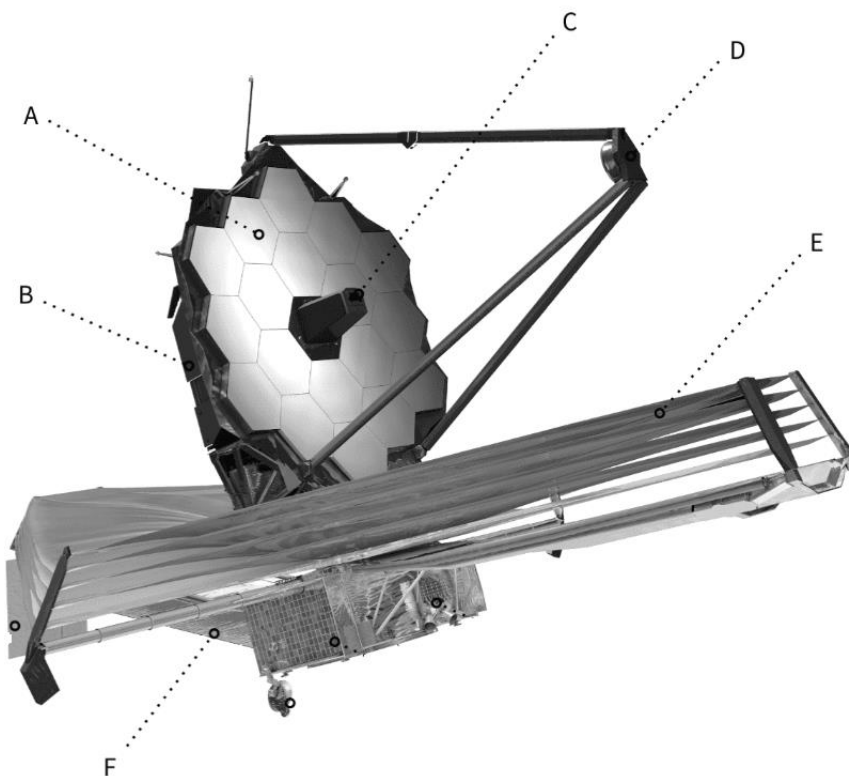


Всероссийская олимпиада школьников по астрономии

Муниципальный этап 2023-2024 учебный год

10-11 класс (РЕШЕНИЯ и КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ. Максимум – 48 баллов)

Задача 1



Космический телескоп имени Дж. Уэбба, запущенный в декабре 2021 года — один из важнейших астрономических инструментов нашего времени. Назовите его основные компоненты, обозначенные буквами на рисунке выше.

Решение:

- A – главное зеркало
- B – измерительные приборы
- C – оптический приемник
- D – вторичное зеркало
- E – солнечный щит (ширма)
- F – солнечная батарея

Критерии оценивания:

За компоненты A-D даётся по 1 баллу, за E, F – по 2 балла.

Задача 2

В далёкой звездно-планетной системе взорвалась сверхновая. Взрывная волна распространяется в пространстве со скоростью 25000 км/с. В момент взрыва на расстоянии

15 а.е. проходил исследовательский космический корабль. Чтобы спастись, экипаж корабля принимает решение включить специальный ускоритель, придающий космическому судну ускорение 150 м/с^2 в направлении, противоположном движущемуся фронту взрывной волны. Оцените, сможет ли спастись экипаж.

Решение:

Если взрывная волна догонит корабль, то выполнится равенство:

$$vt = \frac{1}{2}at^2 + d_{AU}$$

где v – скорость волны, t – момент встречи волны и корабля, a – ускорение корабля, d_{AU} – начальное удаление корабля от фронта волны.

Мы получили квадратное уравнение для поиска момента времени встречи волны и корабля. По условию экипаж должен спастись, то есть, уравнение не должно иметь решений в действительных числах. Это выполняется, когда дискриминант уравнения отрицательный, следовательно, должно выполняться условие

$$a > \frac{v^2}{2d_{AU}} \approx 139$$

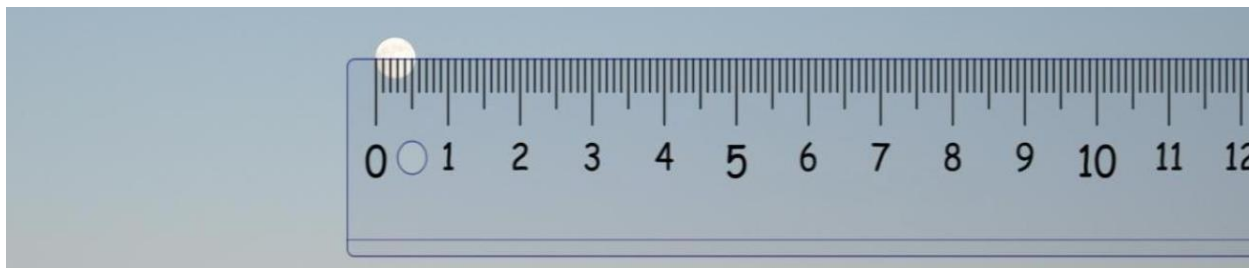
Для того, чтобы волна не смогла догнать корабль при заданных условиях, ускорение корабля должно превышать 139 м/с^2 . По условию задачи ускорение корабля 150 м/с^2 , то есть, экипаж будет спасен.

Критерии оценивания:

- запись кинематических уравнений движения волны и корабля (2 балла)
- запись условия, при котором волна не догонит корабль (4 балла)
- верный расчет и вывод (2 балла).

Задача 3

Днём, держа прозрачную линейку на расстоянии 60 см от глаз, вы оцениваете размер лунного диска как 5.5 мм (см. рисунок). В ночное время, используя телескоп, вы определяете, что истинный диаметр Луны составляет 3500 км.



Определите по этим данным расстояние до Луны.

Решение

Из условия подобия треугольников расстояние до Луны находится из пропорции:

$$\frac{s_M}{d_M} = \frac{s_R}{d_R} \implies s_M = d_M \cdot \frac{s_R}{d_R} \approx 382,000$$

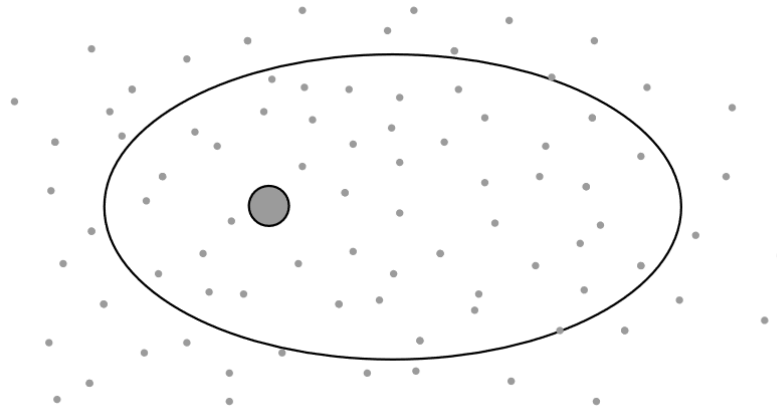
382000 км.

Здесь d_R – размер Луны, определяемый по линейке, s_R – расстояние от линейки до глаз, d_M – истинный диаметр Луны, d_M – расстояние до Луны.

Критерии оценивания:

- решена геометрическая часть задачи (4 балла);
- верно найдено численное решение (4 баллов).

Задача 4



Обитатели далёкой галактики проживают на планете с эллиптической орбитой вращения вокруг местного солнца. Также в их «солнечной системе» есть много астероидов, равномерно распределенных в пространстве. Астрономы этой цивилизации используют свет от их солнца, чтобы сосчитать количество астероидов, находящихся на прямой линии между звездой и планетой. В первый период измерений длительностью 60 дней они детектировали 1000 астероидов. Некоторое время спустя они начали второй период измерений длиной в 80 дней. Сколько астероидов будет найдено во время второго периода?

Решение:

Поскольку астероиды распределены в пространстве равномерно, то их плотность (постоянную!) на единицу площади в плоскости орбиты планеты можно выразить как $\Delta N / \Delta A$, где ΔN — количество астероидов, приходящихся на участок плоскости орбиты площадью ΔA .

Поскольку, согласно 2 закону Кеплера, луч «звезда-планета» за одинаковые промежутки времени замечает участки орбиты одинаковой площади, отношение площадей ΔA равно отношению длительностей периодов наблюдений, и искомое количество найденных астероидов можно найти из пропорции:

$$\frac{\Delta N_2}{\Delta A_2} = \frac{\Delta N_1}{\Delta A_1} \implies \Delta N_2 = \Delta N_1 \cdot \frac{\Delta A_2}{\Delta A_1} = \Delta N_1 \cdot \frac{\Delta t_2}{\Delta t_1}$$

что составляет 1333 штуки.

Критерии оценивания:

- Показана связь количества зафиксированных астероидов с площадью, заметаемой лучом «звезда-планета» (4 балла)
- Указана необходимость применения 2 закона Кеплера (2 балла)
- Сделан верный итоговый расчет (2 балла)

Задача 5

Светимость Солнца составляет 3.828×10^{26} Вт. Его энергия питает множество процессов и обеспечивает температуру, необходимую для существования жизни на Земле. Рассчитайте, сколько энергии поступает на поверхность Земли за сутки.

Решение:

Энергия, попадающая на диск Земли, пропорциональна площади диска (площадь круга диска Земли), тогда как доля этой энергии от общей излученной обратно пропорциональна площади сферы с радиусом 1 а.е. (расстояние от Солнца до Земли). Итоговая формула:

$$E_{day} = L_{\odot} \cdot \frac{A_E}{A_{1AU}} \cdot t = L_{\odot} \cdot \frac{\pi R_E^2}{4\pi \cdot (1AU)^2} \cdot t$$

здесь t – длительность суток.

По результатам расчетов $E = 1.5 \times 10^{22}$ Дж/сут.

Критерии оценивания:

- решена геометрическая часть задачи (4 балла);
- верно найдено численное решение (4 баллов).

Задача 6

Расстояние до Сириуса (2,7 пк) уменьшается на 8 км ежесекундно. Через сколько лет блеск Сириуса возрастет вдвое?

Решение:

Учитывая, что освещенность изменяется обратно пропорционально квадрату расстояний, можно получить, что

$$n = (R / (R - vt))^2,$$

где R – расстояние до звезды, v – скорость приближения звезды к наблюдателю, t – время, за которое освещенность изменится в n раз.

Отсюда получаем

$$t = \frac{R}{v} \left(1 - \sqrt{\frac{1}{n}} \right) = 97 \text{ тыс лет}$$

Критерии оценивания:

- тем или иным способом выведена формула (**6 балла**);
- произведен верный численный расчет (**2 балла**).

Максимум – 8 баллов.