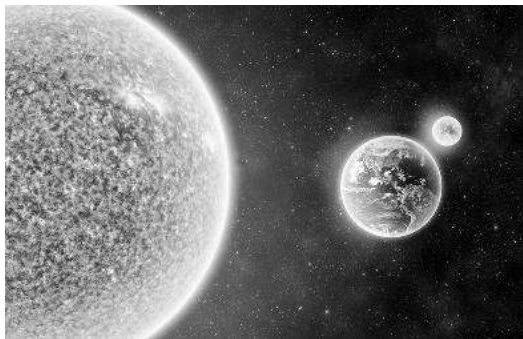


Условие

Задание 1. Размер Солнца.



Средний видимый диаметр Солнца — $31'59''$ (изменяется от $31'31''$ до $32'36''$).

Для расчетов примем, что угловой размер Солнца равен $\alpha = 32'$. К каким наблюдаемым эффектам это приводит? Решите данную задачу!

1. У вас есть металлический шарик, диаметр которого равен 5,0 мм. На каком расстоянии от глаза нужно расположить шарик, чтобы он полностью закрывал Солнце?

Интенсивность равна энергии излучения, падающего на единицу площади поверхности в единицу времени. Солнечная постоянная — суммарная мощность солнечного излучения, проходящего через единицу площади, ориентированной перпендикулярно потоку солнечных лучей; считайте, что на поверхности Земли она равна $A = 1,2 \text{ кВт/м}^2$.

2. На листе бумаги получают изображение Солнца с помощью линзы, диаметр которой равен 10 см, а фокусное расстояние линзы 25 см. Найдите интенсивность света, падающего на полученное изображение Солнца.

3. Воздушный шар радиуса $R = 5,0 \text{ м}$ поднимается над поверхностью Земли. Солнце находится на высоте $\beta = 30^\circ$ над горизонтом. При какой максимальной высоте подъема шара его тень будет видна на поверхности Земли?

4. Источником излучения в интерференционной схеме Юнга служит весь диск Солнца. С помощью светофильтров из излучения Солнца выделяют монохроматическую компоненту с длиной волны $\lambda = 550 \text{ нм}$. При каком максимальном расстоянии d между отверстиями в экране можно наблюдать интерференционную картину?

При выполнении всех частей данного задания вам необходимо построить ход световых лучей, объясняющих ваше решение.

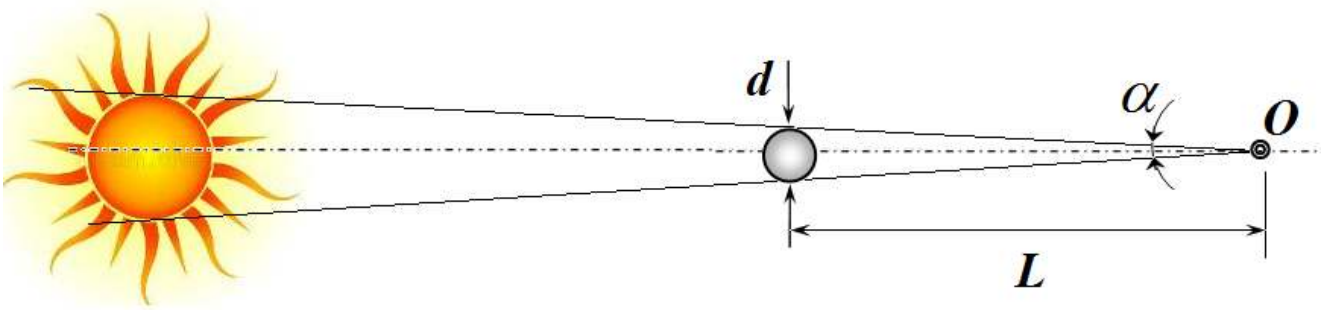
Решение

Задание 1. Размер Солнца. Решение.

Сначала рассчитаем угловой размер солнца в радианах

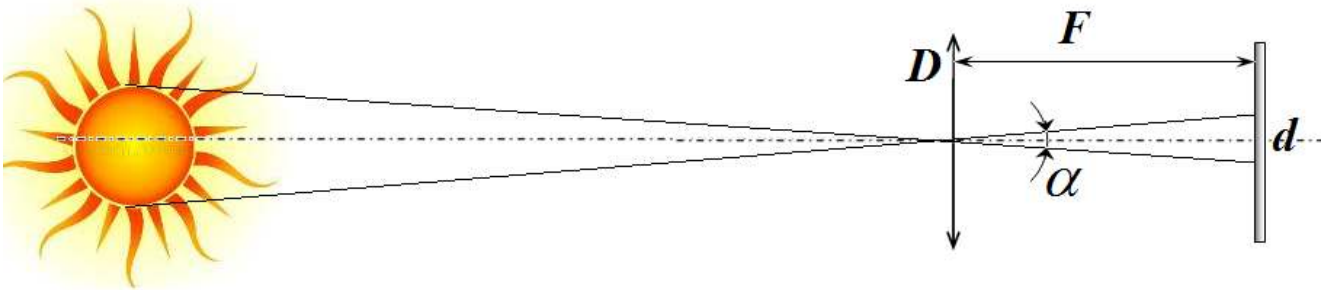
$$\alpha = 32' = \left(\frac{32}{60}\right)^\circ = \frac{\pi}{180} \left(\frac{32}{60}\right) \text{ рад} = 9,3 \cdot 10^{-3}. \quad (1)$$

1. Рисунок показывает, как шарик может полностью зарыть диск Солнца, глаз находится в точке O .



Из рисунка следует, что

$$d = L\alpha \Rightarrow L = \frac{d}{\alpha} = 0,54 \text{ м}. \quad (2)$$



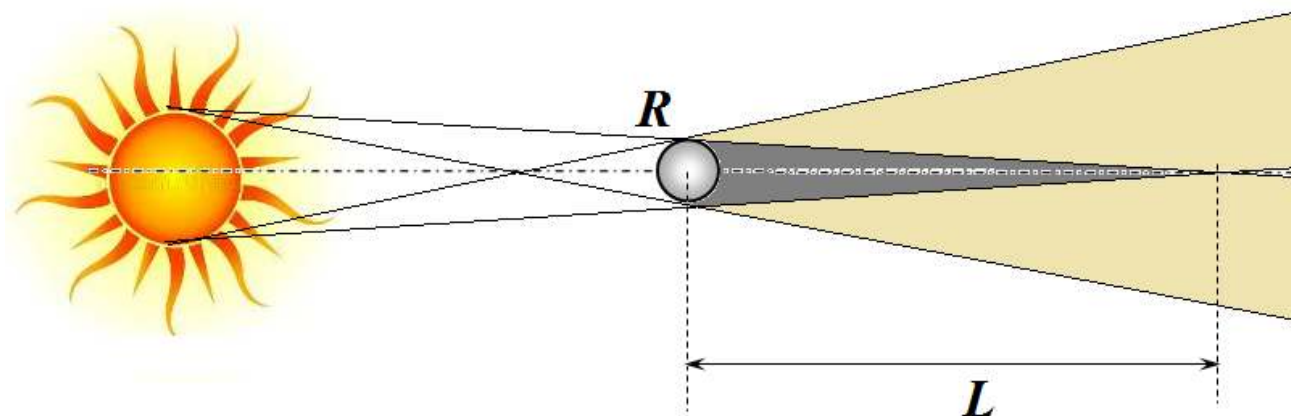
2. Как следует из рисунка Диаметр изображения Солнца на экране равен

$$d = \alpha F. \quad (3)$$

Поэтому энергия, попадающая на линзу в единицу времени $P = A \frac{\pi D^2}{4}$, распределяется по площади изображения $P = I \frac{\pi d^2}{4}$. Поэтому интенсивность света, падающего на изображение равна

$$A \frac{\pi D^2}{4} = I \frac{\pi d^2}{4} \Rightarrow I = A \left(\frac{D}{d}\right)^2 = A \left(\frac{D}{\alpha F}\right)^2 = 2,2 \cdot 10^6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}. \quad (4)$$

3. Следующий рисунок показывает пространственные области тени и полутени, образуемые воздушным шаром.

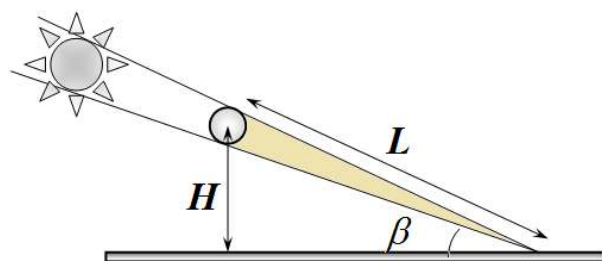


Из рисунка следует, что длина области тени равна

$$L = \frac{2R}{\alpha}.$$

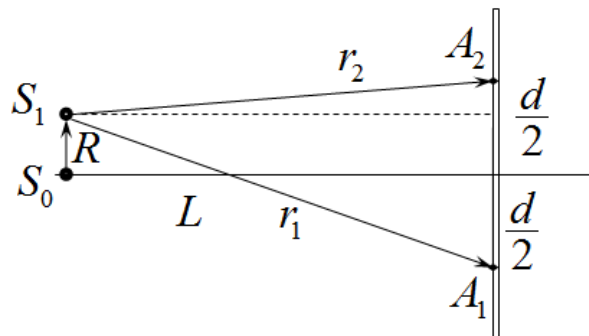
Область тени будет достигать поверхности Земли, если высота подъема шара не превысит величину

$$H = L \sin \beta = \frac{2R}{\alpha} \sin \beta \approx 620 \text{ м.} \quad (6)$$



4. Каждую точку поверхности Солнца можно рассматривать как точечный источник света. причем излучения этих точек не является когерентным. Следовательно, каждая точка поверхности создает свою интерференционную картину. Суммарное распределение интенсивности света на экране будет равно сумме интенсивностей, создаваемых каждой точкой поверхности Солнца. При переходе от центральной точки поверхности к точкам, расположенным на краю диска Солнца, между колебаниями в отверстиях будет возникать дополнительная разность фаз, которая, в свою очередь, приведет к сдвигу интерференционной картины. Интерференционная картина исчезнет, если при переходе от точки, лежащей на одном краю диска к диаметрально противоположной точке интерференционная картина сместится ровно на одну полосу. Найдем изменение разности хода при смещении светящейся точки от центра диска к его краю.

На рисунке: A_1, A_2 - отверстия в экране, волны из которых образуют интерференционную картину; S_0 - точка, лежащая в центре солнечного диска; S_1 - точка лежащая, на краю диска Солнца; r_1, r_2 - расстояния от светящейся точки до щелей; R - радиус Солнца; L - расстояние от Солнца до Земли. Если рассматриваемая точка лежит в центре диска (S_0), то разность хода до щелей равна нулю. Если точка сместится на расстояние R , появится разность хода $\Delta r = r_1 - r_2$, которую



можно рассчитать следующим образом. Из простых геометрических соображений можно записать

$$\begin{aligned} r_1^2 &= L^2 + \left(\frac{d}{2} + R\right)^2 \\ r_2^2 &= L^2 + \left(\frac{d}{2} - R\right)^2 \end{aligned} \quad (7)$$

Вычтем из первого выражения второе $r_1^2 - r_2^2 = 2Rd$ и представим разность квадратов в виде $r_1^2 - r_2^2 = (r_1 - r_2)(r_1 + r_2) \approx 2L\Delta r$. Здесь учтено, $R \ll L$, поэтому можно считать, что сумма расстояний примерно равна удвоенному расстоянию до Солнца. Следовательно, разность хода от периферийной точки до щелей равна

$$\Delta r = \frac{Rd}{L}. \quad (8)$$

При переходе от одного края диска к другому разность хода изменяется на величину

$$(\Delta r)_{\max} = \frac{2Rd}{L} = \alpha d. \quad (9)$$

При таком изменении разности хода интерференционная картина смещается на

$$m = \frac{(\Delta r)_{\max}}{\lambda} = \frac{\alpha d}{\lambda} \quad (10)$$

полос. Как было отмечено ранее, это смещение не должно превышать одной полосы, поэтому расстояние между отверстиями не должно превышать величины

$$\frac{\alpha d}{\lambda} < 1 \quad \Rightarrow \quad d < \frac{\lambda}{\alpha} = 5,9 \cdot 10^{-5} \text{ м}. \quad (11)$$

Что примерно равно 0,06 мм, поэтому получить интерференционную картину, используя в качестве источника света Солнце практически невозможно!