СПЭ-098

На фотографии видно, что петля состоит из двух малых петель: „внутренней" и „внешней".
Для ~~в~~ приблизительной оценки будем считать, что ~~в~~ в каждом месте трубки имеют сечение - окружность. Т.е. ~~их~~ их „глубина" равна их ширине. Для более точной оценки поделим обе трубки на части с примерно равным ~~объёмом~~ диаметром. * См. рисунок (стр. 3) в условии. Части обозначены цифрами.
Диаметры частей в сантиметрах:

$D_{c1} = 0{,}5$ см  $D_{c5} = 0{,}5$ см

$D_{c2} = 0{,}7$ см  $D_{c6} = 0{,}6$ см

$D_{c3} = 0{,}9$ см  $D_{c7} = 0{,}5$ см

$D_{c4} = 0{,}6$ см  $D_{c8} = 0{,}4$ см

* Поскольку диаметры ~~неидеал~~ не идеально равны, я указываю примерные средние.

---

Внутреняя петля является частью эллипса близкого к окружности, поэтому нарисуем окружность $\gamma_1$ и померяем её радиус. Для отрезка 6 - это ~~внутренний~~ средний радиус, для ~~эти~~ отрезков 7, 8 - это внешний радиус.
С помощью транспортира можно так же померить долю от целого кольца, которую занимает каждая доля.

$\alpha_6 = 130^\circ \approx \frac{1}{3} + \frac{1}{36}$ окр.

$\alpha_7 = 20^\circ \approx \frac{1}{18}$ окр.

$\alpha_8 = 85^\circ \approx \frac{1}{4}$ окр.

$$V_{c6} = \Big(\underbrace{2\pi \cdot R_{\gamma_1}}_{l} \cdot \underbrace{\pi\left(\frac{D_{c6}}{2}\right)^2}_{S_{сеч.}}\Big)\cdot\left(\frac{1}{3}+\frac{1}{36}\right) = \frac{\pi^2}{2}\left(R_{\gamma_1}\cdot D_{c6}^2\right)\left(\frac{1}{3}+\frac{1}{36}\right) \qquad R_{\gamma_1} = 1{,}3 \text{ см}$$

$$V_7 = 2\pi(R_{\gamma_1} - 0{,}25)\cdot\pi\left(\frac{D_{c7}}{2}\right)^2\cdot\frac{1}{18} = \frac{\pi^2}{2}(R_{\gamma_1} - 0{,}25)\,D_{c7}^2\cdot\frac{1}{18}$$

$$V_8 = 2\pi(R_{\gamma_1} - 0{,}2)\cdot\pi\left(\frac{D_{c8}}{2}\right)^2\cdot\frac{1}{4} = \frac{\pi^2}{2}(R_{\gamma_1} - 0{,}2)\,D_{c8}^2\cdot\frac{1}{4}$$

$$V_{c6}^* = 1{,}3\cdot 0{,}36\cdot\frac{1}{3} + 1{,}3\cdot 0{,}36\cdot\frac{1}{36} = 1{,}3\cdot 0{,}12 + 0{,}013 = 0{,}16 + 0{,}013 = 0{,}173$$

$$V_{c7}^* = 1{,}05\cdot 0{,}25\cdot\frac{1}{18} = \frac{0{,}26}{18} = 1{,}44\cdot 10^{-2} = 0{,}014 \qquad V_i^* = V_i : \frac{\pi^2}{2}$$

$$V_{c8}^* = 1{,}1\cdot 0{,}16\cdot\frac{1}{4} = 1{,}1\cdot 0{,}04 = 0{,}044$$

$$V_{c6}^* + V_{c7}^* + V_{c8}^* = 0{,}22 \text{ см}^3$$

Со внешней петлёй сложнее. Т.к. Она принадлежит более вытянутому эллипсу мы не можем считать, что все части лежат на одной окружности.

Однако примерно можно расположить части 1, 4, 5 на окружности $\gamma_2$ с центром там же где у $\gamma_1$ и 2, 3 на окружности $\gamma_3$ с центром в другом месте

$R_{\gamma_2} = 2,1$ см – средний для всех частей

$R_{\gamma_3} = 2,2$ см – средний для части 3 и внешний для части 2

$\alpha_1 = 54^\circ \approx \frac{1}{6}$ окр. $- \frac{1}{72}$ окр.

$\alpha_2 = \cancel{?} = 46^\circ \approx \frac{1}{8}$ окр.

$\alpha_3 = \cancel{\approx \frac{1}{6} \text{окр.} - \frac{1}{36} \text{окр.}} = 54^\circ \approx \frac{1}{6}$ окр. $- \frac{1}{72}$ окр.

$\alpha_4 = 31^\circ \approx \frac{1}{12}$ окр.

$\alpha_5 = 50^\circ \approx \frac{1}{6}$ окр $- \frac{1}{36}$ окр.


$R_1$ – внутренний
$R_2$ – средний
$R_3$ – внешний

$V_{c1} = 2\pi R_{\gamma_2} \cdot \pi \left(\frac{D_{c1}}{2}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{6} - \frac{1}{72}\right)$ $\quad V^*_{c1} = 2,1 \cdot 0,25 \cdot \frac{1}{6} - 2,1 \cdot 0,25 \cdot \frac{1}{72}$

$V_{c2} = 2\pi (R_{\gamma_3} - 0,35) \cdot \pi \left(\frac{D_{c2}}{2}\right)^2 \cdot \frac{1}{8}$ $\quad V^*_{c2} = 1,85 \cdot 0,49 \cdot \frac{1}{8}$

$V_{c3} = 2\pi R_{\gamma_3} \cdot \pi \left(\frac{D_{c3}}{2}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{6} - \frac{1}{72}\right)$ $\quad V^*_{c3} = 2,2 \cdot 0,81 \cdot \frac{1}{6} - 2,2 \cdot 0,81 \cdot \frac{1}{72}$

$V_{c4} = 2\pi R_{\gamma_2} \cdot \pi \left(\frac{D_{c4}}{2}\right)^2 \cdot \frac{1}{12}$ $\quad V^*_{c4} = 2,1 \cdot 0,36 \cdot \frac{1}{12}$

$V_{c5} = 2\pi R_{\gamma_2} \cdot \pi \left(\frac{D_{c5}}{2}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{6} - \frac{1}{36}\right)$ $\quad V^*_{c5} = 2,1 \cdot 0,25 \cdot \frac{1}{6} - 2,1 \cdot 0,25 \cdot \frac{1}{36}$

$$V_{c\,общ.} = V_{c1} + V_{c2} + V_{c3} + V_{c4} + V_{c5} + V_{c6} + V_{c7} + V_{c8} = \frac{\pi^2}{2}\left(\sum V_i^* \ldots\right)$$

$V^*_{c1} = 0,35 \cdot \frac{1}{4} - 0,03 \cdot \frac{1}{4} = 0,32 \cdot \frac{1}{4} = 0,08$

$V^*_{c2} = 1,85 \cdot \frac{1}{16} = 0,12$

$V^*_{c3} = 1,1 \cdot 0,27 - 1,1 \cdot 0,27 \cdot \frac{1}{12} = 0,297 \cdot \frac{11}{12} \approx 0,30 \cdot \frac{11}{12} \approx \frac{1}{10} \cdot \frac{11}{4} \approx \frac{11}{40} \approx 0,27$

$V^*_{c4} = 2,1 \cdot 0,03 \approx 0,06$

$V^*_{c5} = 2,1 \cdot \frac{1}{24} - 2,1 \cdot \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{36} = \frac{2,1}{24} \cancel{\left(\frac{35}{36}\right)} \left(\frac{5}{6}\right) = 0,09 \cdot \frac{5}{6} = \frac{15}{2} \cdot 10^{-2} = 7,5 \cdot 10^{-2} = 0,08$

$\sum_{1}^{6} V_i^* = 0,22 + 0,20 + 0,14 + 0,27 = 0,42 + 0,41 = 0,83$ см$^3$ $\pm 0,01$ см$^3$

СПб - 098

стр 3/5

# XXVIII Санкт-Петербургская астрономическая олимпиада

2021

**практический тур**

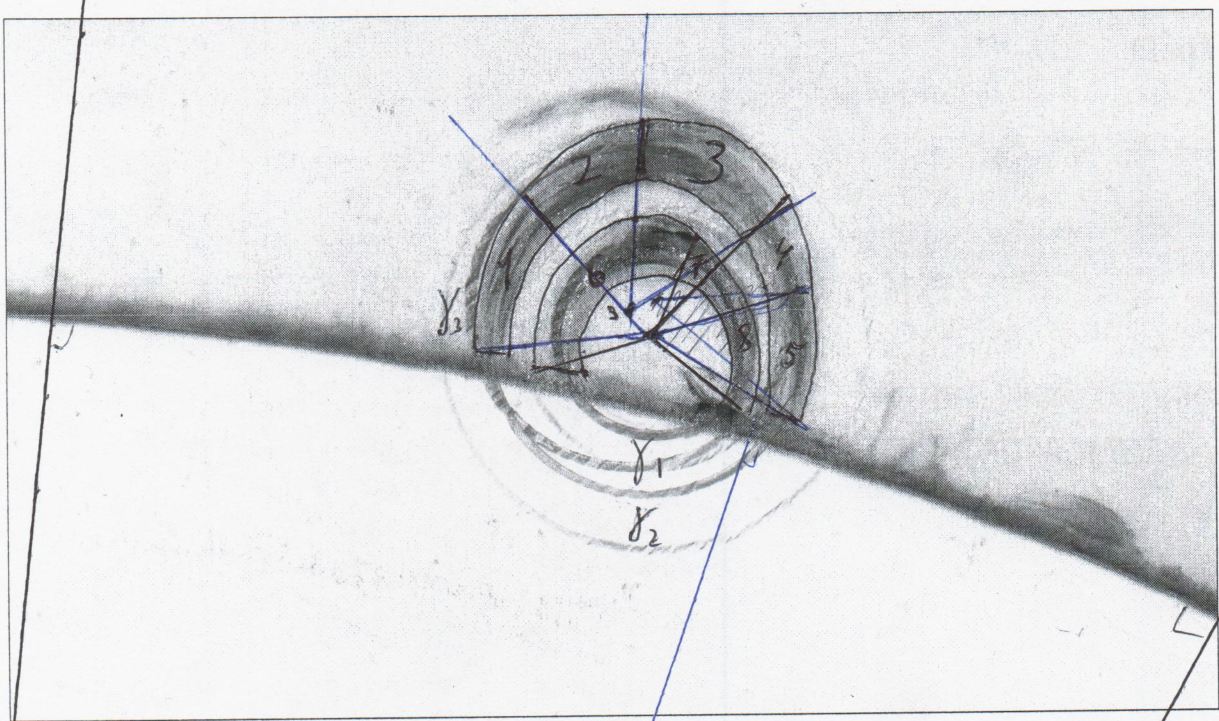
14 марта

---

## *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*

СТР 1/

СПб-098

Чтобы получить реальный объём нужно выяснить масштаб картинки для этого измерить радиус привидно Солнца на картинке и приравнять его к реальному радиусу Солнца.

Проведём 2 перпендикуляра к пов. Солнца рядом с двумя краями картинки. (см стр. 3).

и пересечём их. Они пересекутся на доп. листе* см. страницу №5.

Полученная точка нах. на расст. 40-40,5 см от поверхности. (т.е. она не яв. точным центром окружности, однако находится ~~бли~~ достаточно близко к нему для оценки)

Т.с. $R_\odot \approx 40$ см

$R_\odot \approx 680\,000$ км    в 1 см − 17000 км

в 1 см$^3$ ≈ $(17000)^3$ км$^3 \approx 2,9 \cdot 10^{12}$ км$^3$

$$V_{общ} = V_{c\,общ} = \frac{\pi^2}{2} V^*_{c\,общ} \cdot 2,9 \cdot 10^{12} \text{ км}^3 = \frac{\pi^2}{2} \cdot 0,83 \cdot 2,9 \cdot 10^{12} =$$

$$= \frac{9,86}{2} \cdot 0,83 \cdot 2,9 \cdot 10^{12} = 4,93 \cdot 0,83 \cdot 2,9 \cdot 10^{12} = 493 \cdot 83 \cdot 29 \cdot 10^{7} =$$

$$= 2407 \cdot 493 \cdot 10^{7} \approx 2,4 \cdot 4,9 \cdot 10^{12} \approx 11,8 \cdot 10^{12} \approx 1,2 \cdot 10^{13} \text{ км}^3$$

Ответ $\approx 1,2 \cdot 10^{13}$ км$^3$

* Хотя оценка не самая точная из-за способов вычисления и неточных значений $\pi$ и $R_\odot$

стр 5/5

К15-098