

9 класс

Максимальное количество баллов за олимпиаду в 9 классе 42

1. Условие. Полярная звезда не находится точно в точке северного полюса мира, а отстоит от него примерно на 1° , совершая небольшие круги вокруг истинного полюса. Штурман полярной экспедиции определял свое местоположение по измерениям высоты Полярной звезды. Какую ошибку в расстоянии он мог допустить? К югу или к северу будет совершена ошибка? В каком случае величина ошибки будет минимальной?

1. Решение. Высота северного полюса мира над горизонтом равна географической широте места наблюдения. При наблюдении звезды в момент верхней кульминации определяемая широта места будет завышена, ошибка даст смещение к северу, примерно на 111 км, т.к. при среднем радиусе Земли 6378 км на 1 градус дуги приходится ≈ 111 км. При наблюдении в нижней кульминации широта будет занижена, местоположение будет смещено к югу. Минимальная ошибка будет, когда звезда находится посередине между моментами кульминаций.

1. Система оценивания. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – 8. Высота северного полюса мира над горизонтом равна географической широте места наблюдения – этот ответ оценивается в 1 балл. Определение того, что при наблюдении звезды в момент верхней кульминации определяемая широта места будет завышена и ошибка даст смещение к северу, и аналогично в случае нижней кульминации, оценивается в 3 балла. Определение того, что на 1 градус дуги приходится ≈ 111 км оценивается в 2 балла. Минимальная ошибка будет, когда звезда посередине между моментами кульминаций – этот ответ оценивается в 2 балла.

2. Условие. В результате изменения положения оси вращения Земли в пространстве (прецессия оси) полюс мира на небесной сфере смещается, и через 12000 лет место Полярной звезды займет самая яркая звезда северного полушария Вега (α Лиры) – рисунок 1. Определи по звездной карте, какие из перечисленных созвездий будут в это

время незаходящими на широте Ростова-на-Дону (широта $\varphi = 47^{\circ}13'$): Б. Медведица, Водолей, Орел, Лебедь, Козерог, Кассиопея, Волопас, Геркулес, Весы, Стрелец.

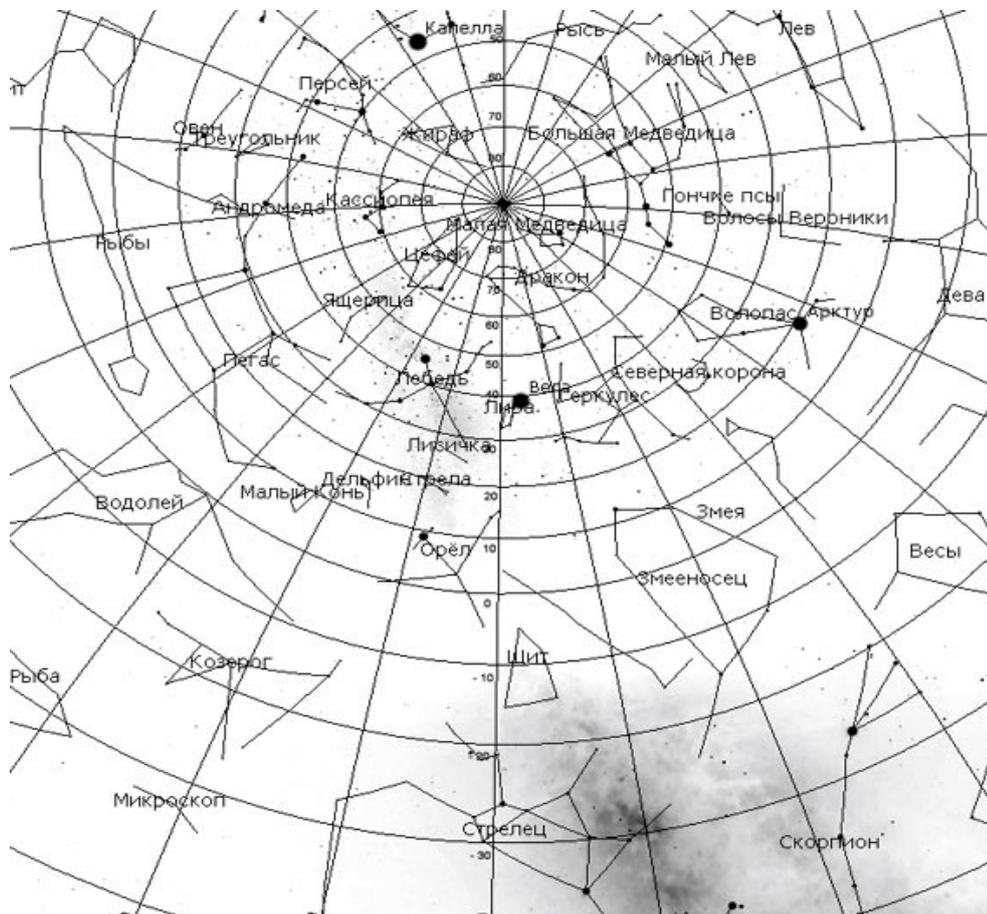


Рисунок 1. Фрагмент карты звездного неба

2. Решение

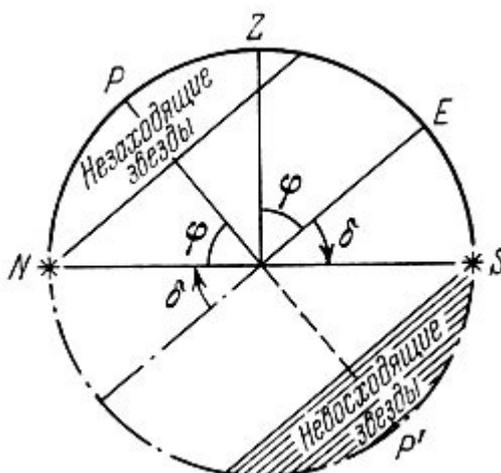


Рисунок 2. Схема, демонстрирующая определение незаходящих звезд.

Незаходящая звезда - звезда, которая на данной широте не опускается ниже горизонта. Из-за вращения Земли все звёзды как будто вращаются по кругу, в центре которого находится Полярная звезда.

В местах наблюдения в северном полушарии с географической широтой φ все те объекты незаходящие, склонение которых $\delta \geq 90^\circ - \varphi$, отсюда $\delta \geq 43^\circ$. Для ответа на поставленный в задаче вопрос, следует вокруг звезды Вега очертить круг радиусом $\approx 43^\circ$ и выписать созвездия, попадающие в этот круг. Из перечисленных в условии созвездий подходят Орел, Лебедь, Волопас, Геркулес.

2. Система оценивания. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – 8. Определение незаходящей звезды оценивается в 1 балл. Указание формулы для определения склонения оценивается в 3 балла. Определение области незаходящих созвездий на карте оценивается в 3 балла. Выбор подходящих созвездий из перечисленных оценивается в 1 балл.

3. Условие. Полярные исследователи высадились на полюсе Земли. Полярная звезда была точно в зените. Но после 20 дней затяжного ненастья увидели небо как на рисунке 3. Штурман наложил сетку горизонтальных координат и увидел, что Полярная звезда сместилась в сторону от зенита. Найди знакомые созвездия Большой и Малой Медведиц, Кассиопеи, соедини главные звезды линиями. Объясни, почему сместилась Полярная звезда. Проведи исследование и вычисли, с какой скоростью и в каком направлении дрейфовала льдина, на которой они высадились.

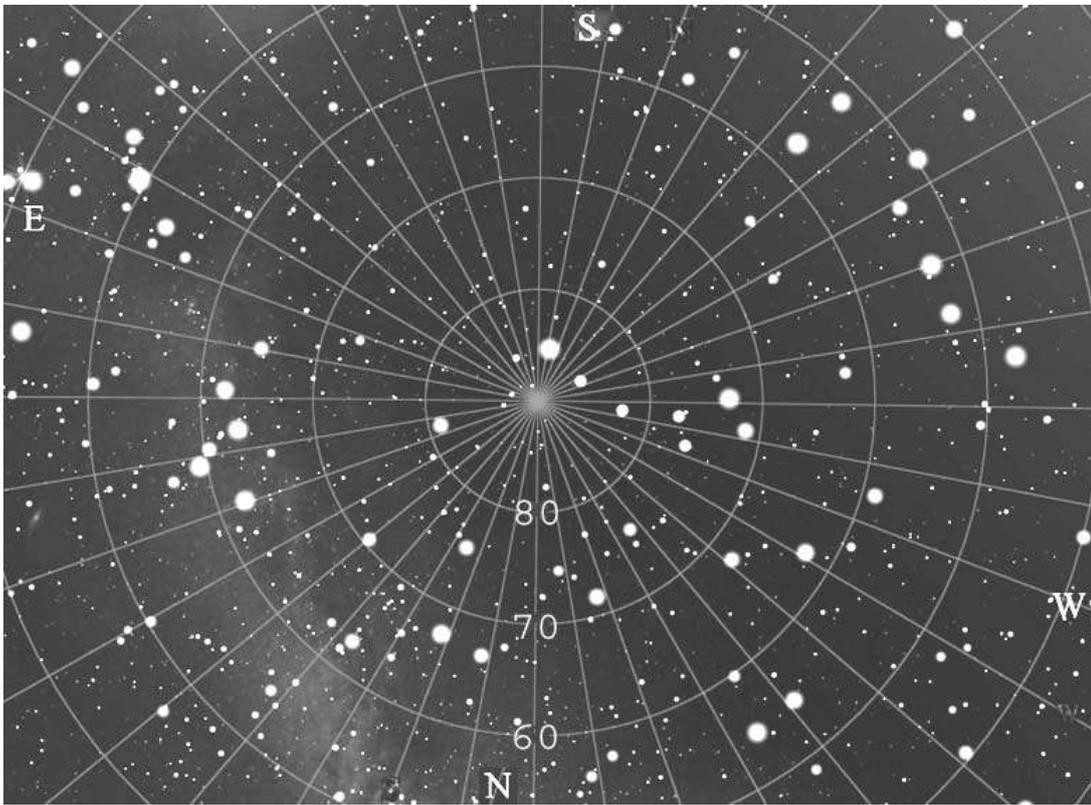


Рисунок 3. Вид полярной области неба

3. Решение. По координатной сетке видно, что Полярная звезда сместилась примерно на 5 градусов. При среднем радиусе Земли 6378 км на 1 градус дуги приходится ≈ 111 км, следовательно, льдина переместилась ≈ 550 км.

Дрейф происходил со скоростью $550 \text{ км} / 20 \text{ сут} = 27.5 \text{ км/сут}$ в сторону юга.

3. Система оценивания. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – 5. Определение по рисунку смещения Полярной звезды оценивается 2 балла. Определение смещения льдины оценивается в 2 балла. Определение дрейфа льдины оценивается в 1 балл.

4. Условие. Находясь на Земле, мы наблюдаем лунные и солнечные затмения. А сможем ли мы, находясь на Луне, наблюдать солнечные и земные затмения? Поясни рисунком.

4. Решение. Солнечные затмения можно наблюдать только с видимой стороны Луны, откуда видна Земля. При этом их можно видеть из любой точки видимого полушария Луны в моменты полных лунных затмений на Земле (т. е., в среднем, несколько раз в

году), а также в моменты частных лунных затмений из тех точек, куда падает тень Земли.

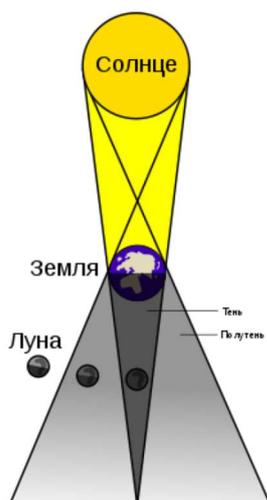


Рисунок 4. Схема, демонстрирующая условия наступления полных лунных затмений на Земле. В это время можно наблюдать с видимой стороны Луны Солнечные затмения.

А вот земные затмения с поверхности Луны наблюдать нельзя. Диаметр лунной тени на поверхности Земли обычно не превышает 200 км (рисунок 5), что для лунного наблюдателя составляет угол в $1,8'$. На фоне пестрой земной поверхности эта темная точка будет почти неразличима. А полутень Луны имеет небольшой контраст.

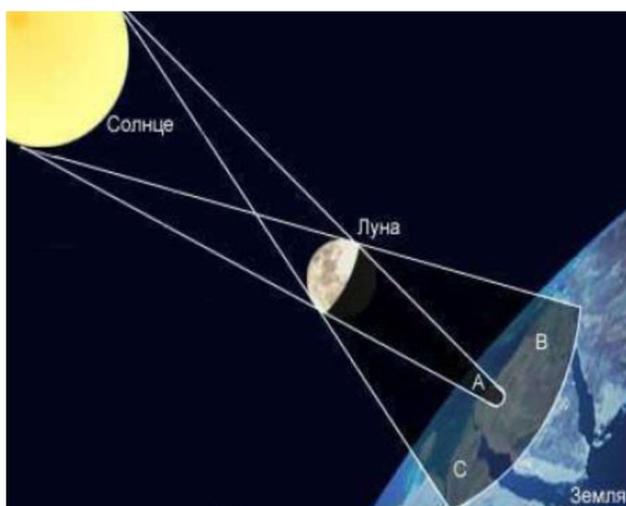


Рисунок 5. Формирование лунной тени на поверхности Земли.

4. Система оценивания. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – 8. Указание, что Солнечные затмения можно наблюдать только с видимой стороны Луны, в моменты полных лунных затмений на Земле, оценивается в 2 балла.

Приведение схемы, демонстрирующей условия наступления полных лунных затмений на Земле, оценивается в 2 балла. Указание, что диаметр лунной тени меньше поверхности Земли, оценивается в 2 балла, даже без указания точных цифровых значений. Приведение схемы, демонстрирующей формирование лунной тени на поверхности Земли, оценивается в 2 балла.

5. Условие. Средний столб в туманности "столбы творения", сфотографированный космическим телескопом ими Хаббла, имеет в высоту около 1 пк и ширину около 0.15 пк, концентрация газа составляет $n \approx 10$ ат/см³. Принимая форму столба цилиндрической, оцените массу газа в нем, полагая, что он состоит из водорода. Сколько звезд с массами, сравнимыми с солнечной, могут в нем образоваться?



Рисунок 6. Туманность столпы творения

5. Решение. Объем облака равен $V = \pi R^2 H \approx 0,02 \text{ пк}^3 = 5,4 \cdot 10^{53} \text{ см}^3$, а масса облака равна $M = n \cdot m_H \cdot V \approx 9 \cdot 10^{36} \text{ г} = 4500 M_{\text{Сол}}$, где m_H – масса атома водорода, т.е. может образоваться 4500 звезд с массами, сравнимыми с солнечными.

5. Система оценивания. Максимальное количество баллов за решение данной задачи – 5. За нахождение объема облака выставляется 2 балла, еще 2 балла выставляется за нахождение его массы. Формулировка окончательного ответа оценивается еще в 1 балл.

6. Условие. Как изменится климат на Земле, если Солнце заменить белым карликом с температурой 20000 К, но с радиусом в десять раз меньше солнечного?

6. Решение. Климат зависит от потока энергии, приходящей на планету от Звезды. Поток излучения от звезды на расстоянии d от нее

$$f_* = \frac{L_*}{4\pi d^2}, \text{ где } L_* = 4\pi R_*^2 \sigma T^4$$

отсюда следует, что при замене Солнца белым карликом, поток изменится в

$$\frac{L_k}{L_{Sun}} = \left(\frac{R_k}{R_{Sun}} \right)^2 \left(\frac{T_k}{T_{Sun}} \right)^4 \approx 1.4 \text{ раза, где индекс } k \text{ - относится к белому карлику, } Sun \text{ - к}$$

Солнцу.

То есть приходящий на Землю поток энергии увеличится почти в полтора раза.

Потеплеет.

6. Система оценивания. Максимальное количество баллов за решение данной задачи

– 8. Указание, что климат зависит от потока энергии, оценивается в 2 балла.

Выражение для потока энергии, с учетом формулы для светимости, оценивается в 2

балла. Выражение для отношения потоков энергии оценивается в 2 балла, числовой

ответ оценивается также в 2 балла.