2022/23 уч. год

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО АСТРОНОМИИ

МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП

11-й класс

Задание 1

Оказывается, двигаясь по земному шару, можно попасть во вчерашний или завтрашний день за несколько минут. Как это сделать?

Решение

Условная граница (линия перемены даты) проходит по водным просторам, по меридиану 180°: по Чукотскому морю, Беринговому проливу, Беринговому морю и далее по Тихому океану. В тех же местах, где эта линия встречает участки суши, она может отклоняться от меридиана в соответствии с государственными или административными границами. На этой линии начинаются раньше всего сутки. Если перейти линию перемены даты в восточном направлении, то попадём во вчерашний день, в западном направлении – в завтрашний день.

Задание 2

В зените светилась Полярная звезда, а под ней широким ковшом раскинулась Большая Медведица. Верно ли это наблюдение, если оно сделано в Архангельске? Почему?

Решение

Это наблюдение не может быть сделано в Архангельске**,** так как географическая широта г. Архангельска φ = 64,5°, следовательно, высота Полярной звезды над горизонтом в этом месте тоже равна 64,5°, а не 90°, как это указано в описании (Полярная звезда в зените, над головой).

Задание 3

7 ноября 2021 г. карликовая планета Церера находилась на наименьшем расстоянии от Земли, увеличив свою видимую яркость до 7,2 звёздной величины.

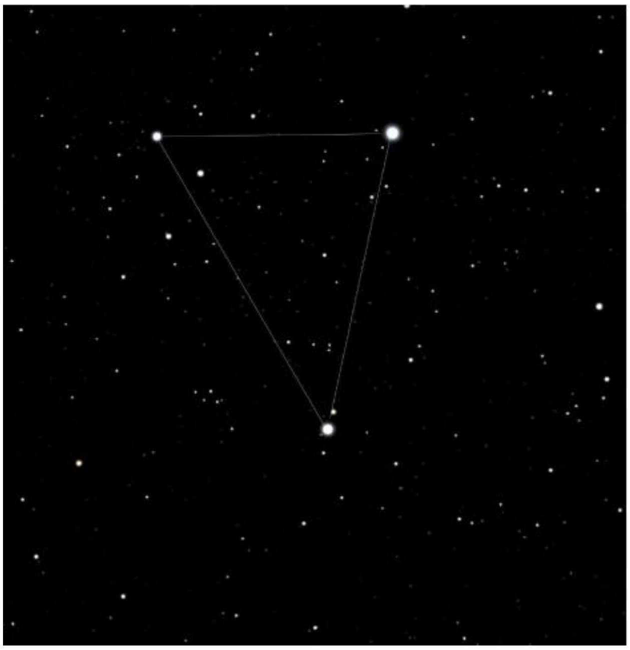
1. Можно ли увидеть Цереру в небольшой рефрактор с диаметром линзы 60 мм?
2. Где находится Церера? В Главном поясе астероидов, поясе Койпера или в облаке Оорта?

Решение:

1. Рассчитаем проницающую силу нашего телескопа по формуле $m = 6 + 5\lg(D/d)$, где D и d – диаметры телескопа и невооружённого глаза. Принимая величину d, равную 8 мм, мы находим, что для рефрактора доступны небесные светила со звёздной величиной до m = 10,37 и Цереру легко можно увидеть в этот телескоп. Возможно решение в следующем виде: $m = 2 + \lg(D)$, где D в миллиметрах, тогда ответ m = 10,9 (7 баллов).
2. Церера находится в Главном поясе астероидов, расположенном между орбитами Марса и Юпитера (1 балл).

Задание 4

На рисунке представлена звёздная карта с выделенным опорным треугольником. Вершины треугольника составляют самые яркие звёзды сезона, по которым проходит ориентирование на небе, это навигационные звёзды.



1. В каком сезоне года ориентируются по данному треугольнику?
2. Назовите звёзды, образующие этот треугольник.
3. В каких созвездиях находятся эти звёзды?

Решение:

1. На рисунке представлен известный летний треугольник. Это главный ориентир летнего неба. Также за правильный ответ можно считать 2 сезона (лето – осень) – 2 балла.
2. Вершинами опорного треугольника являются самые яркие звёзды летнего звёздного неба: Вега, Денеб, Альтаир. За каждое правильное название звезды по 1 баллу.
3. Находятся в созвездии: Лира (Вега), Лебедь (Денеб), Орёл (Альтаир). За каждое правильное название созвездия по 1 баллу.

Задание 5

Пусть в некоторой галактике есть два одинаковых шаровых звёздных скопления, движущихся вокруг центра этой галактики по одной орбите навстречу друг другу. Радиус каждого скопления R = 10 световых лет.

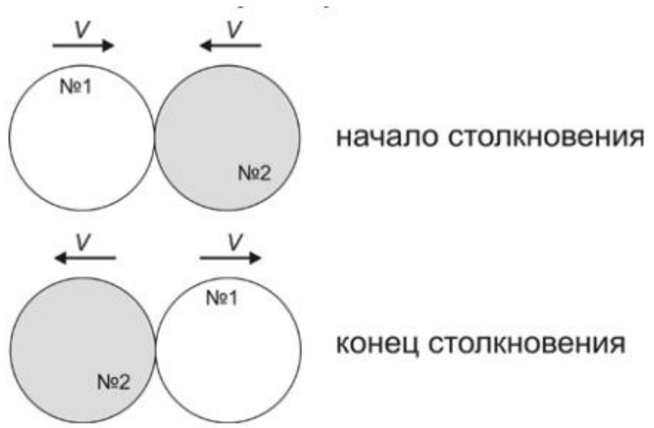
В какой-то момент начинается столкновение этих скоплений. Считая, что скорость движения по орбите каждого скопления в момент столкновения V = 300 км/с и столкновение центральное (т. е. центр одного скопления пройдёт через центр другого скопления), определите, сколько лет будет длиться столкновение. Приведите решение.

Решение

Надо понимать, что звёздное скопление – это не сплошное тело: звёзды в нём расположены чрезвычайно редко (характерные расстояния между ними в миллионы раз превышают размеры звезды). Поэтому при столкновении скоплений столкновения звёзд наблюдаться не будут, скопления просто пройдут друг сквозь друга.

Решать задачу можно, поместив наблюдателя в центр одного из скоплений или разместив стороннего наблюдателя, например, в центре галактики. В первом случае скорость движения набегающего скопления относительно наблюдателя будет равна 2V, а путь, который набегающее скопление должно пройти от начала до конца столкновения, будет равен 4R.

Во втором случае можно нарисовать рисунок, на котором изображено столкновение, как оно видно стороннему наблюдателю:



В этом случае видно, что скопление № 2 от начала столкновения до его окончания проходит путь 2R, двигаясь со скоростью V (аналогично для скопления № 1).

И в первом, и во втором случае длительность столкновения, конечно, получится одинаковой: $T = \frac{4R}{2V} = \frac{2R}{V}$.

Получить из этой формулы численный ответ можно двумя способами: подставив все данные, выраженные в единицах СИ, либо, обратив внимание, что расстояние 2R свет проходит за 20 лет, двигаясь со скоростью 300 тыс. км/с. Для второго пути сразу получается ответ, что при скорости движения в 300 км/с время, затраченное на пересечение диаметра скопления, будет в 1000 раз больше, т. е. 20 000 лет.

Для первого способа выразим радиус скопления в единицах СИ:
R = 10 световых лет = $10 \cdot 3 \cdot 10^8$ м/с · (3600 · 24 · 365,25 с) ≈ $9{,}47 \cdot 10^{16}$ м.
Тогда T = $2 \cdot 9{,}47 \cdot 10^{16}$ м/($3 \cdot 10^5$ м/с) = $6{,}31 \cdot 10^{11}$ с ≈ 20 000 лет.

Задание 6

В начале астрономического исследования Солнечной системы в 1766 г. немецким физиком И. Тициусом было сформулировано правило, приблизительно описывающее расстояния планет от Солнца. В 1781 г. после открытия Урана, большая полуось орбиты которого точно соответствовала этому правилу, И. Э. Боде предположил о возможности существования пятой от Солнца планеты между орбитами Марса и Юпитера на расстоянии 2,8 а. е. от нашего светила, которая и до сих пор не была обнаружена. Вместо неё образовался пояс астероидов, которые не смогли «слипнуться» в планету из-за влияния тяготения массивного Юпитера. Каков был бы период обращения этой несостоявшейся планеты вокруг Солнца в земных годах? 1 а. е. = 150 млн. км — среднее расстояние от Земли до Солнца. Орбиты планет можно считать окружностями, лежащими в одной плоскости, с центром в Солнце.

Решение

1. Запишем вначале уравнение вращательного движения Земли вокруг Солнца по круговой орбите под действием силы тяготения: $G\frac{M_c m_з}{(R_з)^2} = m_з(\omega_з)^2 R_з = \frac{4\pi^2 m_з R_з}{(T_з)^2}$,

где использованы стандартные обозначения со стандартными индексами для масс Солнца и Земли, радиуса, угловой частоты и периода обращения вокруг Солнца.

2. Отсюда следует, что величина $\frac{(R_з)^3}{(T_з)^2} = \frac{GM_c}{4\pi^2}$ есть величина постоянная. Аналогичную формулу можно записать для всех таких планет, в том числе и для «несостоявшейся» планеты *X* между Марсом и Юпитером. Поэтому $\frac{(R_з)^3}{(T_з)^2} = \frac{(R_x)^3}{(T_x)^2}$.

Если участник применяет третий закон Кеплера без вывода, то такое решение засчитывать как полное.

3. Из последнего соотношения следует, что $T_x = \left(\frac{R_x}{R_з}\right)^{\frac{3}{2}} \cdot T_з = (2,8)^{\frac{3}{2}} \cdot 1 = 4,7$ года.

Если нет специальных указаний, то оценивание заданий проводится по обобщённой шкале:

0 баллов – решение отсутствует, абсолютно некорректно или в нём допущена грубая астрономическая или физическая ошибка;
1–2 балла – попытка решения не принесла существенных продвижений, однако приведены содержательные астрономические или физические соображения, которые можно использовать при решении данного задания;
2–3 балла – правильно угадан сложный ответ без обоснования или с неверным обоснованием;
3–6 баллов – задание частично решено;
5–7 баллов – задание решено полностью с некоторыми недочётами;
8 баллов – задание решено полностью.

Выставление премиальных баллов сверх максимальной оценки за задание не допускается.