

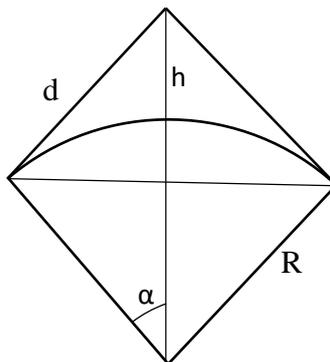
Задание 1. (§4.2. Параллакс и геометрические способы измерений расстояний)

25 сентября 2019 в 20 ч. 57 мин. по местному времени был совершён последний запуск ракеты «Союз-ФГ» с кораблем «Союз МС-15» и тремя членами экипажа с космодрома Байконур. В результате можно было наблюдать конденсационный и аэрозольный след ракеты в виде раскрывающейся небесной «медузы», подсвеченный Солнцем из-за горизонта. Можно ли было наблюдать «медузу» в точке с координатами 58° с.ш. и 70 в.д. при идеальных условиях видимости в момент отделения второй ступени, если считать, что отделение ступени произошло на высоте 84 км над точкой поверхности Земли с координатами 49° с.ш. и 70 в.д.? Сделать рисунок и обосновать с помощью расчётов.

Решение

1) (2 балла – верно сделан рисунок)

Пример рисунка.



2) (2 балла – верная формула для видимого горизонта и верный расчёт)

$$d = \sqrt{(R + h)^2 - R^2} = \sqrt{h(2R + h)}$$
$$d = \sqrt{84 \cdot (2 \cdot 6378 + 84)} = 1038 \text{ км}$$

3) (3 балла – найден тангенс, угол, разница по широте (по 1 баллу за каждый ответ))

Угол α , на котором виден космический корабль: $\operatorname{tg}\alpha = d/R = 0,162$. Так как угол мал, то $\alpha \approx 0,162$ рад. Долгота точки наблюдения совпадает с долготой сброса второй ступени. Разница в широте ($9^\circ = 9\pi/180 = 0,157$ рад) определяет расстояние.

1) (1 балл за верно обоснованный вывод)

Ответ: $0,162 > 0,157$ – «медуза» будет наблюдаться при идеальных условиях видимости.

Задание 2. (§5.3. Движение Луны и спутников планет (приближение круговых орбит)

15 ноября 2016 года можно было наблюдать покрытие Луной звезды Альдебаран (α Тельца) в экваториальной части Африки. Оцените максимальное время покрытия звезды.

Решение

1) (2 балла – указана формула времени затмения)

Так как звезда расположена на очень большом расстоянии от Солнечной системы, то тень Луны можно считать равной её диаметру – 3476 км. Тогда затмение звезды Луной будет продолжаться время $t=3476/v$, где v (км/с) – скорость движения тени Луны.

2) (2 балла – найден угол в радианах, если используется сидерический период, то за этап выставляется 1 балл, дальнейшее решение рассматривается с учётом значения сидерического периода)

Так как мы рассматриваем изменение положения Луны относительно звёзд, а не период обращения Луны вокруг Земли, то нас интересует синодический период обращения Луны, т.е. скорость Луны $v_M=2\pi R/T=2414032/(29,53\cdot 24\cdot 3600)\approx 0,95$ км/с.

3) (2 балла – учтена скорость обращения Земли)

На скорость движения тени влияет скорость вращения Земли $v_E=2\pi R_E/T_E=39921/(23\cdot 3600+56\cdot 60+4)\approx 0,46$ км/с. Это значение замедляет движение тени, обусловленное обращением Луны.

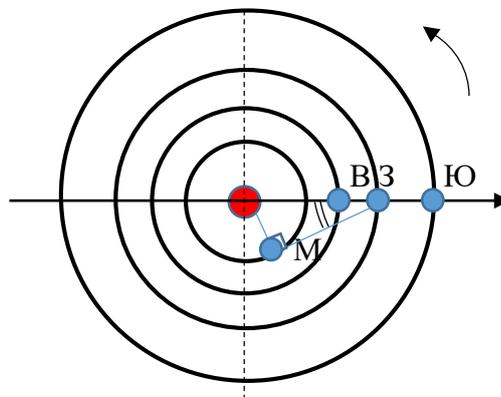
4) (2 балла – получен ответ)

$t=3476/(v_M - v_E)=7093\text{с}\approx 2$ ч.

Задание 3. (§5.1. Кинематика планет в Солнечной системе (приближение круговых орбит))

Для описания взаимного положения планет Солнечной системы часто используют понятие гелиоцентрической долготы. Гелиоцентрическая долгота – это угол в плоскости эклиптики, образованный лучом Солнце – точка весеннего равноденствия и лучом Солнце – планета, отсчитывается против часовой стрелки. Сделайте рисунок и определите значения долгот Юпитера, Земли, Венеры и Меркурия 22 сентября, если в этот день Венера находилась в нижнем соединении, Юпитер – в противостоянии, Меркурий – в наименьшей восточной элонгации (18°).

Решение



1) (2 балла: верное положение на рисунке + значение долготы Земли).

Гелиоцентрическая долгота Земли 22 сентября равна 0° , так как Солнце с Земли видно в точке осеннего равноденствия, при этом сама Земля находится в точке весеннего равноденствия, если смотреть со стороны Солнца (Примечание.

А 21 марта Солнце с Земли видно в точке весеннего равноденствия, 21 марта долгота 180).

2) (2 балла: верное положение на рисунке + значение долготы Венеры)

Так как Венера находится в нижнем соединении, то она находится между Солнцем и Землёй. Её долгота равна долготе Земли 0° .

3) (2 балла: верное положение на рисунке + значение долготы Юпитера)

Так как Юпитер находится в противостоянии, то он находится за Землёй на линии Солнце–Земля–Юпитер. Его долгота равна долготе Земли 0° .

4) (2 балла: верное положение на рисунке + значение долготы Меркурия)

Меркурий находится в восточной элонгации, проводим касательную к его орбите влево от Солнца. Долгота равна $270+18=288^\circ$.

Задание 4. (§4.1. Угловые измерения на небе)

В 1994 году было показано, что шаровое скопление М54 не принадлежит Млечному Пути, а является частью Карликовой эллиптической галактики в Стрельце (SagDEG). По современным оценкам расстояние до М54 приблизительно равно 88000 св.лет, при этом скопление имеет радиус 150 св.лет. Оцените видимый угловой размер скопления (в минутах). Какие объекты Солнечной системы его превышают?

Решение

1) (2 балла – объяснён принцип поиска углового размера)

Угловой размер шарового скопления определяется достаточно просто из-за того, что его форма – шар, из любой точки его угловой размер одинаков. Проведём от точки, в которой находится Солнечная система, перпендикуляр в центр скопления и рассмотрим прямоугольный треугольник с катетами 150 и 88000 св.лет.

2) (2 балла – найден угол в радианах)

$\text{tg } \alpha \approx 150/88000 \approx 0,0017$. Из малости угла следует, что $\alpha \approx 0,0017$.

Тогда угловой размер скопления равен $2\alpha=0,0034$.

3) (2 балла – получен ответ)

Переводим в градусы: $0,0034 \cdot 180/\pi = 0,195^\circ \approx 12'$.

4) (2 балла за верный ответ на вопрос про угловые размеры)

Угловые размеры Солнца и Луны больше.

Задание 5. (§4.5. Видимое движение Солнца и эклиптические координаты)

В зависимости от нахождения Солнца под горизонтом выделяют астрономические сумерки, гражданские и навигационные. Как называется сумерки, если угол нахождения Солнца под горизонтом $0^\circ 50' - 6^\circ$, $6^\circ - 12^\circ$, $12^\circ - 18^\circ$? Чем разные типы сумерек отличаются друг от друга? Что такое белая ночь и полярная ночь?

Решение

1) (3 балла, каждый правильный ответ – 1 балл)

$0^\circ 50' - 6^\circ$ – гражданские сумерки

$6^\circ - 12^\circ$ – навигационные сумерки

12°–18° – астрономические сумерки

2) (5 баллов, каждый правильный ответ – 1 балл)

Гражданские сумерки – время после захода Солнца, считается, что на открытом месте можно делать любые работы без искусственного освещения, на небе видны только ярчайшие небесные объекты.

Навигационные сумерки – линия горизонта всё ещё видна, но освещение недостаточно для нормальной жизнедеятельности человека, на небе хорошо видны навигационные объекты.

Астрономические сумерки – линия горизонта не видна, астрономы могут проводить астрономические наблюдения за звёздами, но слабо рассеивающие объекты (туманности и галактики) ещё не видны (они будут видны после наступления астрономической ночи).

Белая ночь – период, когда Солнце не опускается низко за горизонт. То есть сумерки не переходят в астрономическую ночь.

Полярная ночь – период, когда Солнце более 24 часов не поднимается из-за горизонта.

Задание 6. (§7.1. Схемы и принципы работы телескопов)

Для объектов какого размера и яркости полезно использовать телескопы с большой кратностью, а для каких с маленькой? От какой характеристики телескопа в основном зависит то, насколько ярко будет выглядеть через прибор наблюдаемый объект?

Решение

1) (4 балла – верные рассуждения по первому вопросу)

Высокое увеличение оказывается наиболее полезными при благоприятных атмосферных условиях для наблюдения за объектами Солнечной системы (в основном планеты и Луна), то есть в основном для ярких объектов.

Для наблюдения крупных удалённых объектов (туманности, галактики, скопления) большое увеличение приведёт к тому, что в телескоп будет видна малая тусклая часть объекта. Проблема наблюдения таких объектов не в их размерах, а в тусклости.

2) (4 балла – верные рассуждения по второму вопросу)

Возможность большого захвата света телескопом позволяет легче исследовать тусклые, но большие объекты, а не увеличение. Сбор света телескопом напрямую связан с диаметром его объектива. Чем больше диаметр, тем больше света он будет собирать, тем ярче будет виден объект.