№1 От максимума до 4 фев. 1988 прошло примерно 8 месяцев и 19 дней, т. е. примерно 260 дней (высокая точность не требуется). Т.к. она (сверхновая) перестала быть видна невооруженным глазом, она достигла $m_1 = +6^m$ (проницающая способность глаза). А от 4 фев. 1988 до 21 апр 1989 прошло 1 год 2 мес 17 дней, т.е. примерно 440 дней. Проницающая способность телескопа $m_2 = 4{,}1 + 5\lg D_{[cm]}$

D = диам объектива = 6 см = 60 мм

$m_2 = 2{,}1 + 5\lg D_{[mm]}$; $\lg 60 \approx 1{,}8 \Rightarrow m_2 = +11{,}1^m$

$\Delta m_m = m_2 - m_1 = +5{,}1^m$. Светимость падала экспоненциально $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ запишем уравнение для светимости в момент времени t:

$L_{(t)} = L_{max} \cdot x^t$, где t - кол-во ~~дней~~, прошедших с максимума (для удобства счета, лет)

тогда $L_{(4\text{ фев }1988)} = L_{max} \cdot x^{t_1}$, $t_1 = 0{,}7 \approx \frac{2}{3}$ лет

$L_{(21\text{ ап }1989)} = L_{max} \cdot x^{t_1+t_2}$, $t_1 + t_2 = 700$ дней ≈ 2 года

Т.к. расстояние до сверхновой не менялось, имеем по з-ну Погсона: $\frac{L_2}{L_1} = 10^{0{,}4(m_1 - m_2)} \Rightarrow \begin{cases} \frac{L_{(04.02.1988)}}{L_{max}} = 10^{0{,}4(m_{max} - m_1)} \\ \frac{L_{(21\text{ап}1989)}}{L_{max}} = 10^{0{,}4(m_{max} - m_2)} \end{cases} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \begin{cases} \frac{L_{max} \cdot x^{t_1}}{L_{max}} = 10^{0{,}4(m_m - 6)} \\ \frac{L_{max} \cdot x^{t_1+t_2}}{L_{max}} = 10^{0{,}4(m_m - 11{,}1)} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x^{\frac{2}{3}} = 10^{0{,}4(m_m - 6)} \\ x^2 = 10^{0{,}4(m_m - 11{,}1)} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x = \left(10^{0{,}4(m_m - 6)}\right)^{\frac{3}{2}} \\ x = \left(10^{0{,}4(m_m - 11{,}1)}\right)^{\frac{1}{2}} \end{cases} \Rightarrow$$

№1)

Из системы уравнений выше:

$$10^{0,6(m_m-6)} = 10^{0,2(m_m-11,1)}$$

$$0,6m_m - 3,6 = 0,2m_m - 2,22$$

$$0,4m_m = 1,38$$

$$m_m = 3,45 \Rightarrow m_{max} = +3,45^m$$

Ответ: $+3,45^m$

№2)

Параллактическое смещение: $\pi_{['']} = \frac{R_{[а.е.]}}{D_{[пк]}}$, где R - орбита наблюдателя

Аберрационное смещение: $\alpha_{[рад]} = \frac{v_n}{c}$, где

D - расст. до наблюдаемого = 2,2пк

$\alpha_{['']} = 206265\,\alpha_{[рад]} \approx 2\cdot10^5\alpha_{[рад]}$

v_n - скорость движения наблюдателя

По условию, $\alpha = const \Rightarrow v_n = const \Rightarrow$

$\Rightarrow$ орбита круговая и $v_n = v_I = \sqrt{G\frac{M}{R}}$

c - скорость света

, где M = масса звезды

$M = 2M_\odot$

$v_n = v_3 \cdot \sqrt{\frac{2}{R}}$, где $v_3 = 30$ км/с скорость Земли,

т.к. $\sqrt{G\frac{M_\odot}{1а.е.}} = v_3 = 30$ км/с

$c = 3\cdot10^5$ км/с $\Rightarrow \alpha_{['']} = \frac{v_3\cdot\sqrt{\frac{2}{R}}\cdot2\cdot10^5}{3\cdot10^5} = \frac{30\cdot\sqrt{\frac{2}{R}}\cdot2}{3} = 20\sqrt{\frac{2}{R}}$

По условию, $\frac{\pi}{\alpha} = 5$; $\pi = \frac{R}{2,2}$; Составим уравнение:

$$\frac{R}{2,2} = 5\cdot20\sqrt{\frac{2}{R}}$$

$$R = 45\sqrt{\frac{2}{R}} \Rightarrow R^2 = 2025\cdot\frac{2}{R} \Rightarrow R^3 = 4050$$

№2) (выше) $R^3 = 4050$

$R \approx 16$ а.е.

Ответ: 16 а.е.

№3) Для удобства расчетов, запишем III з-н Кеплера в системе „гагаринский" период (108 минут) и „гагаринская" орбита (6700 км, примерно орбита МКС);

$T_г^2 = R_г^3$; тогда, если период стал меньше на 3 минуты,

то $\left(\frac{105}{108}\right)^2 = R^3 \approx \left(\frac{94}{100}\right)^2 = R^3 \Rightarrow \left(\frac{8864}{10^4}\right) = R^3 \Rightarrow R \approx \frac{20,5}{21} R_г$

Для „гагаринской системы", $v_I \approx 7,8$ км/с. Тогда чтобы выйти на орбиту $R = \frac{20,5}{21} R_г$, разница в скоростях и, соответственно, v_{min}, с которой Х. Могбели могла оттолкнуть от себя сумку!: $v_I = \sqrt{G\frac{M}{R}} \Rightarrow \Delta v = v_{min} = \left|\underbrace{\sqrt{G\frac{M_⊕}{R_г}}}_{=7,8 \text{ км/с}} - \sqrt{G\frac{M_⊕}{R}}\right|$

$\Delta v = \underbrace{\sqrt{G\frac{M_⊕}{R_г}}}_{7,8 \text{ км/с} = 7800 \text{ м/с}}\left(\sqrt{\frac{1}{R}} - 1\right) = 7,8\left(\sqrt{\frac{1}{\frac{20,5}{21}}} - 1\right) = 7,8\left(\sqrt{\frac{21}{20,5}} - 1\right) =$

$= 7,8\left(\frac{4,58}{4,52} - 1\right) = 7,8(1,0155 - 1) =$

$= 7,8 \cdot 0,0155 = 0,1209$ км/с ≈ 121 м/с

Ответ: 121 м/с, если верить журналистам

№4) Для получения ответа, сравним поверхностные яркости двух объектов: $\boxed{W = \frac{E}{S}}$ ← поток от звезды ← площадь угловая

поверхностная яркость

Обозначим объекты M51 как №1 и NGC 7000 как №2

Тогда по закону Погсона: $\frac{E_2}{E_1} = 10^{0,4(m_1 - m_2)}$

$$\frac{E_2}{E_1} = 10^{0,4(8-4)}$$

$$\frac{E_2}{E_1} = 10^{1,6} \; ; \; \frac{E_2}{E_1} = 40 \; ; \; \frac{E_1}{E_2} = \frac{1}{40}$$

Далее сравним площади: $S_1 = 13' \times 12' = 156''$

$$S_2 = 120' \times 100' = 12000''$$

$$\frac{S_1}{S_2} \approx \frac{1}{80} \; ; \; \frac{S_2}{S_1} = 80$$

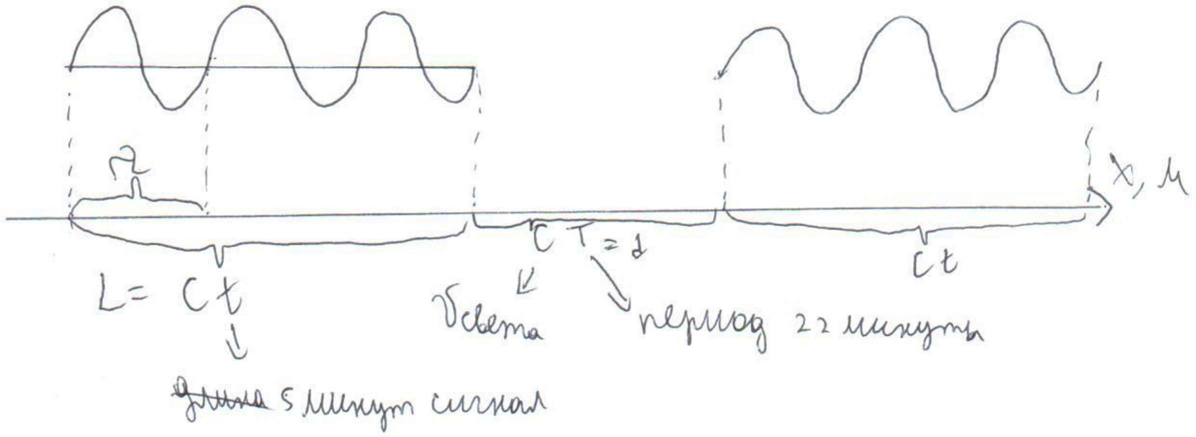
Теперь отношение поверхностных яркостей:

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{E_1 \cdot S_2}{S_1 \cdot E_2} = \frac{E_1}{E_2} \cdot \frac{S_2}{S_1} \; ; \quad \frac{W_1}{W_2} = \frac{1}{40} \cdot 80 = 2$$

Значит, W_2 вдвое меньше W_1 ⇒ снимков понадобится вдвое больше, чтобы получить одинаковую яркость на фото. $N_1 = 20$ шт ⇒ $N_2 = 40$ шт

Ответ: 40 снимков

N5 Изобразим сигналы от объекта:

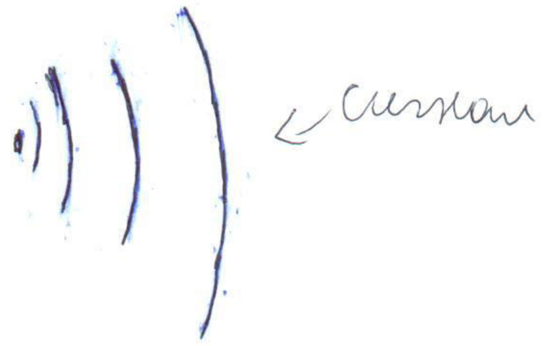


Соответственно, сигнал длиной ct, длина $L = 3\cdot10^5\cdot5\cdot60 = 9\cdot10^7$ км

Между сигналами $d = cT$; $d = 3\cdot10^5\cdot22\cdot60 = 3{,}96\cdot10^8$ км $\approx 4\cdot10^8$ км

Типичная длина волны λ для радиосигнала $\lambda = 1$ м

$\nu = \frac{c}{\lambda}$; $\nu = \frac{3\cdot10^5}{1\cdot10^{-3}} = 3\cdot10^8$ Гц



Тогда $L =$ ~~длина~~ высота области, d – ширина и $c\cdot30$ лет = длина = 30 св. лет

Ответ: 30 св лет × $9\cdot10^7$ км × $4\cdot10^8$ км