задание 8 баллов

Задание №4 “Астероид” Некоторый астероид, имеющий прямое вращение по круговой орбите вокруг Солнца, в плоскости орбиты Земли, 25 сентября 2020 года вступил в противостояние с Солнцем, при наблюдении с Земли. Определите:

- 1) Когда такое случится в следующий раз, если его период обращения равен 3 года?
- 2) Какое расстояние будет между астероидом и Землей в момент противостояния?
- 3) Определите расстояние до астероида через 1.5 года.

Решение.

Из условия задачи мы знаем, что астероид движется по круговой орбите в ту же сторону, что и Земля и он находится в противостоянии. Конфигурация противостояния возможна только для внешнего астероида, орбита которого больше, чем орбита Земли.

Следующее противостояние будет через синодический период.

Запишем синодическое уравнение для внешней планеты:

$$\frac{1}{S} = \frac{1}{T_{\text{Земли}}} - \frac{1}{T_{\text{Астероида}}} \Rightarrow S = \frac{T_{\text{Земли}} \cdot T_{\text{Астероида}}}{T_{\text{Астероида}} - T_{\text{Земли}}} = \frac{1 \cdot 3}{3-1} = 1.5 \text{ года}$$

Подставляем и получаем $S=1.5$ года. Значит следующее противостояние состоится через полтора года или 547,5 дней.

Для определения расстояния между астероидом и Землей нужно сначала найти радиус орбиты астероида (или что тоже самое, его большую полуось). Для этого воспользуемся третьим законом Кеплера:

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a_1^3}{a_2^3} \Rightarrow a_A = a_{\text{Земли}} \left(\frac{T_A}{T_{\text{Земли}}} \right)^{2/3} = 1 \left(\frac{3}{1} \right)^{2/3} = 2.08 \text{ а.е.}$$

И получаем ответ 2.08 а.е.

Поскольку астероид находится в противостоянии, и на одной линии Солнце-Земля-астероид, то расстояние Земля-астероид = 2.08 - 1 = 1.08 а.е.

Теперь рассмотрим третий пункт задачи. Через 1.5 года астероид снова в противостоянии, его конфигурация повторится. Значит расстояние будет снова 1.08 ае.

Разбалловка.

утверждение, что астероид внешний. - 1 балл

запись выражения для синодического периода - 1 балл

определение синодического периода в годах или днях - 1 балл

определение даты следующего противостояния - 1 балл

определение большой полуоси орбиты астероида - 2 балла

определение расстояния между Землей и астероидом - 1 балл

определение расстояния между Землей и астероидом через 1.5 года - 1 балл.

Итого за задание 8 баллов

Задание №5 “Соседи” Звезда Ран (ϵ Эридана), является третьей из ближайших звёзд (не считая Солнца), видимых без телескопа и имеет параллакс 0.31". Определите:

1) расстояние до звезды в парсеках.

2) максимальное угловое расстояние между Марсом и Землёй, при наблюдении с этой звезды.

3) максимальное возможное линейное расстояние между Землей и Марсом.

Орбиты планет считать круговыми.

Решение.

На первом этапе найдем расстояние от звезды Ран до Солнца. Его мы получим из годового параллакса звезды.

$$r = 1/p = 3.23 \text{ пк.}$$

Далее учтем, в случае круговых орбит, что максимальное видимое удаление Марса от Земли будет тогда, когда они будут по разные Стороны от Солнца на расстоянии $1 + 1.5 = 2.5$ а.е.

Используя определение параллакса получаем, что с расстояния в 3.23 пк радиус земной орбиты будет виден под углом 0.31". Следовательно, 2.5 а.е. буду видны под углом $2.5 * 0.31 = 0.775''$ или примерно 0.78".

Ну и максимально возможное расстояние между землей и марсом составляет $1 + 1.5 = 2.5$ а.е., когда планеты находятся по разные стороны от Солнца. А Марс с Земли виден в соединении с Солнцем. Переведем расстояние в км - $2.5 * 150 \text{ млн км} = 375 \text{ млн. км}$

Разбалловка.

Определение расстояния до звезды при помощи годового параллакса - 3 балла

Определение значения максимального углового расстояния между Землей и Марсом при наблюдении со звезды Ран - 3 балла

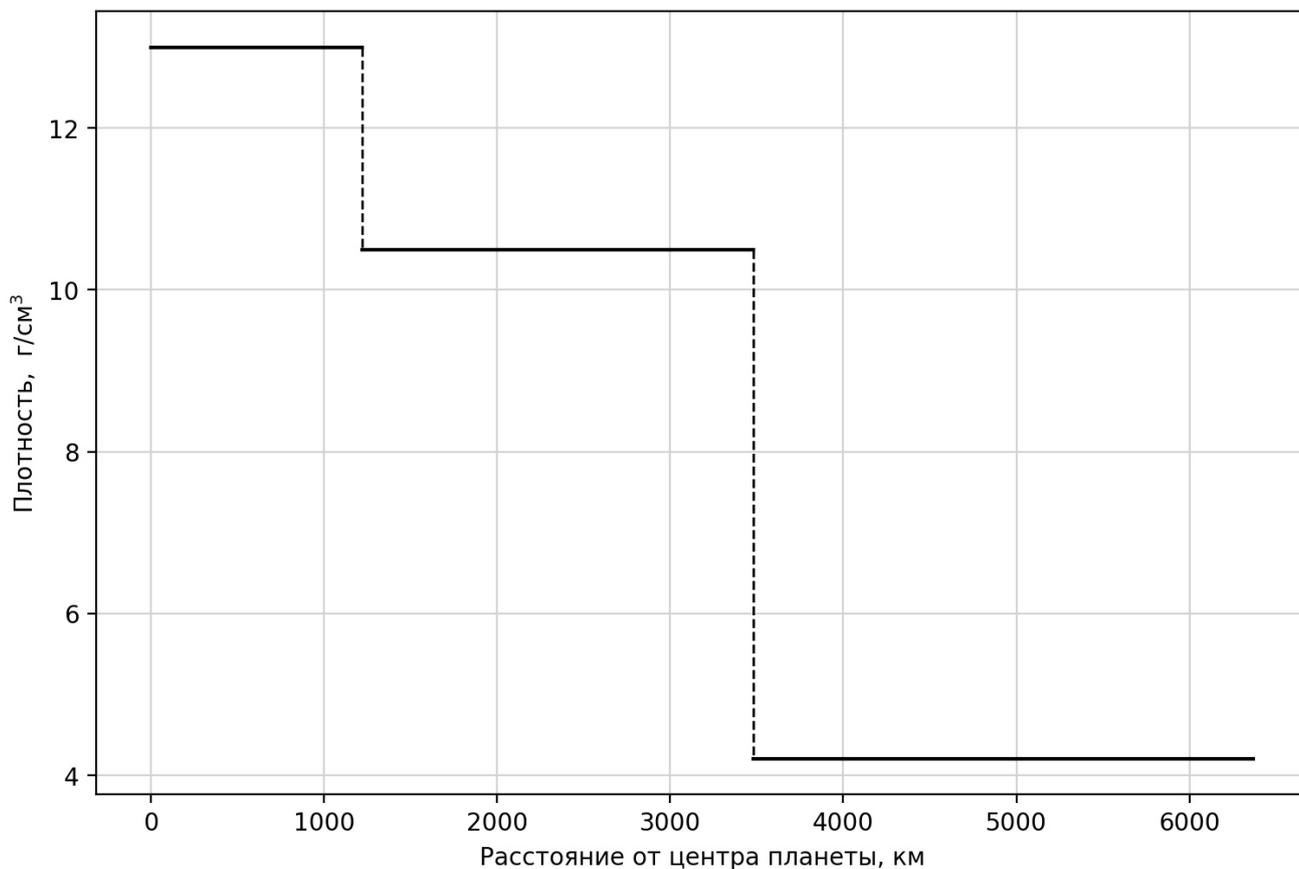
Определение максимального линейного расстояния между Землей и Марсом - 2.5 а.е. или 375 млн.км - 2 балла

Итого за задание 8 баллов

Примечание:

Если, в подсчете максимального расстояния между Землей и Марсом, учащийся ошибся и получил неверный ответ, но в диапазоне 0,5 - 5 а.е. А сам подсчет углового расстояния, используя определение параллакса, выполнил правильно (с теми данными, что получены ранее) часть решения за подсчет углового расстояния (3 балла) оценивается полностью. А часть (2 балла), за подсчет расстояния, не оценивается.

Задание №6 “Масса планеты” Перед вами график зависимости плотности от расстояния от центра некоторой планеты, полученный по результатам исследований. Известно, что планета имеет шарообразную форму.



Определите:

- 1) Массу внутреннего слоя.
- 2) Массу среднего слоя.
- 3) Массу внешнего слоя.
- 4) Полную массу планеты

Решение:

Первый шаг — это предположить из графика, что внутри планеты плотность сохраняется постоянной в трех областях: ядре (индекс 1) и двух слоях, назовем их верхним (индекс 3) и средним (индекс 2) слоем. Второй - определить из графика значения плотностей. Для этого необходимо, графически определить масштаб, и после этого снять из графика значения точек, соответствующих плотностям:

$$\rho_1 = 4.24 \text{ г/см}^3 \approx 4.2 \text{ г/см}^3$$

$$\rho_2 = 10.48 \text{ г/см}^3 \approx 10.5 \text{ г/см}^3$$

$$\rho_3 = 12.96 \text{ г/см}^3 \approx 13.0 \text{ г/см}^3$$

Определим из графика радиусы слоев и поверхности планеты:

$$R_1 = 6370 \text{ км}$$

$$R_2 = 3480 \text{ км}$$

$$R_3 = 1220 \text{ км}$$

Определим массу внутреннего слоя он будет являться сферой заданного радиуса:

$$M_3 = \frac{4}{3} \pi R_3^3 \cdot \rho_3 = \frac{4}{3} \cdot 3.14 \cdot (1220 \cdot 10^5)^3 \cdot 13.0 = 9.9 \cdot 10^{25} \text{ г} = 9.9 \cdot 10^{22} \text{ кг}$$

Определим массу среднего слоя он будет являться разницей сфер заданного радиуса 2 и 3:

$$M_2 = \left(\frac{4}{3} \pi R_2^3 - \frac{4}{3} \pi R_3^3 \right) \cdot \rho_2 = \frac{4}{3} \cdot 3.14 \cdot (3480^3 - 1220^3) \cdot 10^{15} \cdot 10.5 = 1.77 \cdot 10^{27} \text{ г} \\ = 1.8 \cdot 10^{24} \text{ кг}$$

Определим массу верхнего слоя он будет являться разницей сфер заданного радиуса 1 и 2:

$$M_1 = \left(\frac{4}{3} \pi R_1^3 - \frac{4}{3} \pi R_2^3 \right) \cdot \rho_1 = \frac{4}{3} \cdot 3.14 \cdot (6370^3 - 3480^3) \cdot 10^{15} \cdot 4.2 = 3.81 \cdot 10^{27} \text{ г} \\ = 3.8 \cdot 10^{24} \text{ кг}$$

$$\text{Полная масса планеты получится} - M_1 + M_2 + M_3 = 3.8 \cdot 10^{24} + 1.8 \cdot 10^{24} + 9.9 \cdot 10^{22} \approx 5.7 \cdot 10^{24} \text{ кг}$$

Разбалловка

Правильное определение значений плотности, с точностью 0.2 г/см³ - 2 балла

Правильное определение значений радиуса границ изменения плотности по радиусу планеты 100 км - 2 балла.

Правильное определение массы ядра, как сферы заданного радиуса - 1 балл

Правильное определение среднего слоя, как разницы двух сфер - 1 балл

Правильное определение верхнего слоя, как разницы двух сфер - 1 балл

Правильное определение полной массы планеты - 1 балл

Итого за задания 8 баллов