Первым делом обратим внимание на то, что, если опираться на рис. с большим кол-вом петель, то можно сделать вывод, что тело находится на большом удалении от набл. на Земле (это напоминает параллактические эллипсы).

Однако, мы видим на самом большом рис., что траектория движения тела перестает быть похожей на эллипс и $\Rightarrow$ тело вблизи перигелия.

Отсюда получается, что эксцентриситет e у тела велик. ($v_p << v_a$)

периц. расст

афел. расст.

Из графика (рис.) определим какое время тело двигается "быстро", т.е. вблиз перигелия. (крестиками x1 и x2 обозначен участок)

Опираясь на рисунки ниже $\Rightarrow$ что это в период $\approx$ с 12 мая по с 11 ноября, т.е.

$$T_1 \approx (\overset{Ноя}{11}+\overset{Окт}{31}+\overset{Сен}{30}+\overset{Авг}{31}+\overset{Июл}{31}+\overset{Июн}{30}+\overset{Май}{31-12})_{сут} \approx 183 \text{ сут}$$

Теперь заметим, что макс. угл. видимая скорость объекта на траектории с 12.10 по 15.10 (когда объект проходит через Орион)

Можно определить прямое восх. $\alpha_\odot$ Солнца в эти даты:

$$\alpha_\odot \simeq 360^\circ \frac{N[\text{сут}]}{365\,\text{сут}}$$

от В.Р(20.03)

$$N \simeq (11+30+31+30+31+31+30+14) \simeq 208\,\text{сут}$$

$$\alpha_\odot \simeq 360^\circ \cdot \frac{208}{365} \simeq 360^\circ \cdot 0.57 \simeq 205^\circ \simeq \frac{205}{15}^h \simeq 13.7^h$$

Прямое восх. в рассм. момент: (см. зв. карту)

$$\alpha_1 \simeq 5.5^h$$

Т.е. учитывая, что тело вблизи эклип. (она проходит через Тельца) $\Rightarrow \lambda_1 \simeq \alpha_1$, $\lambda_\odot \simeq \alpha_\odot$

кривая выглядит так:

Отсюда делаем вывод, что

Вычисления

$31 \times 4 = 124$

$124 + 60 = 184$

$184 - 1 = 183$

$93 + 90 = 183$

$183 + 25 = 208$

$208 : 365 = 0.57$

$205 : 15 = 13.6$

$360 \times 0.57 = 205.2$

перигелийное расст. r_p у тела $r_p > 1$а.е., т.к. $\lambda_0 - \lambda_1 \approx 120°$ (а тело сейчас вблизи перигелия)

Также стоит обратить внимание на угл. размер объекта. Мы видим, что вблизи 15.10 его угл. разм. — max $\Rightarrow$ в это время он ближе всего к Земле.

Тогда прям. восх тела 15.10 из рис.

$\alpha_2 \simeq 6^h$ (см рис. со зв. картой)

$\alpha_\odot \simeq 13.7^h$

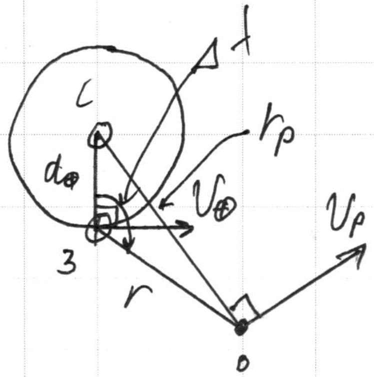
в это время

Теперь будем считать, что на этом участке скорость тела меняется слабо и $v \simeq v_p$ ← скорости в перигелии

Тогда изобразим:

$\Delta\lambda \simeq 13.7^h - 6^h \simeq 7.7^h \simeq$

$\simeq 116°$



$$\begin{array}{r} \times\; 7.7 \\ 15 \\ \hline 385 \\ +\;77 \\ \hline 115.5 \end{array}$$

Теперь мы можем найти видимую угл. скорость объекта вблизи 15.10. Для этого найдем ~~скорость~~ угл. расст. между ~~его~~ положениями объекта ~~в~~ 12.10 и 18.10.
Для этого возьм. зв. картой и ~~Orionon~~ найдем. расст. между α Ori и β Ori (также можно вспомнить коорд $\delta_\alpha \simeq +8°$; $\delta_\beta \simeq -7°$; $\Delta\alpha \simeq 0.5^h \simeq 8°$)

Тогда $\rho \simeq \sqrt{15^2+8^2}° \simeq \sqrt{225+64}° \simeq 17°$

Тогда $\omega = \frac{\rho}{\tau_0} \simeq \frac{17°}{6\,сут} \simeq 2.83°/сут$

$\tau_0 = |18-12|_{сут} = 6$ сут

Вычисл.

$\sqrt{289}$ 4
17^2
$\times$ 17
17
119
17

17 | 6
−12 | 2.83
50
−48
20

Также ~~из~~ если опираться на рис., то мы можем оценить угл. раз. тела в это время. Однако, не понятно равен ли этот размер на рис. ~~угл. раз.~~ реальному угл. разм. тела $\rho_T \simeq \frac{1}{2} \cdot 17° \simeq 8.5°$, что явно очень много. Поэтому опираясь на угл. задачи, считаем, что это знач пропорц. реал. угл. раз.

в таком случае ρ_T мп. в дальнейшем не будем.

С другой стороны мы, опираясь на изменение так называемых "параллакт. эллипсов" за год можем найти изм. расст до тела за год.

Мы знаем масштаб верхнего рисунка:

$$\mu_1 = \frac{17^\circ}{2\,см} \simeq 8.5^\circ/см$$

Найдем: $\rho_1' \simeq \cancel{17}\ \cancel{1.2\,см}\ 1.2\,см \cdot \mu_1 \simeq 1.2 \cdot 8.5^\circ \simeq$
$\simeq 10.2^\circ$

ρ_1' — угл. раз. бол. ~~полуоси~~ оси "эллипса" (в 2015г)

$$\begin{array}{r} 8.5 \\ \times\ 1.2 \\ \hline 170 \\ +\ 85 \\ \hline 10.20 \end{array}$$

$$\begin{array}{r|l} 10.2 & 5.6 \\ -\ 5.6 & 1.82 \\ \hline 4.60 & \\ -\ 4.48 & \\ \hline 120 & \end{array}$$

Теперь найдем масштаб на левом нижнем рисунке.

$$\mu = \frac{\rho'}{5.6\,см} \simeq \frac{10.2}{5.6}\,^\circ/см \simeq 1.8^\circ/см$$

Логично, что чем дальше объект, тем меньше "эллипс" ~~поскольку~~. Также, чем дальше объект, тем слабее меняется форма самого эллипса, поскольку меньшее влияние оказывает ~~его~~ собственное движ. объекта.

Вероятно, что период у данного тела достаточно большой, поэтому мы наблюдаем участок его орбиты.

Отметим на рис. нижн. левом. точки 1, 2, 3, 4, 5, 6. ~~[illegible]~~

В этих точках тело появл. с периодом ≃ 1 год, т.е. мы исключаем ~~д~~ вклад вращения Земли вокруг Солнца. Найдем ρ_{12}; ρ_{23}; ρ_{34} и т.д.

$\rho_{12} = 2.5_{\text{см}} \cdot 1.8^{\circ}/_{\text{см}} \simeq 4.5^{\circ}$

$\rho_{23} \simeq 0.8 \cdot 1.8^{\circ} \simeq 1.4^{\circ}$

$\rho_{34} \simeq 0.5 \cdot 1.8^{\circ} \simeq 0.9^{\circ}$

$\rho_{45} \simeq 0.3 \cdot 1.8^{\circ} \simeq 0.5^{\circ}$

ρ_{56} — точность слишком мала

$\Rightarrow$ собств. движ.

$\mu_{12} \simeq 4.5^{\circ}/_{\text{год}}$

$\mu_{23} \simeq 1.4^{\circ}/_{\text{год}}$

$\mu_{34} \simeq 0.9^{\circ}/_{\text{год}}$

$\mu_{45} \simeq 0.5^{\circ}/_{\text{год}}$

Вычисл

$$\begin{array}{r} 2.5 \\ \times 1.8 \\ \hline 200 \\ + 25 \\ \hline 4.50 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1.8 \\ \times 0.8 \\ \hline 1.44 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1.8 \\ \times 0.3 \\ \hline 0.54 \end{array}$$

В данном случае: $\mu_{ij} = \dfrac{\langle V_t \rangle_t}{\langle r \rangle_t}$, где $t \simeq 1$ год

сред. тангенц. скор

сред. расст

Причем, важно отметить, что при удалении от Солнца ($r \to \infty$) V_t в СО $\oplus$ (Земли) $\approx V_t$ в СО $\odot$ (Солнца)

А мы помним из ЗСМП:

$$l=\sqrt{GM p}=v_\tau^{\odot}\cdot r$$

$p=a(1-e^2)$ в СО ☉

Мы видим, что $\mu_{ij}\to 0 \Rightarrow$ на ~~на~~ больших удалениях получится просто параллакт. эллипс.
Мы также видим на левом нижнем рисунке, что внутри этих эллипсов есть кружок, где нет траект. тела (на рис ρ_x), поэтому можно оценить ρ_x и считать, что $\rho_x \approx \frac{a_\oplus}{r_x}$

расст. на больших удалениях

Из рис.: $\rho_x \simeq 0.2_{см}\cdot 1.8^\circ_{/см} \simeq 0.36^\circ$

$$r_x=\frac{a_\oplus}{\rho_x}\simeq\frac{1 a.e\cdot 360}{3.6\cdot 10^{-1}\cdot 2\pi}\simeq\frac{3.6\cdot 10^2}{3.6}a.e\approx 100\, a.e.$$

$2\pi \simeq 10$

(разумеется у этого значения ~~ор~~ большая погр.)

т.к. 0.2 см а у линейки ~~цена~~ Δ 0.05 см

Найдем примерный наклон i орбиты тела.

Заметим, что фактически на большом ~~уду~~ удалении от Солнца и Земли наклон i фактически равен отклонению от эклиптики. Тогда расм. наиб. удаление.

В это время вблизи $\angle$ Луг. Тогда пользуясь звездной картой находим ~~В~~ Z.

$$z \approx 75^\circ \Rightarrow \boxed{i \simeq 75^\circ}$$

~~Также можно оценить аргумент перицентра ω Пр.~~

Вернемся к r_x.

$r_x \approx 100$ а.е., т.к. на рис. изобр. траект. тела за 1 период $\Rightarrow$ вероятно это момент апоцентра, т.к. там макс. удаление $\Rightarrow$

$$\Rightarrow r_a \approx 100 \text{ а.е.} \quad r_a = a(1+e)$$

~~$r_a \approx a(1+e)$~~

Из интеграла энергии:

$$r = \frac{a(1-e^2)}{1+e\cos\nu}$$

ν - ист. аном

$$v = \sqrt{GM\left(\frac{2}{r}-\frac{1}{a}\right)}$$

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{1}{r}\sqrt{GM\left(\frac{2}{r}-\frac{1}{a}\right)} = \sqrt{\frac{GM}{r^3}}\cdot\sqrt{2-\frac{r}{a}}$$

Теперь обратим внимание на то, что угл. разм. объекта пропорц. $\frac{1}{r^2}$ $\left(\rho \sim \frac{1}{r^2}\right) \Rightarrow$

$\Rightarrow$ по изм. угл. разм. можно найти изм. расст. до объекта

Расм. участок с $\cancel{27}$ 30.10 по 30.10:

и участок с 12.10 по 18.10 $\Rightarrow$ найдем угл. перемещ. в обоих случ и изм. угл. разм.

перигелий

$\Downarrow$

$\omega_p \simeq 2.83^\circ/_{сут}$

$$\omega_1 = \frac{0.5\cdot 8.5^\circ}{3сут} \simeq \frac{4.25^\circ}{3сут} \simeq 1.41^\circ/_{сут}$$

А изм. угл. разм

$$\frac{\rho_p}{\rho_1} \simeq \frac{1 см}{\frac{0.4+0.3}{2} см} \simeq \frac{2}{0.7} \simeq 2.85$$

Дробим

4.25 | 3
3 | 1.41
12
12

Вычисл:

$$\frac{\rho_p}{\rho_1} = \left(\frac{r_1'}{r_p'}\right)^2 \Rightarrow \frac{r_1'}{r_p'} = \sqrt{\frac{\rho_p}{\rho_1}} \simeq \sqrt{2.85} \simeq$$

$\simeq 1.68$

$20 : 7 = 2.85$

$\sqrt{3} \simeq 1.73$

$1.68 \cdot 1.68 = 2.8224$

Тогда:

$$\frac{w_p}{w_1} = \frac{v_{t_p}}{v_{t_1}} \cdot \frac{r_1'}{r_p'}$$

$$\frac{v_{t_p}}{v_{t_1}} = \frac{w_p}{w_1} \cdot \frac{r_p'}{r_1'} \simeq \frac{2.8}{1.4 \cdot 1.68} \simeq \frac{2}{1.68}$$

$20 : 17 = 1.17$

$$k = \frac{v_{t_p}}{v_{t_1}} \simeq 1.17$$

Теперь, считая что пр. восх $\alpha_{\odot 1}$ в даты 27–30 окт $\alpha_{\odot 1} \simeq \underset{205^\circ}{\alpha_\odot} + 15^\circ \simeq 220^\circ$

Пр. восх объекта $\alpha_1 \simeq 23^h$ (в соотв. из рис ~~левый~~ правый край)

Изобразим ситуацию

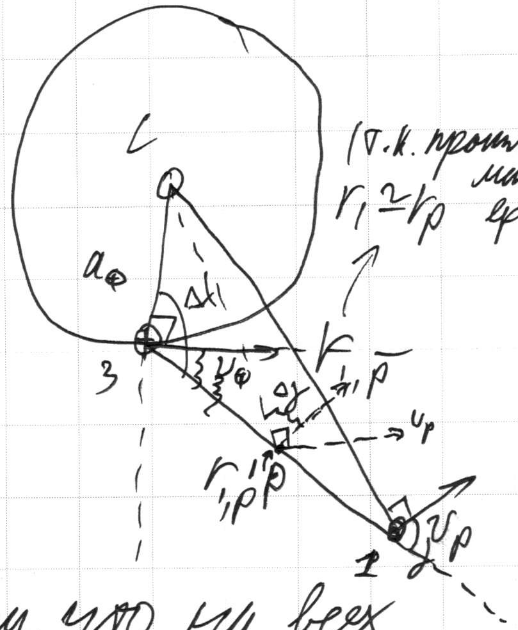
Считаем $\lambda \simeq \alpha$

т.к. вблизи экв.

$\Downarrow$

вблизи эклиптики

$\Downarrow$



(т.к. прошло мало дн.) $r_1 \simeq r_p$

Для периг:

$\Delta\lambda_p = \alpha_\odot - \alpha \simeq 116^\circ$

Для т. 1

$\cancel{\Delta\lambda_1 = \alpha_{\odot 1} - \alpha_1 \simeq 220^\circ}$

$\cancel{\simeq 220^\circ - 360^\circ + \alpha_1 \simeq 140^\circ + 15^\circ}$

$\cancel{\Delta\lambda_1 = \alpha_{\odot 1} + (360^\circ - \alpha_1)}$

$\Delta\lambda_1 = \alpha_1 - \alpha_{\odot 1} \simeq 345^\circ - 220^\circ \simeq$

$\simeq 125^\circ$

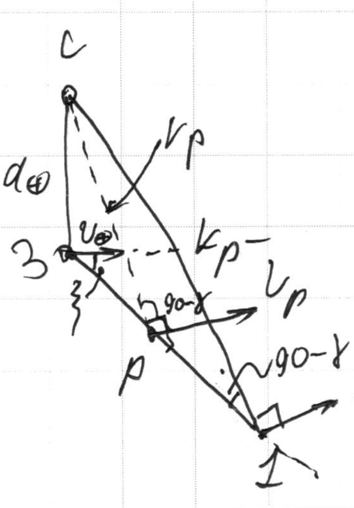
Считаем, что на всех участках V одинакова $\simeq V_p$

$V_r = -V_\oplus \cdot \sin\xi + V_p \cdot \cos\gamma$

$\xi = \Delta\lambda - 90^\circ$ Причем в обоих случаях $\xi_p \simeq \xi_1$

$\xi_p \simeq 26^\circ$

$\xi \simeq 35^\circ$



Получаем, что изм $\Delta\gamma \to 0$ по сравн. с ξ

$\Downarrow$

$$k = \frac{-V_\oplus \cdot \sin\xi_p + V_p}{-V_\oplus \cdot \sin\xi_1 + V_p}$$

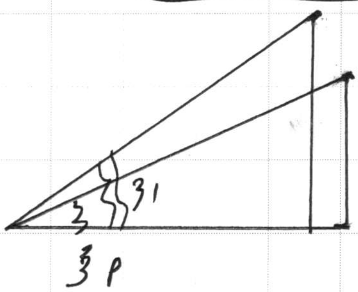
Отсюда $v_p k - k v_\oplus \cdot \sin z_1 = v_p - v_\oplus \cdot \sin z_p$

$$v_p = v_\oplus \frac{k \sin z_1 - \sin z_p}{k-1}$$

$$\begin{array}{r} \times\; 2.8 \\ 1.2 \\ \hline 56 \\ +\;28 \\ \hline 336 \end{array} \qquad \begin{array}{r} \times\; 1.36 \\ 30 \\ \hline 5080 \end{array}$$

$$v_p \simeq v_\oplus \frac{\frac{2.8}{5} \cdot 1.2 - \frac{2}{5}}{1.2 - 1} \simeq$$

$$\simeq \frac{2.8 \cdot 1.2 - 2}{1} v_\oplus \simeq (3.36 - 2) v_\oplus$$



$$\sin z_p \simeq \frac{2}{5}$$

$$\sin z_1 \simeq \frac{2.8}{5}$$

$$v_p \simeq 1.36 v_\oplus \simeq 50.8 \frac{км}{с}$$

θ $\quad v_\oplus \simeq 30 \frac{км}{с}$

Тогда:

$$\begin{cases} v_p^2 = \frac{GM_\odot}{a} \frac{1+e}{1-e} \\ \cancel{r_a = a(1+e) \Rightarrow a =} \\ r_a = a(1+e) \\ a = \frac{r_a}{1+e} \end{cases} \Rightarrow \underbrace{v_p^2 = \frac{GM}{r_a} \frac{(1+e)^2}{1-e}}$$

$$v_p^2 - v_p^2 e = \frac{GM}{r_a} + \frac{2GM}{r_a} e + \frac{GM}{r_a} e^2$$

$$\frac{GM}{r_a}e^2+\left(\frac{2GM}{r_a}-v_p^2\right)e+\left(\frac{GM}{r_a}-v_p^2\right)=0$$

$$e^2+\left(2-\frac{v_p^2 r_a}{GM}\right)e+\left(1-\frac{v_p^2 r_a}{GM}\right)$$

$$\begin{array}{r} 1.36 \\ \times\ 2 \\ \hline 1 \end{array} \qquad \begin{array}{r} 1.4 \\ \times\ 1.4 \\ \hline 56 \\ +\ 14 \\ \hline 1.96 \end{array}$$

$$\frac{v_p^2 r_a}{GM}=\frac{v_\oplus^2\cdot\theta^2\cdot r_a}{GM}=\frac{GM\cdot r_a\,\theta^2}{r_\oplus\cdot GM}\simeq\frac{r_a}{r_\oplus}\cdot\theta^2$$

$$e^2+(2-100\cdot1.36^2)e+(1-100\cdot1.36^2)\simeq0$$

$\cancel{e^2-198e-199=0}$

$\cancel{e=\frac{198^2\pm\sqrt{198^2+199\cdot4}}{2}}$

$e^2-188\cdot e-189=0$

$e=\frac{188+\sqrt{188^2+4\cdot189}}{2}\simeq\frac{188}{2}\simeq 94\simeq 100$ (где $\sqrt{188^2+4\cdot189}\simeq188$)

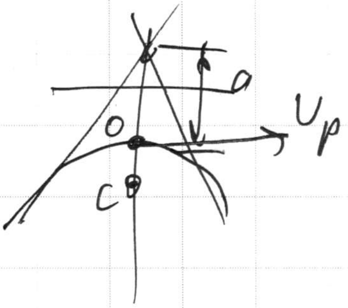
$\cancel{e\simeq0.95}$

$e>1$

$\Downarrow$

траект. гипербола

$\cancel{v_p=}$



Это логично ведь ~~??~~ $\theta\simeq1.36\simeq\sqrt{2}$ и это на орб. Земли

V_p $l = \sqrt{GMp} = \sqrt{GMa(1-e^2)}$

Тогда определение V_a не подходит.

$$V_p = \sqrt{GM_\odot\left(\frac{2}{r_p} + \frac{1}{a}\right)}$$

Можем вспомнить, что на бол. удалении

$\mu_{23}, \mu_{34} \ldots \Rightarrow$ найдем $\mu_{ср} = \frac{\sum \mu_{ij}}{N}$

$\Downarrow$

$\mu \simeq \frac{V_\infty}{r_x}$ $V_\infty \simeq \sqrt{\frac{GM_\odot}{a}}$

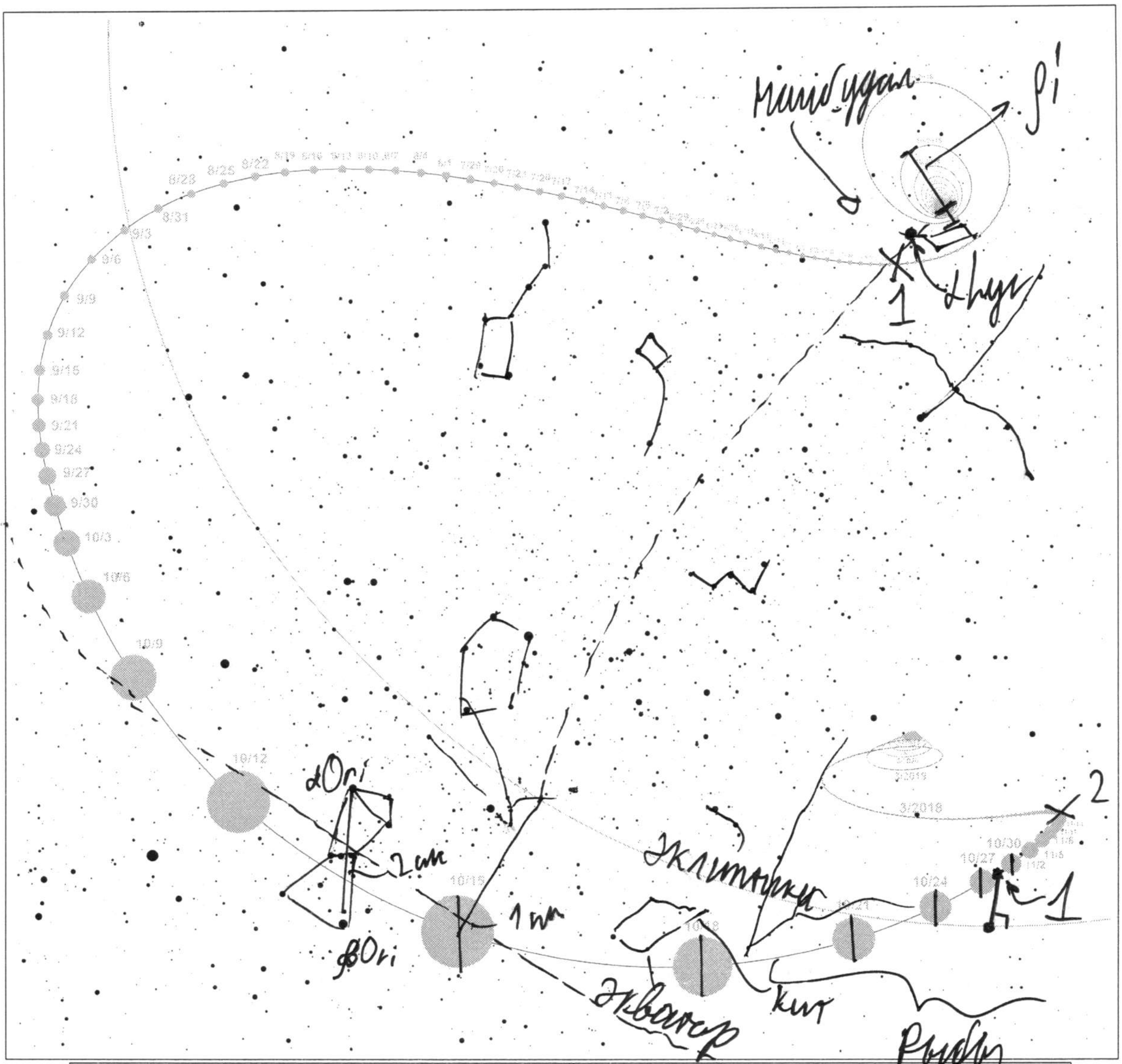
т.к. $r \to \infty$

$\mu \cdot r_x = V_\infty$

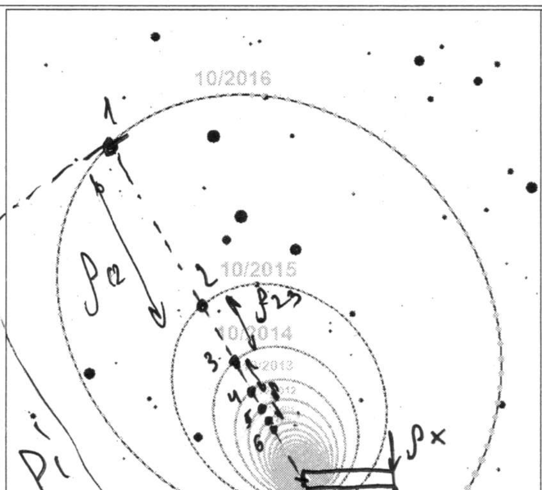
$\Downarrow$

$$\boxed{a = \frac{GM_\odot}{\mu^2 r_x^2}}$$

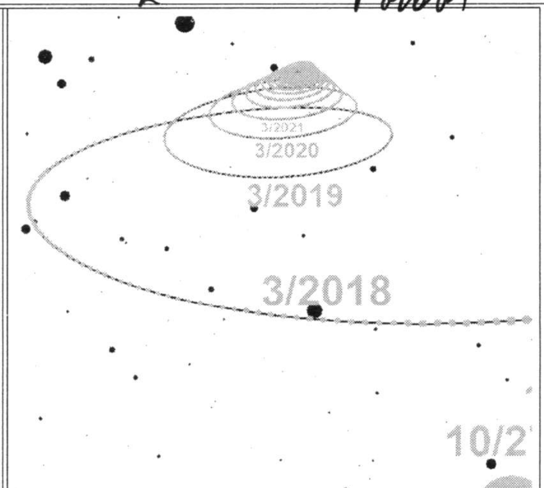
Из этого $\Rightarrow a \simeq 10$ а.е.



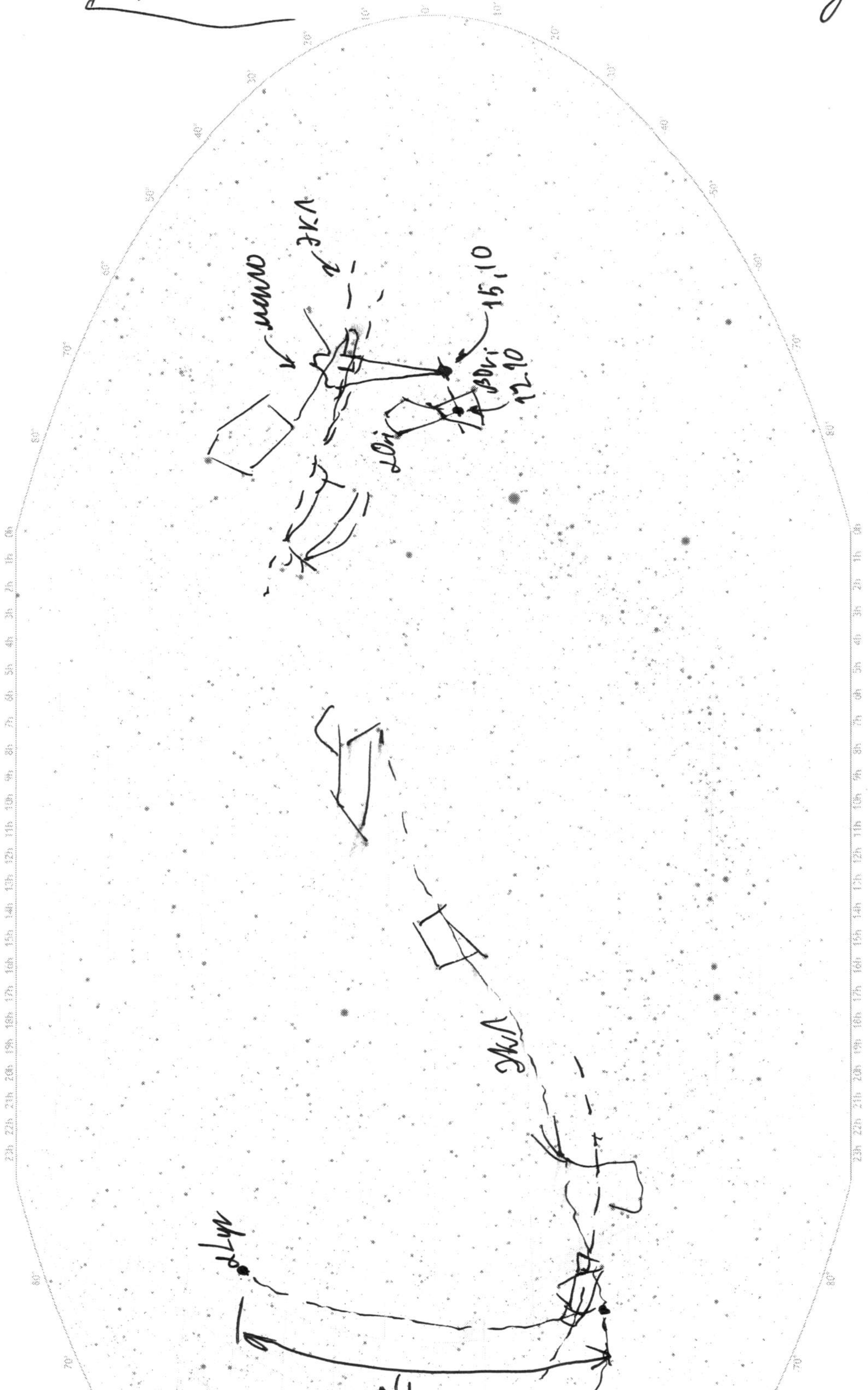
8/28
8/25
8/22
8/31
9/3
9/6
9/9
9/12
9/15
9/18
9/21
9/24
9/27
9/30
10/3
10/6
10/9
10/12
10/15
10/18
10/21
10/24
10/27
10/30
3/2018
3/2019
αOri
βOri
2см
1см
Эклиптика
Экватор
Кит
Рыбы
1
2



10/2016
10/2015
10/2014
1
2
3
4
5
6
ρ_{12}
ρ_{23}
ρ_x
ρ_i
5/21
5/18
5/15
5/12



3/2021
3/2020
3/2019
3/2018
10/21
10/24


ЭКЛ
15.10
12.10
ЭКЛ