XXVIII Санкт-Петербургская астрономическая олимпиада

практический тур

2021

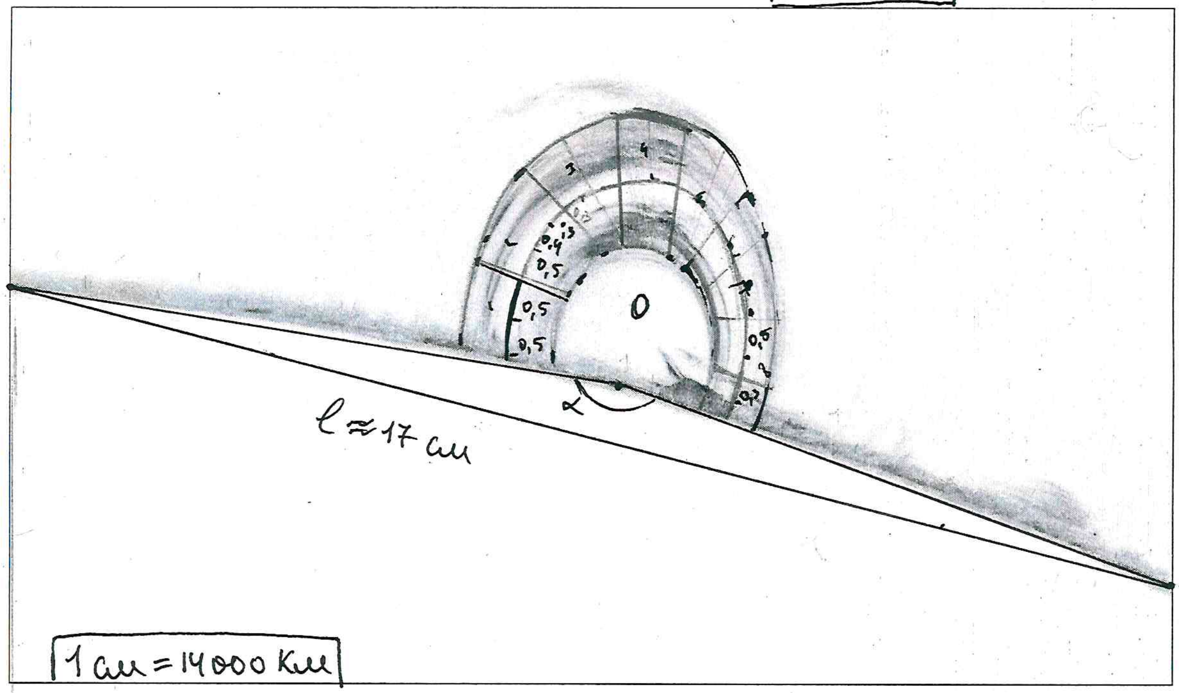
14 марта

---

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.

Cте-5



Решение:

Труба – это цилиндр. Пусть (боковые) стенки цилиндра есть самая вытянутая и самая короткая силовые линии (границы проверены на фото)

Незамкнутый "хвостик" с внешней части петли вытянут ~~справа-налево~~ справа налево (на фото), поэтому можно сказать, что видим мы корональную петлю не спереди или сзади, а с боку.

В объём не будет входить участок "0" (на фото). Изогнутая труба (корональная петля) имеет на разных участках разную толщину, потому мы поделим трубу на части и найдём объём каждой из частей, а затем суммируем их, найдя объём всей петли.

Корональная Петля – это есть плазма, контролируемая магнитным полем Солнца.

Нахождение масштаба. На рисунке $\angle\alpha = 170°$, потому дуга, на которую он опирается, равен $= 340°$. Значит дуга, изображенная на фото, равна 20°. $l_{\odot} = 2\pi R_{\odot}$;

длина дуги на фото $l = 2\pi R_{\odot} \cdot \frac{20°}{360°} = 2 \cdot 3{,}14 \cdot 700000 \cdot \frac{1}{18} \approx \frac{700000}{3} \approx 230000$ км.

Разделив дугу на участки по 1см, можно найти её длину ≈ 17см

Пропорция: $\begin{matrix} 17\text{ см} = 230\,000\text{ км} \\ 1\text{ см} = x\text{ км} \end{matrix} \Rightarrow x = \frac{230\,000}{17} \approx$ 14000 км на 1см

масштаб

Нахождение объёма

Разделим на цилиндры (участки с $\approx R = const$ корональной дуги)

$\boxed{V_{цил} = Sh = \pi R^2 \cdot h}$, где R – радиус цилиндра; h – средняя линия.

Данные измерений: (приблизительные)

$R_1 = 0{,}65$см; $h_1 = 1$см;
$R_2 = 0{,}7$см; $h_2 = 1{,}2$см;
$R_3 = 0{,}85$см; $h_3 = 0{,}8$см;
$R_4 = 0{,}9$см; $h_4 = 0{,}8$см;
$R_5 = 0{,}9$см; $h_5 = 0{,}7$см;
$R_6 = 0{,}7$см; $h_6 = 0{,}6$см;
$R_7 = 0{,}6$см; $h_7 = 0{,}7$см;
$R_8 = 0{,}5$см; $h_8 = 0{,}7$см;
$R_9 = 0{,}4$см; $h_9 = 0{,}5$см;

Расчёты: (приблизительно, без учёта погрешности)

$V_1 = \pi R_1^2 \cdot h_1 = \cancel{3{,}14 \cdot 0{,}65 \cdot 1} \approx 3{,}14 \cdot (0{,}7 \cdot 14000)^2 \cdot 1 \cdot 14000 =$

$\cancel{V_1 =}$

$14000 \times 3 = 42000$ $\quad$ $14 \times 7 = 98$

$(10^{-1} \cdot 10^3 \cdot 14 \cdot 7)^2 = 98^2 \cdot 10^2$

$3{,}1 \times 1{,}2 = 3{,}72$ $\quad$ $15 \times 16 = 240$

$3{,}5 + 1{,}8 + 1{,}9 + 1{,}7 = 9{,}0$ $\quad$ $9{,}9 + 0{,}8 + 0{,}8 + 0{,}84 = 12{,}34$

$V_1 = \pi R_1^2 h_1 = 3{,}14 \cdot (0{,}65)^2 \cdot 1 \approx 3 \cdot 0{,}49 \approx 1{,}5\,\text{см}^3$

$V_2 = \pi R_2^2 h_2 = 3{,}14 \cdot (0{,}7)^2 \cdot 1{,}2 \approx 4 \cdot 0{,}49 \approx 2\,\text{см}^3$

$V_3 = \pi R_3^2 h_3 = 3{,}14 \cdot (0{,}85)^2 \cdot 0{,}8 \approx 0{,}64 \cdot 3 \approx 1{,}9\,\text{см}^3$

$V_4 = \pi R_4^2 h_4 = 3{,}14 \cdot (0{,}9)^2 \cdot 0{,}8 \approx 0{,}64 \cdot 3 \approx 1{,}9\,\text{см}^3$

$V_5 = \pi R_5^2 h_5 = 3{,}14 \cdot (0{,}9)^2 \cdot 0{,}7 \approx 0{,}81 \cdot 2{,}1 \approx 1{,}7\,\text{см}^3$

$V_6 = \pi R_6^2 h_6 = 3{,}14 \cdot (0{,}7)^2 \cdot 0{,}6 \approx 1{,}5 \cdot 0{,}6 \approx 0{,}9\,\text{см}^3$

$V_7 = \pi R_7^2 h_7 = 3{,}14 \cdot (0{,}6)^2 \cdot 0{,}7 \approx 0{,}4 \cdot 0{,}7 \cdot 3 \approx 0{,}8\,\text{см}^3$

$V_8 = \pi R_8^2 h_8 = 3{,}14 \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}7 \approx 0{,}56\,\text{см}^3 \approx 0{,}6\,\text{см}^3$

$V_9 = \pi R_9^2 h_9 = 3{,}14 \cdot 0{,}16 \cdot 0{,}5 = 1{,}5 \cdot 0{,}16 \approx 0{,}24\,\text{см}^3$

$\Rightarrow V = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 + V_8 + V_9 =$

$= 1{,}5 + 2 + 1{,}9 + 1{,}9 + 1{,}7 + 0{,}9 + 0{,}8 + 0{,}6 + 0{,}24 =$

$= 12{,}34\,\text{см}^3$

$12 \times 14 = 168$ $\quad$ $168 \times 196 = 32928$

Чтобы перевести в км³, нужно:

$V = 12{,}34 \cdot (14000)^3 = 12{,}34 \cdot 14^3 \cdot 10^9 \approx 32928 \cdot 10^9 \approx 3{,}3 \cdot 10^4 \cdot 10^9 = 3{,}3 \cdot 10^{13}\,\text{км}^3$

Итак, приблизительный объём корональной петли равен $3{,}3 \cdot 10^{13}\,\text{км}^3$.

Измерения, выполненные линейкой, и расчёты выполнены приближённо и без учёта погрешности.

Ответ. $V = 3{,}3 \cdot 10^{13}\,\text{км}^3$