

10.3. Измерения показывают, что мощность излучения Солнца равна $\alpha = 1,366$ киловатт на квадратный метр поверхности Земли, которая вращается по круговой орбите с периодом $T = 1$ год на расстоянии $R = 150$ млн. км от звезды.

А) Оцените скорость движения Земли вокруг Солнца (в км/с);

Б) Оцените массу Солнца (в кг);

В) Найдите отношение удельной мощности излучения Солнца к удельной тепловой мощности излучения тепла человеком массой $m = 70$ кг, который за сутки потребляет $q = 2400$ килокалорий (в тепло переходит примерно половина потребленной энергии). *Примечание:* 1 калория = 4,2 Джоуля.

Гравитационная постоянная: $G = 6,6743 \times 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}$

Решение.

А) Скорость движения Земли вокруг Солнца:

$$v = \frac{2\pi R}{T} = \frac{2\pi \cdot 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}}{365 \cdot 24 \cdot 3600 \text{ с}} \approx 29,8 \text{ км/с.} \quad (1)$$

Б) Запишем условие движения по круговой орбите:

$$\frac{mv^2}{R} = G \frac{Mm}{R^2}; \quad (2)$$

$$M = \frac{v^2 R}{G} = \frac{(2,98 \cdot 10^4 \text{ м/с})^2 \cdot 1,5 \cdot 10^{11} \text{ м}}{6,6743 \cdot 10^{-11} \text{ м}^3 \text{ кг}^{-1} \text{ с}^{-2}} \approx 2,0 \cdot 10^{30} \text{ кг} \quad (3)$$

В) Найдем суммарную мощность излучения Солнца. Для этого умножим мощность на кв. метр на площадь сферы с радиусом, равным расстоянию от Земли до Солнца:

$$P_c = \alpha S = \alpha \cdot 4\pi R^2 = 1,366 \cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2 \cdot 4\pi (1,5 \cdot 10^{11} \text{ м})^2 \approx 3,86 \cdot 10^{26} \text{ Вт.} \quad (4)$$

Удельная мощность излучения Солнца:

$$P_{c(yo)} = \frac{P_c}{M} = \frac{3,86 \cdot 10^{26} \text{ Вт}}{2 \cdot 10^{30} \text{ кг}} \approx 1,9 \cdot 10^{-4} \text{ Вт/кг.} \quad (5)$$

Тепловая мощность излучения человеком:

$$P_q = \frac{q}{t} = \frac{0,5 \cdot 2,4 \cdot 10^6 \text{ кал} \cdot 4,2 \text{ Дж/кал}}{24 \cdot 3600 \text{ с}} \approx 58,3 \text{ Вт.} \quad (6)$$

Удельная мощность излучения человека:

$$P_{u(yo)} = \frac{P_q}{m} = \frac{58,3 \text{ Вт}}{70 \text{ кг}} \approx 0,83 \text{ Вт/кг.} \quad (7)$$

Отсюда находим отношение:

$$\frac{P_{c(yo)}}{P_{u(yo)}} \approx 2,3 \cdot 10^{-4} \square 1. \quad (8)$$

Такой нетривиальный результат обусловлен огромной массой Солнца.

Примечание. Школьники могут подумать о сделанной где-то ошибке и дать в ответе обратную величину порядка 10^4 .

Разбалловка

№	Критерий	Баллы
1	Записана формула (1) для скорости движения Земли	1
2	Получено числовое значение для скорости 29,8 км/с (возможно округление до 30 км/с).	1
3	Записано условие движения по круговой орбите (2)	1
4	Получена формула для массы Солнца (3)	1
5	Получено числовое значение для массы Солнца $2 \cdot 10^{30}$ кг	1
6	Найдена суммарная мощность теплового излучения Солнца (4)	1
7	Найдена удельная мощность теплового излучения Солнца (5)	1
8	Найдена суммарная мощность теплового излучения человека (6) При потере множителя 50% – 0,5 балла, дальше не снижаем	1
9	Найдена удельная мощность теплового излучения человека (7)	1
10	Получено числовое значение отношения удельных мощностей теплового излучения Солнца и человека порядка 10^{-4} . При указании в качестве ответа обратной величины – 0 баллов за данный пункт.	1
	Сумма	10