1) ~~Т~~раектория объекта незамкнутая (прилетел с бесконечности и улетел на бесконечность) => это скорее всего не планета и не тело Солнечной системы; $e \geq 1$

2) Определим, где конкретно на небе наблюдается объект (α и δ).

Для этого сопоставим основные звезды с рисунка, на котором нанесена траектория объекта, ~~[illegible]~~ со звездами с полной карты звездного неба. По узнаваемому сочетанию звезд:

~~Точно определить~~

~~что фигура находится на $\delta \in$ в районе $\alpha = 6^h$. Определим точнее, нанеся на полную карту траекторию движения объекта. Тогда конец начало происходит в точке с координатами $\delta = 60°$ $\alpha = 23,5^h$ а начало~~

Которое находится на $\alpha \in [5^h; 7^h]$ и $\delta \in [-15°; 45°]$.

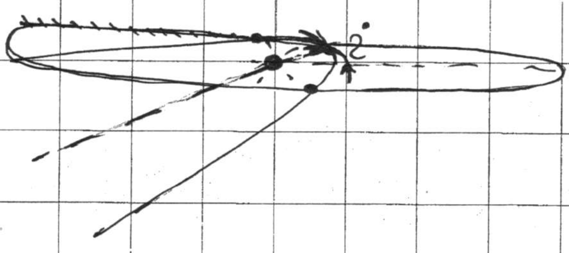
Нанесем на полную карту звездного неба траекторию движения объекта.

Тогда координаты конца траектории: $\alpha_k = 23,5^h$ $\delta_k = 60°$

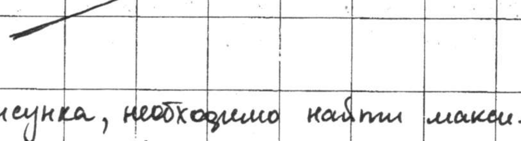
Координаты начала траектории: $\alpha_н = 14^h$ $\delta_н = 20°$

3) Заметим, что на изображении, где нанесена траектория объекта, нанесена линия эклиптики (сплошная серая линия). По ней ясно, что ~~[illegible]~~ объект двигался вблизи плоскости эклиптики, но с некоторым наклонением, i, отличным от нуля.

Определим наклонение.



Нарисуем плоско:



Чтобы найти h в градусной мере с рисунка, необходимо найти максимальное удаление траектории объекта от эклиптики.

На рисунке оно равно 2,7 см. Это наблюдается посередине между 10.09 и 10.12

Найдем угловое расстояние между объектом и эклиптикой в этот момент.

$\cos\rho = \sin\delta_1\sin\delta_2 + \cos\delta_1\cos\delta_2\cos\Delta\alpha$; $\Delta\alpha, \delta_1$ и $\delta_2 < 30^\circ$ → можно считать малыми углами

$$\cos\rho = \delta_1\delta_2 + \left(1-\frac{\delta_1^2}{2}\right)\left(1-\frac{\delta_2^2}{2}\right)\left(1-\frac{\Delta\alpha^2}{2}\right)$$

$$1-\frac{\rho^2}{2} = \frac{\pi}{18}\cdot\frac{\pi}{9} + \left(1-\frac{\pi^2}{9\cdot2\cdot36}\right)\left(1-\frac{\pi^2}{2\cdot81}\right)\left(1-\frac{\pi^2}{2\cdot144}\right)$$

$$1-\frac{\rho^2}{2} = \frac{1}{6}\cdot\frac{1}{3} + \left(1-\frac{9}{2\cdot36}\right)\left(1-\frac{9}{2\cdot81}\right)\left(1-\frac{9}{2\cdot144}\right)$$

$$1-\frac{\rho^2}{2} = \frac{1}{18} + \frac{71}{72}\cdot\frac{17}{18}\cdot\frac{31}{32} \ ; \ \frac{\rho^2}{2} = \frac{19}{18} - \frac{71}{72}\cdot\frac{17}{18}\cdot\frac{31}{32} = \frac{19}{18} - \frac{31}{36} =$$

$$= \frac{19}{18} - \frac{5}{6} = \frac{2}{9};\ \rho^2 = \frac{4}{9} \Rightarrow \rho = \frac{\sqrt{2}}{3} \approx \frac{\pi}{6} = 30^\circ$$; с учетом погрешности вычислений $\rho \approx \cancel{20^\circ}\ 40^\circ$

Значит, $i = 30^\circ$

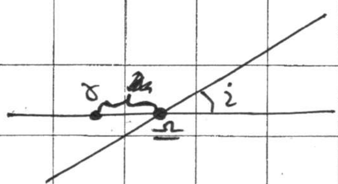
Объект находится ниже эклиптики при пролете перицентра → восходящий узел находится ближе к концу ~~про~~ траектории (между 10/23 и 10/24)

4) В момент, когда угловое удаление от эклиптики максимально, объект находится в перицентре. В момент, когда объект пересекал эклиптику, он находится в некоторой точке своей орбиты с ист. аном. φ, равной аргументу перицентра.

$$r = \frac{p}{1+e\cos\varphi} \ ; \ q = a(1-e) = \frac{p}{1-e^2}(1-e) = \frac{p}{1+e}$$

5) Долгота восх. узла отсчитывается от точки γ. Отметим ее на изображениях. α_k находится близко к 0^h ($\alpha_\gamma = 0^h$) → можно считать их примерно равными. Тогда γ найдется как перпендикуляр на эклиптику из точки конца траектории.

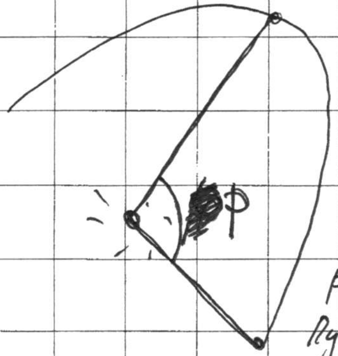
Расстояние между γ и восходящим узлом орбиты составит 4 мм на рисунке с траекторией.



На общем рисунке

$$\cos\Omega = \sin20^\circ\sin90^\circ - \cos20^\circ\cos90^\circ\cos\Delta\alpha \ ; \ \cos\Omega = \sin20^\circ \Rightarrow \Omega = 70$$

6) Найдем аргумент перицентра.



Для этого заметим, что точка начала траектории удалена от Е (экл.) на большее расстояние, чем точка конца траектории. Тогда разница этих угловых удалений равна $90° - p$, где p − аргумент перицентра.

Пусть $\Theta_н$ − удаление начала; $\Theta_к$ − удаление конца

$\Theta_к$: $\alpha_к \simeq 0^h \to \Theta_к = \delta_к - \delta_\gamma \simeq 60°$

$\Theta_н$: $\cos\Theta_н = -\sin 30° \sin(+10°) + \cos 30° \cos 10° \cos\left(\frac{360°}{24}\right)$

$$\cos\Theta_н = -\frac{1}{2}\cdot\frac{\pi}{18} + \left(1-\frac{\pi^2}{2\cdot 36}\right)\left(1-\frac{\pi^2}{2\cdot 18^2}\right)\left(1-\frac{\pi^2}{2\cdot 144}\right)$$

$$1-\frac{\Theta_н^2}{2} = -\frac{1}{12} + \frac{7}{8}\cdot\frac{71}{72}\cdot\frac{31}{32};$$

$$\frac{\Theta_н^2}{2} = \frac{13}{12} - \frac{7}{8}\cdot\frac{31}{32}; \quad \Theta_н^2 = \frac{13}{6} - \frac{7}{4}\cdot\frac{31}{32} \approx \frac{13}{6} - \frac{8}{4}\cdot\frac{31}{32} = \frac{13}{6} - \frac{31}{16} =$$

$$= \frac{13\cdot 8 - 31\cdot 3}{96} = \frac{80+24-90-3}{96} = \frac{104-93}{96} = \frac{11}{96};$$

$$\Theta_н = \frac{\sqrt{11}}{\sqrt{3\cdot 8\cdot 4}} = \frac{\sqrt{11}}{4\sqrt{6}} \approx \frac{\sqrt{2}}{4} \approx \frac{\pi}{9} = 20°$$

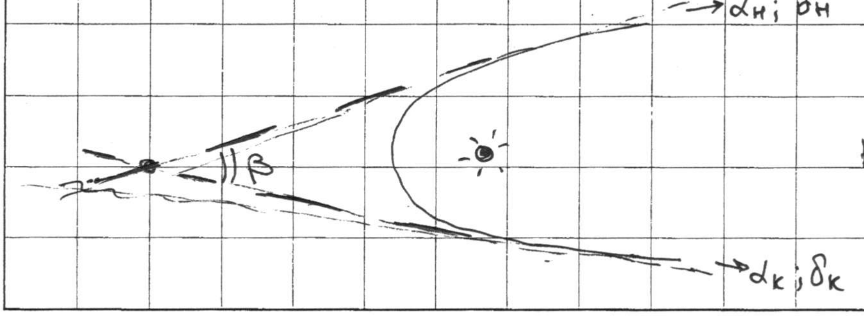
$$\Theta_к - \Theta_н = 40° \Rightarrow p = 50°$$

7) Найдем эксцентриситет.

$$q = \frac{p\,[а.е.]}{1+e}; \quad r = \frac{\overset{фок. параметр}{p}\,[а.е.]}{1+e\cos p} \simeq \frac{p}{1+\frac{e}{\sqrt{2}}}$$

~~Найдем на траектории точку прохождения фокального параметра.~~

Вспомним, что объект летит по незамкнутой траектории. Допустим, она − гипербола. Тогда угол раствора $\beta = 2\arccos\left(\frac{1}{e}\right) \Rightarrow e = \frac{1}{\cos\left(\frac{\beta}{2}\right)}$



$\beta = \rho(Н; К)$

$\downarrow$

Найдем расстояние между началом и концом траектории.

$\cos\rho_{нк} = \sin\delta_к \sin\delta_н + \cos\delta_к \cos\delta_н \cos(\alpha_к - \alpha_н)$

$1 - \frac{\rho_{нк}^2}{2} = \frac{\sqrt3}{2}\cdot\frac{\pi}{9} + \frac12\left(1-\frac{\pi^2}{2\cdot 81}\right)\cdot\cos(150°) = \frac{\sqrt3}{2}\cdot\frac{\pi}{9} - \frac12\left(1-\frac{\pi^2}{2\cdot81}\right)\cos30° =$

$= \frac{\sqrt3}{2}\left(\frac{\pi}{9} - \frac12 + \frac12\cdot\frac{\pi^2}{81}\right) = \frac{\sqrt3}{2}\left(\frac13 - \frac12 + \frac12\right) = \frac{1}{2\sqrt3} = \cos\rho_{нк} = 2\cos^2\left(\frac{\rho_{нк}}{2}\right) - 1$

$\frac{\rho_{нк}^2}{2} = 1 - \frac{1}{2\sqrt3} = \frac{2\sqrt3-1}{2\sqrt3}$; $\rho_{нк}^2 = \frac{2\sqrt3-1}{\sqrt3}$; $\sqrt3 \simeq 1{,}7$; $\rho_{нк}^2 = \frac{2{,}4}{1{,}7} = \frac{24}{17} \simeq \frac{24}{16} =$

$= \frac{12}{8} = \frac32$; $\rho_{нк} = \frac{\sqrt3}{\sqrt2} = \frac{3}{\sqrt6} \approx \frac{\pi}{\sqrt6} \simeq \frac{\pi}{2{,}4} \simeq \frac{5\pi}{12} = 75°$

$\rho = 75°$; $e = \frac{1}{\cos\left(\frac{75°}{2}\right)} = \frac{1}{\cos 37{,}5°} = \frac{1}{\cos30°\cos7{,}5° - \sin30°\sin7{,}5°} =$

$= \frac{1}{\frac{\sqrt3}{2}\left(1-\left(\frac{7{,}5}{180}\right)^2\right) - \frac12\cdot\frac{7{,}5}{180}} = \frac{1}{\frac{\sqrt3}{2}\cdot\left(1-\left(\frac{8}{180}\right)^2\right) - \frac12\cdot\frac{8}{180}} = \frac{1}{\frac{\sqrt3}{2}\left(1-\frac{4}{45^2}\right) - \frac{1}{45}} =$

$= \frac{1}{\frac{\sqrt3}{2}\cdot\frac{43\cdot47}{45^2} - \frac{1}{45}} = \frac{45}{\underbrace{\frac{\sqrt3}{2}\cdot\underbrace{\frac{43\cdot47}{45}}_{\simeq46}}_{\simeq40} - 1} = \frac{45}{39} \approx 1{,}15$

в) тогда, $p = 1{,}15q$;

$q \simeq a_{\oplus} = 5{,}2$ а.е.; $a = a_{\oplus}(1-1{,}15) = -0{,}15\cdot 5{,}2 = -\frac{15}{100}\cdot\frac{52}{10} \approx$

$\approx -\frac32\cdot\frac12 = -\frac34$ а.е. $= -0{,}75$ а.е.

$a = \frac{p}{-e^2+1}$; $p = -1{,}15\cdot(-0{,}75)$ а.е. $= 0{,}8625$ а.е. $\simeq 0{,}86$ а.е.

$b = p/\sqrt{e^2-1}$ – прицельный параметр (и одновременно малая полуось гиперболы)

$b = 0{,}86/\sqrt{1{,}15^2-1} \simeq 0{,}86/\sqrt{1{,}36-1} = 0{,}86/\sqrt{0{,}36} = 0{,}86/0{,}6 = \frac{86}{60} =$

$= \frac{43}{30} \simeq \frac{42}{30} = \frac{7}{10} = 0{,}7$ (а.е.)

$V_q = \sqrt{\frac{GM_☉}{q}(1-e)} =$