Дим – 1

На этом листе представлен обзор. снимка, поэтому следует обращаться к нему).

(Причину дальнейших действий я выделил значком (!))

(I) Во-первых, мы знаем что это Солнце, а значит, знаем и радиус: $R_\odot$ (Радиус Солнца) $\approx 700\,000$ км; Зная это, мы можем найти масштаб снимка, если выясним линейный радиус Солнца на снимке (то есть тот радиус). Сделать это „прямо" не удастся, т.к снимок дан на листе формата А4. Тогда узнаем это другим путём – выразим линейный радиус Солнца (R_L) через другие части рисунка.

1. Проведём хорду. AB. Из курса геометрии мы знаем, что перпендикуляр, опущенный из середины хорды в сторону центра окружности пересекает его. Нам придётся всё равно начертить часть радиуса, несмотря на невозможность нахождения его длины традиционным методом (Причину смотреть выше).
Если продолжить радиус до видимой границы Солнца, мы получим 2 перпендикулярных и равных между собой треугольника: ΔACK и ΔBCK. Нам нужны не столько эти Δ-и, сколько их катеты: $x = \frac{AB}{2}$ (половина хорды) и h (, высота от хорды до края окружности);
Измерив эти катеты линейкой, можно узнать их величины:
$x = 8{,}25$ см $= 82{,}5$ мм;
$h = 1$ см.

2. Теперь стоит обратить внимание на углы α, равные между собой и расположенные напротив сторон AK и KB ($AK = KB = x$). Распишем h и R через угол, тем самым связав их с одной и той же величиной:

$x = R\sin\alpha$ (1)

$h = R - R\cdot\cos\alpha = R(1-\cos\alpha)$. (2)

(Т.к $|\alpha| << 1$, то нужно воспользоваться

$\sin\alpha = \alpha$; при $|\alpha| << 1$

$1-\cos\alpha = \frac{\alpha^2}{2}$, при $|\alpha| << 1$

Теперь соотнесём стороны и выразим угол:

$\frac{h}{x} = \frac{\alpha^2}{2\alpha} = \frac{\alpha}{2} \Rightarrow \boxed{\alpha = \frac{x}{2h}}$

3. Теперь подставляем это значение в (1) и получаем, что R_L можно узнать по имеющимся данным (катетам):

$R = x\cdot\sin\alpha = x\cdot\alpha = x\cdot\frac{x}{2h} \Rightarrow \boxed{\frac{x^2}{2h} = R_L}$

$\sin\alpha = \alpha$, при $|\alpha| << 1$

Подставляем и получаем R_L:

$R_L \approx 42{,}5$ см; Теперь мы можем соотнести линейный радиус с реальным и получить масштаб:

4. $M_L = \frac{700000}{42{,}5} = 16470\ \frac{км}{см}$;

! Это всё нужно было для того, чтобы найти Высоту H Пятна; а также другие данные.

$H = 4$ см (линейный) — (Для простоты дальнейших вычислений я решил оставить H в линейной мере длины).

Делаем упрощение: $H \approx D$, где D — диаметр пятна

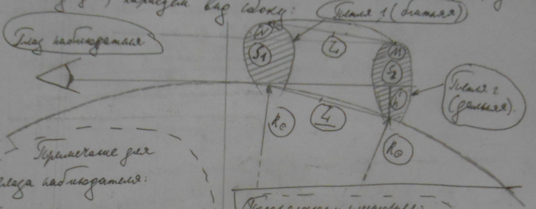
Зная его, мы можем найти S сечения трубки и объём

Теперь осталось найти длину. (Продолжение на др. листе).

Дим – 1

II

чтобы вычислить длину и в целом правильно представить ситуацию, нарисуем вид сбоку:



Примечание для глаза наблюдателя:

Считаем, что лучи параллельны, т.к. расстояние, с которого мы наблюдали это явление велико

Предполагаем следующее:

S_1 – S капли 1 | $S_1 = S_2$

S_2 – S капли 2 |

$$S_1 = S_2 = S = \frac{\pi D^2}{4}$$

5.

Теперь найдём длину L:

(Уточнение L – это аппроксимация (мнимая) дуги $\overline{NOM}$)

При помощи линейки найдём h'

$h' = 1,5$ см.

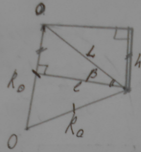
Т.к. S этих капель равны и в целом они равны, то можно сделать вывод, что Капля 2 находится ниже Капли 1 на h'

O

Тогда:

6.

(Рисунок сильно упрощён!)



По th. Пифагора:

$$l=\sqrt{R^2-(R-h')^2}=\sqrt{R^2-R^2+2Rh-h^2}=$$

$$=\sqrt{h(2R-h)}=\sqrt{1{,}5(85-1{,}5)}\approx \underline{11{,}2\text{ см}}$$

Примечание: Сейчас мы рассматриваем мнимые величины чтобы перейти в реальные;

$$\underline{L}=\sqrt{l^2+h'^2}\approx \underline{12\text{ см}}.$$

7. Теперь мы можем найти „мнимый" объём:

$$V=S\cdot L=\frac{\pi D^2}{4}\cdot 12 \quad \Big| \; \pi\approx 3 \Longrightarrow V_{(см^3)}=\frac{3\cdot 4^2}{4}\cdot 12=\underline{144\text{ см}^3}.$$

Нужно перевести!

8. Теперь переведём мнимый масштаб (M_L) в объёмный (M_V).

$$M_L=16\,470\ \frac{км}{см}\approx 1{,}6\cdot 10^4\ \frac{км}{см}.$$

$$M_V=(M_L)^3=(1{,}6\cdot 10^4)^3\approx 4{,}1\cdot 10^{12}\ \frac{км^3}{см^3}$$

$V(км^3)=1{,}44\cdot 4{,}1\cdot 10^{12}\cdot 10^2\approx \underline{6\cdot 10^{14}\text{ км}^3}$ — Это примерный объём корональной петли.

$(1{,}44\cdot 10^2\cdot 4{,}1\cdot 10^{12})$

Ответ: Оценочный объём корональной петли Солнца равен $\approx$

$\underline{6\cdot 10^{14}\text{ км}^3}$

Дим-1

XXVIII Санкт-Петербургская астрономическая олимпиада

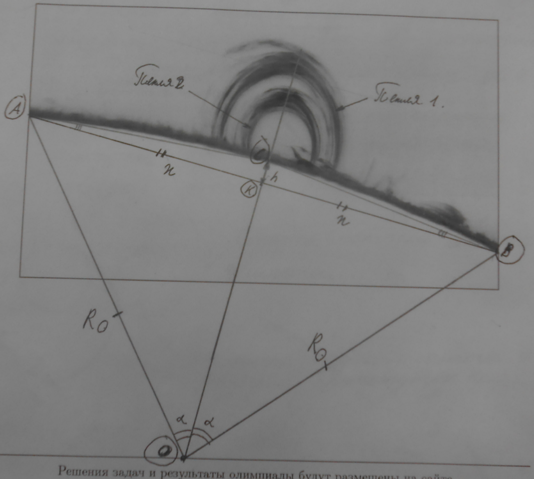
практический тур

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.



Решения задач и результаты олимпиады будут размещены на сайте

http://school.astro.spbu.ru