



XXVIII Санкт-Петербургская
астрономическая олимпиада
практический тур

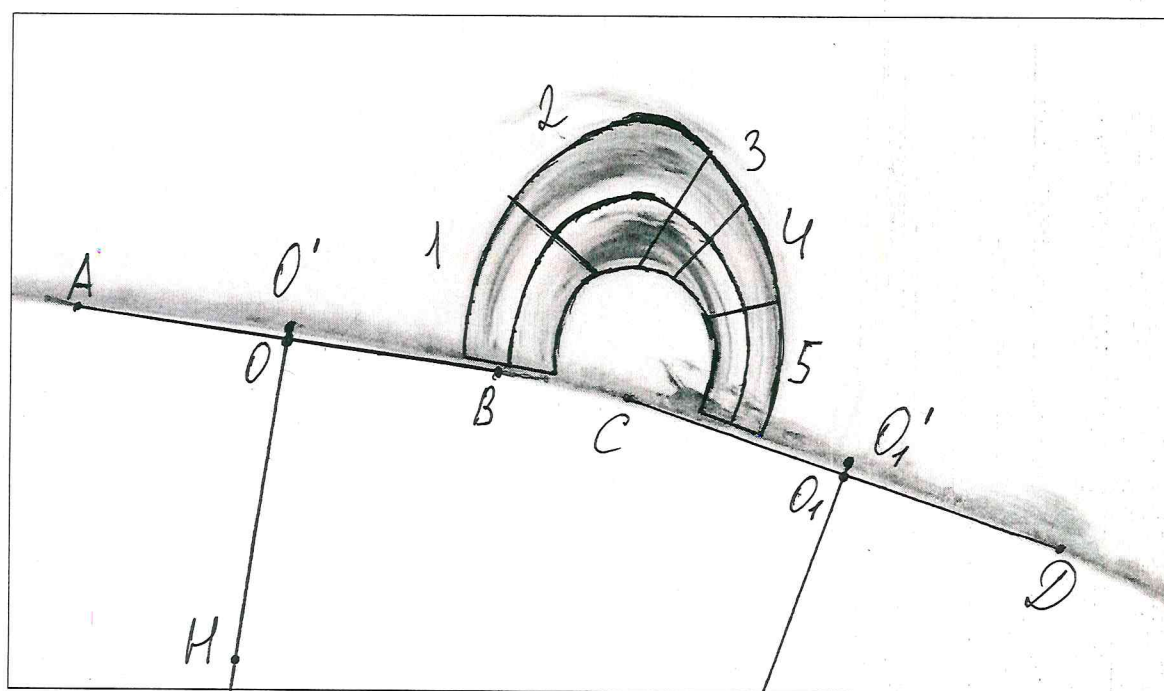
Сте-1

2021

14
марта

10 класс

Вам дано изображение (негатив) корональной петли, образовавшейся на видимом краю диска Солнца из-за выхода силовых линий магнитного поля. Оцените объем этой корональной петли, считая ее изогнутой трубкой.



Решения задач и результаты олимпиады будут размещены на сайте

<http://school.astro.spbu.ru>

Известно, что корональные петли на Солнце образуются в результате действия силы Лоренца на плазму, отчего последние увеличивается в плотности, и в следствие этого увеличивается мощность излучения.

Проведем две хорды АВ и СД на окружности, которая содержит видимый край диска Солнца, данного в изображении. Проведем к хордам АВ и СД серединные перпендикуляры HO и H_1O_1 , соответственно (см. рисунок). Прямые, содержащие HO и H_1O_1 , лежат на отрезке, являющемся радиусом Солнца.

~~Перенесем прямую H_1O_1 так, что~~ Проведем прямую KL , параллельную H_1O_1 такую, что $KL \perp HO$. Данную прямую можно получить параллельным переносом прямой H_1O_1 с помощью двух линеек.

KL пересекает HO под углом α . Так как $KL \parallel H_1O_1$, то угол α будет углом между двумя радиус-векторами, пересекающими окружность в точках O' и O_1' . Из измерений $\alpha = 11^\circ$.

Переведем в радианную меру:
Теперь, зная радиус Солнца, можем найти длину дуги $O'O_1'$:

$$\begin{array}{r} 11 \cdot 57 \\ \underline{0 \ 10,192} \\ 110 \\ \underline{57} \\ 530 \\ \underline{513} \\ 170 \\ \underline{114} \\ 56 \end{array}$$

$$\Rightarrow \alpha = 11^\circ \approx 0,192 \text{ рад} \approx 0,19 \text{ рад}$$

$$\begin{array}{r} \times 0,19 \\ 700000 \\ \hline 133000,00 \end{array}$$

$$O'O_1' = \alpha \cdot R_\odot \cdot R_\odot \approx 700000 \text{ (км)}$$
$$O'O_1' = 0,19 \cdot 700000 = 133000 \text{ (км)}$$

П.к. кривая дуги $O'O_1'$ довольно мала, будем считать, что $O'O_1'$ отрезок. Из проведенных измерений $O'O_1' \approx 7,6$ см. Тогда можем найти масштаб изображения: $133000 : 7,6 = 17500 : 1 \Rightarrow$ в 1 см 17500 км.

1330000	76
76	17500
570	
532	
380	
380	
0	

Для оценки объема разделим петлю на 5 частей для более точного измерения, П.к. у данной петли на изображении меняется диаметр. Учтем, что у "трубки" сечение имеет форму круга.

Проведем среднюю линию этой трубки для определения средней длины на каждом участке.

Объем каждого участка будет находиться по формуле для объема цилиндра: $V = \pi r^2 h = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h$. В нашем случае h - длина средней линии на участке. Считая $\pi \approx 3$, формула примет вид: $V = 0,75 h d^2$. Диаметр будем брать как средний между начальным и конечным значением на участке.

Измерение средней линии можно проводить путем намотки шпильки полоски бумаги на среднюю линию трубки и последующего измерения полоски. ~~на данном участке.~~ $l = 2 \text{ см} \Rightarrow h_1 = 35000 \text{ км}$

Измерения: на 1 участке: $d_1 \approx 1,3 \text{ см} \approx 23000 \text{ км}$; ~~$l = 2 \text{ см} \Rightarrow h_1 = 35000 \text{ км}$~~
 на 2 уч.: $d_2 = 1,6 \text{ см} \approx 28000 \text{ км}$; ~~$l = 2 \text{ см} \Rightarrow h_2 = 35000 \text{ км}$~~
 на 3 уч.: $d_3 = 1,6 \text{ см} \approx 28000 \text{ км}$; $l = 0,6 \text{ см} \Rightarrow h_3 \approx 10000 \text{ км}$
 на 4 уч.: $d_4 = 1,2 \text{ см} \approx 21000 \text{ км}$; $l = 1 \text{ см} \Rightarrow h_4 = 17500 \text{ км}$
 на 5 уч.: $d_5 \approx 0,95 \text{ см} \approx 17000 \text{ км}$; $l = 1,5 \text{ см} \Rightarrow h_5 \approx 26000 \text{ км}$

Расчеты объемов см. на след. странице

$$1 \text{ yr.: } V_1 = 0,75 \cdot h_1 \cdot d_1^2 = 0,75 \cdot 35000 \cdot 23000^2 \approx 26 \cdot 10^9 \cdot 23^2$$

$$= 26 \cdot 529 \cdot 10^9 \approx 26 \cdot 530 \cdot 10^9 \approx 14000 \cdot 10^9 = 14 \cdot 10^{12} \text{ km}^3$$

$$2 \text{ yr.: } V_2 = 0,75 \cdot h_2 \cdot d_2^2 = 0,75 \cdot 35000 \cdot 28000^2 \approx$$

$$\approx 26 \cdot 10^9 \cdot 28^2 = 26 \cdot 784 \cdot 10^9 \approx 26 \cdot 800 \cdot 10^9 =$$

$$= 20800 \cdot 10^9 \approx 21 \cdot 10^{12} \text{ km}^3$$

на 3 yr.:

$$V_3 = 0,75 h_3 \cdot d_3^2 = 0,75 \cdot 10000 \cdot 28000^2 = 0,75 \cdot 10^4 \cdot 28^2 \cdot 10^6 = 0,75 \cdot 784 \cdot 10^{10} =$$

$$\approx 0,75 \cdot 800 \cdot 10^{10} = 600 \cdot 10^{10} = 6 \cdot 10^{12} \text{ km}^3$$

на 4 yr.:

$$V_4 = 0,75 \cdot h_4 \cdot d_4^2 = 0,75 \cdot 17500 \cdot 21000^2 = 13125 \cdot 21^2 \cdot 10^6 =$$

$$\approx 13 \cdot 21^2 \cdot 10^9 = 13 \cdot 441 \cdot 10^9 \approx 13 \cdot 440 \cdot 10^9 = 13 \cdot 44 \cdot 10^{10} =$$

$$= 572 \cdot 10^{10} \approx 5,7 \cdot 10^{12}$$

на 5 yr.:

$$V_5 = 0,75 \cdot h_5 \cdot d_5^2 = 0,75 \cdot 26000 \cdot 17000^2 =$$

$$0,75 \cdot 26 \cdot 10^3 \cdot 17^2 \cdot 10^6 = 0,75 \cdot 289 \cdot 26 \cdot 10^9 \approx$$

$$\approx 0,75 \cdot 300 \cdot 26 \cdot 10^9 = 225 \cdot 26 \cdot 10^9 = 5850 \cdot 10^9 =$$

$$= 5,85 \cdot 10^{12} \text{ km}^3 \approx 5,8 \cdot 10^{12} \text{ km}^3$$

Итого, общий объём равен $V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 =$

$$= (14 + 21 + 6 + 5,7 + 5,8) \cdot 10^{12} = 52,5 \cdot 10^{12} \text{ km}^3$$

Оценим погрешность значения, $d_{\min} = 0,9 \text{ см}$. Цена деления миллиметров 0,1 см $\Rightarrow \epsilon = \frac{0,1}{0,9} = \frac{1}{9} \approx 0,11$.

$$\text{Тогда } \Delta V = V \cdot \epsilon = 52,5 \cdot 0,11 \cdot 10^{12} =$$

$$= \pm 5,775 \cdot 10^{12} \text{ km}^3$$

$$\text{Ответ: } V = (52,5 \pm 5,775) \cdot 10^{12} \text{ km}^3$$

СТЕ-1

$$\begin{array}{r} \times 35 \\ 0,75 \\ \hline 175 \\ 295 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 26 \\ 530 \\ \hline 78 \\ 130 \\ \hline 13780 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 23 \\ 23 \\ \hline 69 \\ 46 \\ \hline 529 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 26 \\ 800 \\ \hline 20800 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 28 \\ 28 \\ \hline 224 \\ 56 \\ \hline 784 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 23 \\ 23 \\ \hline 69 \\ 46 \\ \hline 529 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 17500 \\ 0,75 \\ \hline 875 \\ 1225 \\ \hline 13125,00 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 13 \\ 44 \\ \hline 52 \\ 52 \\ \hline 572 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 225 \\ 26 \\ \hline 1350 \\ 450 \\ \hline 5850 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 52,5 \\ 0,11 \\ \hline 525 \\ 525 \\ \hline 5,775 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 119 \\ \times 0,11 \\ \hline 10 \\ 9 \\ \hline 109 \\ 9 \\ \hline 119 \end{array}$$

3

