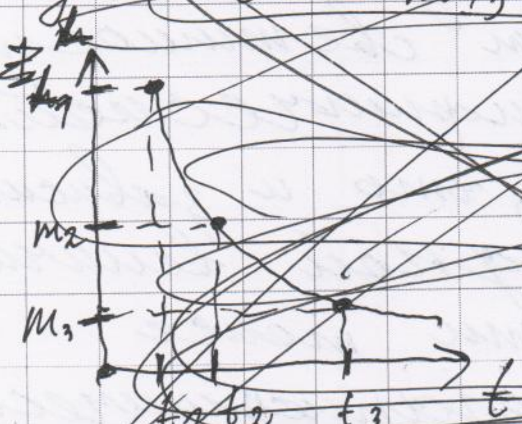
~~№ 1~~

~~Пусть у нас есть 3 момента времени: t_1, t_2 и t_3 и соответсвующие им m_1, m_2, m_3 сверхновой.~~



~~Пусть~~ ~~$\begin{cases} t_2 - t_1 = \Delta t_1 \\ t_3 - t_2 = \Delta t_2 \end{cases}$~~ ~~и~~ ~~$\begin{cases} m_2 - m_1 = \Delta m_1 \\ m_3 - m_2 = \Delta m_2 \end{cases}$~~.

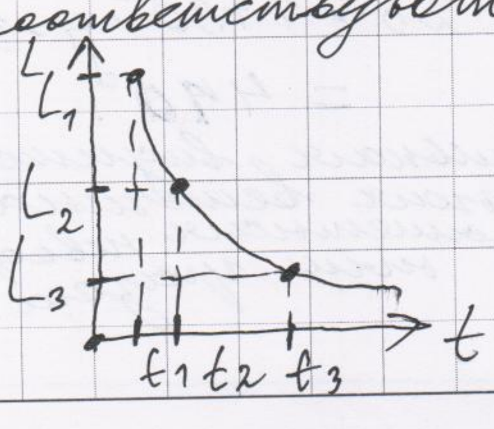
~~Тогда как видимая~~

~~Так как~~

№ 1

У нас есть 3 момента времени t_1, t_2 и t_3 и соответствующие им светимости сверхновой L_1, L_2 и L_3.

Также m_1, m_2 и m_3 соответствуют этим светимостям.



$$\begin{cases} m_2 - m_1 = \Delta m_1 \\ m_3 - m_2 = \Delta m_2 \\ t_2 - t_1 = \Delta t_1 \\ t_3 - t_2 = \Delta t_2 \end{cases}$$

№ 1(2)

Т.к. светимость экспоненциально зависит от времени, то зависимость ~~в~~ времени от светимости будет логарифмической.

Заметим, что и зависимость видимой звёздной величины от светимости тоже является логарифмической, тогда зависимость видимой звёздной величины от времени будет линейной:

$$\frac{\Delta m_1}{\Delta t_1} = \frac{\Delta m_2}{\Delta t_2}.$$

Посчитаем Δt_1 и Δt_2:
(Среди перечисленных в задаче ~~годов~~ лет нет високосных).

$$\begin{cases} \Delta t_1 = 15^d + 4^d + 30^d \cdot 3 + 31^d \cdot 5 = 264^d \\ \Delta t_2 = 24^d + 21^d + 28^d \cdot 1 + 30^d \cdot 4 + 31^d \cdot 7 = 440^d \end{cases}$$

$(28^d - 4^d$ в феврале).

$m_2 = 6^m$ — максимальная видимая звёздная величина, заметная невооружённым глазом.

№7 (3)

$$\Delta m_3 = 6 + 2{,}5\lg\left(\frac{D}{d}\right)^2 = 6+2{,}5\lg\left(\frac{60}{6}\right)^2 = 6+5 = 11^m.$$

6 — то, что видно глазом.

D — диам. объектива;

d — диаметр зрачка (d = 6 мм).

В итоге получаем, что:

$$\Delta m_1 = \Delta m_2 \cdot \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = (m_3 - m_2)\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} =$$

$$\cancel{= (11^m - 6^m)\cdot\frac{410^d}{264^d}}$$

$$= (11^m - 6^m)\cdot\frac{264^d}{410^d} \approx 3{,}2^m.$$

Δm_1 — то, насколько потускнела сверхновая за Δt_1.

$$\boxed{m_1 = m_2 - \Delta m_1 = 6^m - 3{,}2^m = 2{,}8^m}$$

$\boxed{\text{Ответ: } 2{,}8^m}$.

№2

p – параллактическое смещение звезды, *обычно $p = \frac{1}{r}$, но т.к. $\frac{R_{планеты}}{R_{земли}} = \frac{R}{1 а.е.}$, то $p = \frac{R}{r}$ ($[p] = ''$).

α – аберрационное смещение звезды:

$\sin\alpha = \frac{V}{c}$, где V – линейная скорость планеты.

Очевидно, что угол α мал, а значит $\alpha \approx \sin\alpha$ при условии, что $[\alpha] =$ рад.

Линейную скорость V найдём по формуле:

$V = \sqrt{\frac{GM}{R}}$, где R – радиус орбиты планеты, а M – масса звезды в системе иноппланетянина.

Тогда:

$$\alpha \approx \frac{V}{c} = \frac{\sqrt{\frac{GM}{R}}}{c} = \sqrt{\frac{G \cdot M}{R \cdot c^2}}.$$

№2(2)

Но не стоит забывать, что $[p]$ = угловые секунды ($''$), а $[\alpha]$ = рад. Тогда α нужно домножить на коэффициент $K = 206265''/\text{рад}$.

В итоге получаем, что:

$$5 \cdot \alpha \cdot K = p$$

$$5K\sqrt{\frac{GM}{Rc^2}} = \frac{R}{r}$$ (возведём в квадрат).

$$25K^2\frac{GM}{Rc^2} = \frac{R^2}{r^2}$$

$$\boxed{R^3 = 25K^2\frac{GMr^2}{c^2}}$$

$$R = \sqrt[3]{25 \cdot 206265^2 \cdot \frac{6{,}67 \cdot 10^{-11} \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{30} \cdot 2{,}2^2 \cdot 206265^3 \cdot 150^2 \cdot 10^{18}}{9 \cdot 10^{16}}} \approx$$

≈ 10 а.е.

$\boxed{\text{Ответ: } 10 \text{ а.е.}}$

~~№3~~

~~Считая, что период обращения МКС $T_{мкс} \approx 1,5$ часам, найдём $R_{мкс}$.~~

$$\cancel{\frac{T^2_{мкс}}{R^3_{мкс}} = \frac{4\pi^2}{GM_\oplus}}$$

$$\cancel{R_{мкс} = \sqrt[3]{\frac{T^2_{мкс} GM_\oplus}{4\pi^2}} \approx \sqrt[3]{\frac{1,5^2 \cdot 3600^2 \cdot 6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{4 \cdot 3,14^2}} \approx}$$

№3

Считая, что высота МКС над Землёй $h_{мкс} \approx 400$ км, получим $R_{мкс} \approx 6350 + 400 \approx 6750$ км

По 3 з. Кеплера для МКС вокруг Земли:

$$\frac{T^2_{мкс}}{R^3_{мкс}} = \frac{4\pi^2}{GM_\oplus}$$

$$T_{мкс} = 2\pi \sqrt{\frac{R^3_{мкс}}{GM_\oplus}} \approx$$

$$\approx 2 \cdot 3,14 \cdot \sqrt{\frac{6750^3 \cdot 10^9}{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}} \cancel{\approx 1,5 \cdot 10^4\,^s = 250^m} \approx 4800^s = 80^m$$

№3(2)

Тогда $T_{сушки} = T_{мкс} - 3^m$

~~$= 247^m$.~~ $= 77^m$.

Также, т.к. сушка и МКС вращаются вокруг Земли, то:

$$\frac{T^2_{мкс}}{R^3_{мкс}} = \frac{T^2_{сушки}}{R^3_{сушки}}$$

$$R_{сушки} = R_{мкс}\sqrt[3]{\left(\frac{T_{сушки}}{T_{мкс}}\right)^2} \approx$$

$$\cancel{\approx 6750\cdot10^3\sqrt[3]{\frac{247^2}{250^2}} \approx 6750\cdot10^3 \cdot 0{,}934 \approx 6304 \text{ км}}$$

$$\approx 6750\cdot\sqrt[3]{\left(\frac{77}{80}\right)^2} \approx 6580 \text{ км},$$

Тогда линейная скорость сушки должна быть:

$$V_{сушки} = \frac{2\pi R_{сушки}}{T_{сушки}} \approx \frac{2\cdot3{,}14\cdot6580}{77\cdot60} \approx 8{,}776 \text{ км/с}.$$

$$V_{мкс} = \frac{2\pi R_{мкс}}{T_{мкс}} \approx \frac{2\cdot3{,}14\cdot6750}{80\cdot60} \approx 8{,}770 \text{ км/с}$$

$V = V_{сушки} - V_{мкс} = 10$ м/с. $\boxed{\text{Ответ: } 10 \text{ м/с}}$ (Значит, кинули в направлении полёта МКС).

№4

Чтобы объект на суммарном сложенном снимке был виден, ~~на 1 пиксель должно придти некоторое кол-во энергии E~~ ~~E = 1 ед.~~

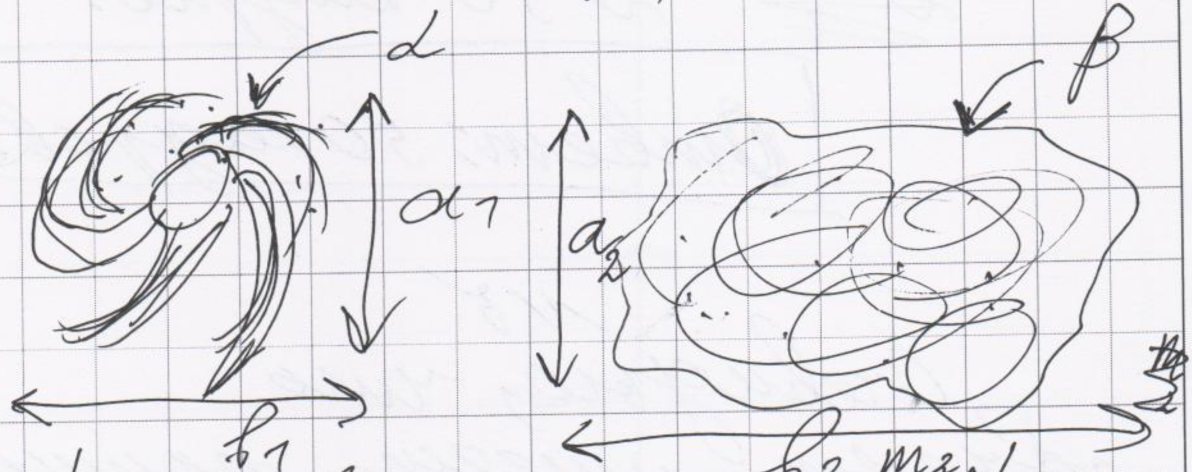
С 1 □' засвечиваемой или
- площади
↑
квадратная должно придти
угловая минута минимум τ энергии.

Пусть α — поверхностная яркость „Водоворота", на который понадобилось N кадров. Тогда для „Северной Америки" это β и M кадров. Тогда:

$$\tau = \alpha \cdot N = \beta \cdot M \Rightarrow$$

$$\Rightarrow M = N \cdot \frac{\alpha}{\beta}.$$

№4 (2)



m_1, L_1 „Водоворот"

m_2, L_2 „Северная Америка"

$$\frac{\alpha}{\beta} = \frac{L_1}{S_1}\cdot\frac{S_2}{L_2} = \frac{L_1}{L_2}\cdot\frac{a_2 b_2}{a_1 b_1} =$$

$$= 10^{0,4(m_2-m_1)}\cdot\frac{a_2 b_2}{a_1 b_1}$$

Тогда:

$$M = N\cdot\frac{\alpha}{\beta} = \frac{a_2 b_2}{a_1 b_1}\cdot 10^{0,4(m_2-m_1)} N =$$

$$\cancel{= \frac{13\cdot 12}{120\cdot 100}\cdot 10^{0,4(8-4)}}$$

$$= \frac{\cancel{120}^{10}\cdot 100}{13\cdot \cancel{12}_{1}}\cdot 10^{0,4(4-8)}\cdot 20 =$$

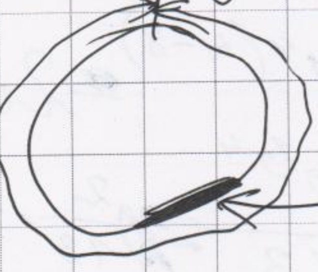
$$= \cancel{20}\cdot\frac{10^3}{13\cdot 10^{1,6}} = 20\cdot\frac{10^{1,4}}{13} = \frac{\cancel{20}^{2}}{13}\cdot 10^{2,4} \approx$$

$\cancel{\frac{2}{\ldots}} \approx 50$ кадров.

$\boxed{\text{Ответ: 50 кадров.}}$

№5

Очевидно, что объект имеет форму шара, и это ~~...~~ пульсар, т.е. нейтронная звезда. Как известно нейтронные звёзды имеют радиус $R \approx 11$ км. Т.к. излучает он очень долго, то отвернуться излучающая область не успела, а значит лежит диаметром в плоскости вращения:



$2\pi R \sim t_2$

$2R_{изл.} \sim t_1.$

Тогда, т.к. ω (угловая скорость) всех точек объекта одинакова:

$$\frac{2\pi R}{t_2} = \frac{2R_{изл.}}{t_1}.$$

$$R_{изл.} = \pi R \cdot \frac{t_1}{t_2} \approx$$

$$\approx 3{,}14 \cdot 71 \cdot \frac{1\,\text{м}}{22\,\text{м}} = 1{,}57 \cdot 8 \approx \approx 8\,\text{км}.$$

~~$= 7{,}95$ км^2~~.

Считая излучающий участок приблизительно плоским:

$$S_{изл.} = \pi R_{изл.}^2 \approx 3{,}14 \cdot 8^2 \approx \approx 200\,\text{км}^2.$$

$$\boxed{S_{изл.} \approx 200\,\text{км}^2}.$$

Ответ: 200 км^2.