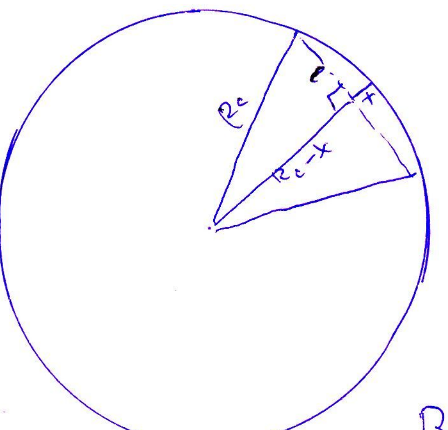
НАГ-5 | Для начала найдём масштаб изображения (см. ~~рисунок~~ фото). Проведя отрезок между пересечениями диска Солнца краёв кадра, заметим, что он довольно сильно отличается от линии ~~диск~~ края диска Солнца => мы с достаточной точностью можем измерить это различие. Пусть этот отрезок имеет длину $2l$ (16,6 см). Проведём из его вершины перпендикуляр и измерим расстояние от отрезка до края диска Солнца — отрезок x (0,9 см). Тогда радиус Солнца R_c в см этого изображения будет

НАГ-5



$$R_c^2 = l^2 + (R_c - x)^2$$

$$R_c^2 = l^2 + R_c^2 - 2R_c \cdot x + x^2$$

$$R_c = \frac{l^2 + x^2}{2x}$$

см. рисунок

В см это: $R_c = \frac{8,3^2 + 0,9^2}{1,8} = \frac{68,89 + 0,81}{1,8} = \frac{69,7}{1,8} = 38,72$ (см)

Значит 38,72 см изображения соответствуют $1 R_c$

Видимый диаметр трубки на фото колеблется от 0,9 см до 1,1 см, так что будем считать его равным 1 см, т.е. $\frac{1}{38,7} R_c = d$

Заметим, что корональная петля похожа на два эллипса — внешний и внутренний (см. фото). Разность их площадей $S = \pi a_б \cdot b - \pi ab = l \cdot 2r$, где $r = \frac{1}{2} d$, а l соответствует h в формуле объёма цилиндра, если считать корональный выброс „трубой", выпрямленной в цилиндр (таким образом мы убираем из расчётов кривизну „трубки" корональной петли):

$a_б = 2,5$ см

$a = 1,5$ см

$b = 2$ см

$b = 1,2$ см

$$S = \pi(a_б b - ab) = l \cdot 2R$$

и $V_{„цилиндра"} = \pi R^2 \cdot h$. Заменяя h на l (и одновременно убирая необходимость считать кривизну) получим:

$$V = \frac{\pi^2}{2}(a_б b - ab) = 5 \cdot \left(\frac{2,5}{38,7} R_c^2 \cdot \frac{2}{38,7} - \frac{1,5 \cdot 1,2}{38,7^2} R_c^2\right) = \frac{5 R_c^3}{38,7^3}(5 - 1,5 \cdot 1,2) = \frac{5 R_c^3}{1500} \cdot 1,8 = 0,006 R_c^3$$

($\pi^2 \approx 10$)

$$V_1 = \frac{\pi^2}{2}\cdot r\,(a_б b - ab) = 5\cdot\frac{1}{2}\cdot\frac{1}{38{,}7}\cdot R_c\cdot\left(\frac{2{,}5\cdot R_c^2\cdot 2}{38{,}7^2} - \frac{1{,}5\cdot 1{,}2\cdot R_c^2}{38{,}7^2}\right) = \frac{5\cdot R_c^3}{2\cdot 38{,}7\cdot 1500}\cdot(5-1{,}8) =$$

$$= \frac{5\cdot \cancel{3{,}2}^{1,6}}{\cancel{2}\cdot 38{,}7\cdot 1500}\cdot R_c^3 = 1{,}25\cdot 10^{-4}\,R_c^3 = 1{,}25\cdot 10^{-4}\cdot 7^3\cdot 10^{15} = 4{,}3\cdot 10^{13}\,(км)^3$$

Попробуем теперь найти V другим способом:

1) измерим длину внутренней и внешней дуги петли и будем считать их среднее арифметическое за h:

$$\left.\begin{aligned} l_{min} &\approx 6\text{ см} \\ l_{max} &\approx 9\text{ см}\end{aligned}\right\} h \approx 7{,}5\text{ см} = \frac{7{,}5}{38{,}7}R_c$$

$$V_2 = \frac{7{,}5}{38{,}7}\cdot R_c\cdot\left(\frac{1}{2}\cdot R_c\cdot\frac{1}{38{,}7}\right)^2\cdot\pi = \frac{7{,}5\cdot\pi}{4\cdot 38{,}7\cdot 1500}\cdot R_c^3 = \frac{1{,}5\cdot\pi}{4\cdot 38{,}7\cdot 300}R_c^3 = \frac{\cancel{1{,}5}^{0,3}\cdot\pi}{\cancel{500}_{100}\cdot 100}R_c^3 = 9{,}4\cdot 10^{-4}\cdot R_c^3$$

Получили $V_2 \approx 8\,V_1$, что вполне допустимо, учитывая неточность расчёта через „среднюю линию“

Ответ: $5\cdot 10^{13}$ км^3

НАГ-5

XXVIII Санкт-Петербургская астрономическая олимпиада

практический тур

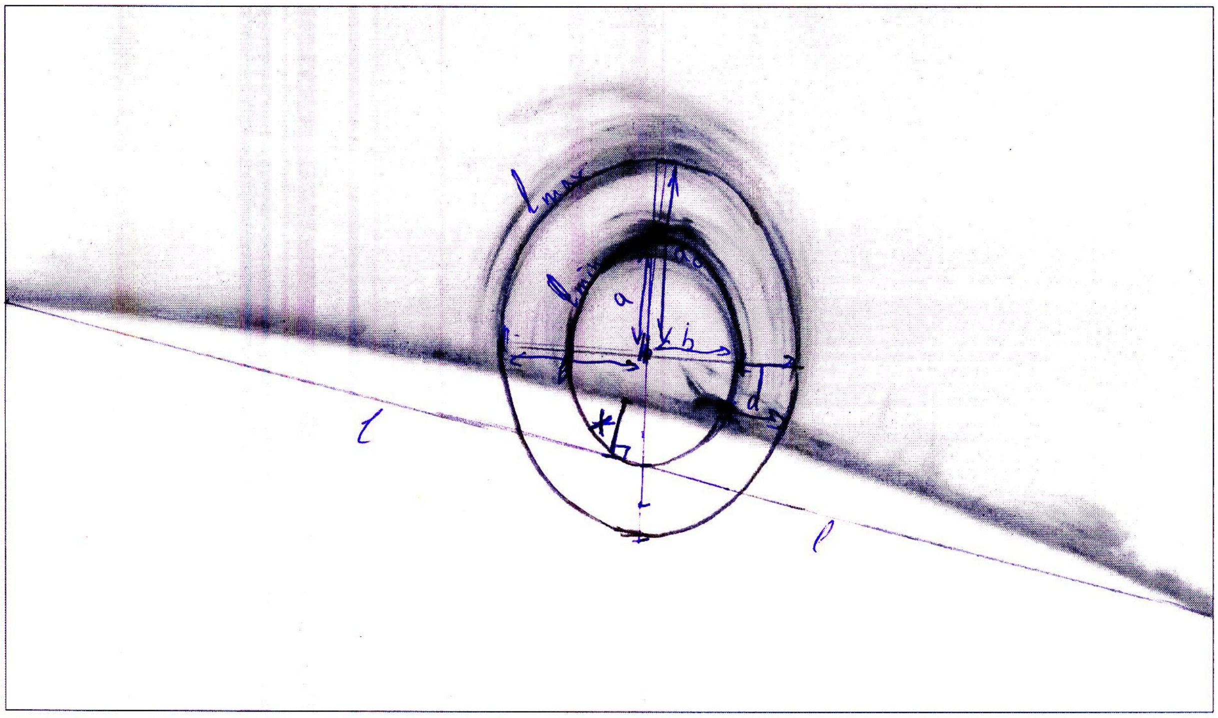
2021

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.



3