208

1

Переведём радиус облака из парсека в километры: $R = 2\cdot 2{,}06265\cdot 10^5\cdot 1{,}5\cdot 10^8 \approx 6{,}148\cdot 10^{13}$ км $\Rightarrow d = 2R \approx 1{,}33\cdot 10^{14}$ км

Так как площадь основания столбика пренебрежимо мала по сравнению с самим облаком, то можно его считать цилиндром, его объём будет равен $V_0 = S\cdot d \approx 10^{-10}\cdot 1{,}33\cdot 10^{4} = 1{,}33\cdot 10^{4}$ км^3

Оценим объём ~~всей сферы, ск~~ всего облака, считая его шаром: $V = \frac{4}{3}\pi R^3 \approx 4{,}19\cdot(6{,}148\cdot 10^{13})^3 \approx 4{,}2\cdot 232{,}6\cdot 10^{39} \approx$
$\approx 977\cdot 10^{39} \approx 9{,}8\cdot 10^{41}$ км^3

Тогда всего молекул гликольальдегида $N = N_0\cdot\frac{V}{V_0} \approx 2{,}8\cdot 10^{14}\,\frac{9{,}8\cdot 10^{41}}{1{,}33\cdot 10^{4}} \approx 2{,}8\cdot 10^{14}\cdot 7{,}3\cdot 10^{37} = 19{,}44\cdot 10^{51} \approx 2\cdot 10^{52}$. Всего моль этих молекул $\nu = \frac{N}{N_A} \approx \frac{2\cdot 10^{52}}{6\cdot 10^{23}} = \frac{1}{3}\cdot 10^{29}$. Значит, общая масса этих молекул будет равна $m = M\nu \approx (12+2+16+1+12+1+16)\cdot\frac{1}{3}\cdot 10^{29} = 60\cdot\frac{1}{3}\cdot 10^{29} = 2\cdot 10^{30}$ г $= \underline{2\cdot 10^{27}\text{ кг}}$

3

Переведём ~~к~~ скорость потери звездой массы в граммы в секунду: $10^{-6}\,M_\odot/\text{год} = 2\cdot 10^{30}\cdot 10^{-6}$ кг/год $= 2\cdot 10^{24}$ кг/год $\approx$
$\approx \frac{2\cdot 10^{24}}{3\cdot 10^{7}}$ кг/с $= \frac{2}{3}\cdot 10^{17}$ кг/с $= \frac{2}{3}\cdot 10^{20}$ г/с. Так как звёздный ветер состоит преимущественно из протонов, то молярная масса звёздного ветра $M = 1$ г/моль, следовательно скорость потери массы равно $\frac{2}{3}\cdot 10^{20}$ моль/с $\Rightarrow \nu_N = \frac{2}{3}\cdot 10^{20}\cdot 6\cdot 10^{23} = 4\cdot 10^{43}\ c^{-1}$

Так как годичный параллакс R And составляет 0,004", то расстояние до неё составляет 250 пк. Значит, Солнеч-
ная система мала по сравнению с расстоянием до неё. Но также это значит, что 1 а.е. видна с R And под
углом в 0,004". Так как это очень ~~мало~~ маленький угол, то можно считать небо на этом участке плоским.
Вычислим, как относится квадрат в 0,004"×0,004" к площади всей небесной сферы (которая составляет 40000 кв. градусов)
$\frac{S}{S_0} \approx \frac{0{,}004\cdot 0{,}004}{40000\cdot 3600^2} \approx \frac{1{,}6\cdot 10^{-5}}{5\cdot 10^{11}} = 3{,}2\cdot 10^{-15}$. Значит, от $4\cdot 10^{43}$ частиц на 1 а.е.^{2} в Солнечной системе придётся $4\cdot 10^{43}\cdot$
$\cdot 3{,}2\cdot 10^{-15} = 12{,}8\cdot 10^{28}$ частиц

Но так как скорость звёздного ветра составляет $3\cdot 10^2$ км/с, то спустя 300 км на площади 1 а.е.^{2} будет снова со-
держаться $12{,}8\cdot 10^{28}$ частиц (т.к. скорость потери массы мы измеряли в г/с). Всего в 1 а.е. будет содержаться $\frac{1{,}5\cdot 10^8}{3\cdot 10^2} =$
$= 2\cdot 10^6$ таких „слоёв". Значит, в 1 а.е.^{3} содержится $1{,}28\cdot 10^{29}\cdot 2\cdot 10^6 \approx 2{,}6\cdot 10^{35}$ частиц. Таким образом, концентра-
ция составляет $\frac{2{,}6\cdot 10^{35}}{(1{,}5\cdot 10^8)^3} \approx \frac{2{,}6\cdot 10^{35}}{3{,}4\cdot 10^{24}} \approx 0{,}765\cdot 10^{11}$ км$^{-3}$ $\approx 8\cdot 10^{10}$ км$^{-3}$

2

Рассмотрим сначала ситуацию обычной гомановской траектории. Тогда эксцентриситет корабля $e = \frac{1{,}5-1}{1{,}5+1} = \frac{0{,}5}{2{,}5} =$
$= 0{,}2$. Скорость в перицентре равна $v_p = \sqrt{GM\left(\frac{2}{r_p}-\frac{1}{a}\right)} \xrightarrow{a(1-e)=r_p} \sqrt{GM\left(\frac{2}{r_p}-\frac{1-e}{r_p}\right)} = \sqrt{\frac{GM}{r_p}(1+e)} = \sqrt{\frac{GM}{r_p}}\sqrt{1+e} \approx 30\sqrt{1{,}2} \approx 33$ км/с $\Rightarrow$
$\Rightarrow \tau_1 = \frac{33000\text{ м/с}}{10\text{ м/с}^2} = 3300$ с. Это меньше 1 часа. У Марса скорость корабля будет меньше, значит на сведение скорости к

то космический корабль затратит тем более меньше 1 часа. В тоже время ~~сам перелёт~~ оборот по эллипсу будет составлять (по 3 закону Кеплера) $t_1 = \sqrt[2]{a^3} = \sqrt[2]{\frac{r_p^3}{(1-e)^3}} = \frac{1}{(1-e)^{\frac{3}{2}}} = (1-e)^{-\frac{3}{2}} \approx 0{,}8^{-\frac{3}{2}} \approx \frac{1}{\sqrt[2]{0{,}512}} \approx \frac{1}{0{,}71} \approx 1{,}43$ лет, соответственно сам перелёт будет составлять половину этого времени или 0,715 лет.

Рассмотрим вариант с ~~параболой~~ параболической орбитой. Тогда скорость корабля в перицентре будет составлять $= \sqrt{2\frac{GM}{r_p}} = \sqrt{\frac{GM}{r_p}}\sqrt{2} \approx 30 \cdot 1{,}41 \approx 42$ км/с $\Rightarrow \tau_2 \approx \frac{42000}{10} = 4200$ с. У Марса „сбрасывание" скорости опять же, будет меньше 4200.

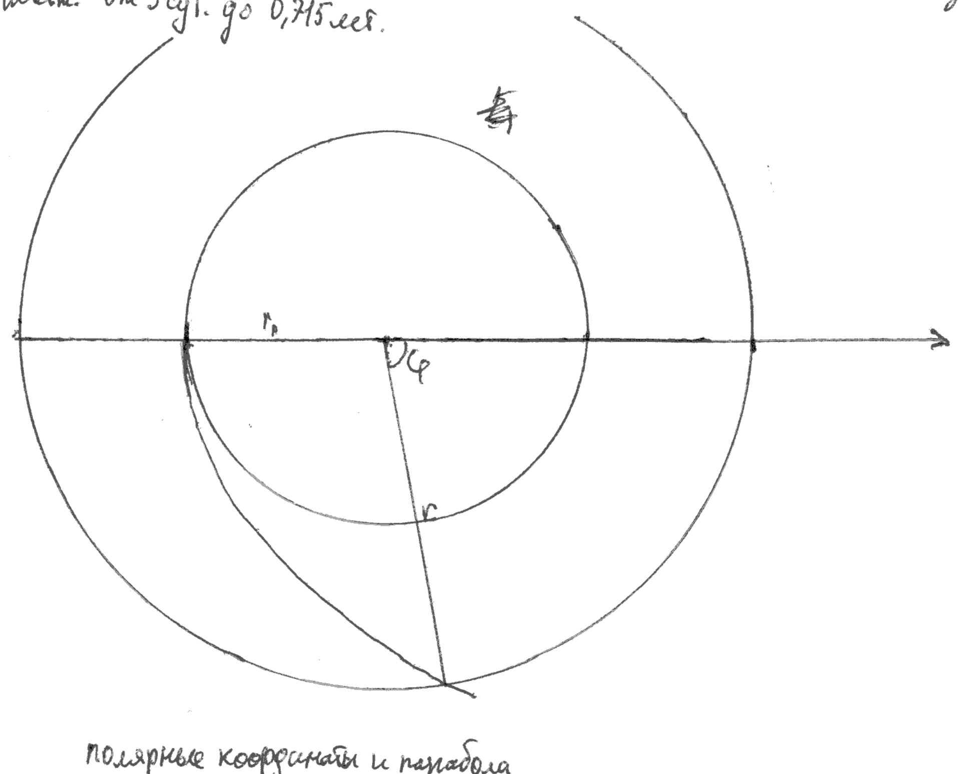
Оценим время полёта. В качестве верхней оценки возьмём случай с гомановской траекторией, т.к. по параболической орбите полёт явно будет быстрее. В качестве нижней оценки ~~возьмём~~, представим, что он летел с постоянной скоростью 42 км/с по прямой к Марсу.

В полярных координатах график параболы задаётся как $r(\varphi) = \frac{2r_p}{1-\cos\varphi}$, где r_p – перицентрическое расстояние. Тогда $\varphi = \arccos\left(1 - \frac{2r_p}{r}\right)$. Тогда расстояние между Марсом и Землёй $d = \sqrt{r_p^2 + r^2 - 2r_p r\cos\left(\pi - \arccos\left(1 - \frac{2r_p}{r}\right)\right)} = \sqrt{r_p^2 + r^2 + 2r_p r\left(1 - \frac{r_p}{r}\right)} = \sqrt{r_p^2 + r^2 + 2r_p r - 2r_p^2} = \sqrt{1^2 + 2{,}25 + 2\cdot 1{,}5\cdot 1 - 2\cdot 1^2} = \sqrt{3 + 2{,}25 - 1} = \sqrt{4{,}25} \approx 2{,}05$ а.е.

Заметим, что 30 км/с равнозначно (в системе $M_\odot$–а.е.–год) $v = \sqrt{\frac{4\pi^2 \cdot 1}{1}} = 2\pi$ а.е./год, значит, 42 км/с равнозначно $\frac{2\pi}{\sqrt{2}} = \sqrt{2}\pi \approx 4{,}3$ а.е./год. Значит, минимум перелёт по параболе длится $\frac{2{,}05}{4{,}3} \approx 0{,}45$ лет. То есть время разгона много меньше времени полёта.

Заметим, что при увеличении скорости разница ~~скоростей, которую надо сбросить, стано~~ между скоростями у Земли и Марса становится меньше. Тогда справедливо рассмотреть ситуацию, когда космический корабль летит по прямой (т.е. его скорость много больше второй космической, а как мы убедились ранее, она набирается не очень медленно). Тогда первую половину пути он будет разгоняться, а вторую – замедляться. Путь же составит $d = \sqrt{r^2 - r_p^2} = \sqrt{2{,}25 - 1} = \sqrt{1{,}25} \approx 1{,}1$ а.е. или примерно $1{,}7 \cdot 10^{11}$ м, а половина пути $8{,}5 \cdot 10^{10}$ м. Тогда время разгона составит $\tau = \sqrt{\frac{2 \cdot \frac{d}{2}}{g}} \approx \sqrt{\frac{1{,}7 \cdot 10^{11}\text{ м}}{10\text{ м/с}^2}} \approx \sqrt{1{,}7 \cdot 10^{10}\text{ с}^2} \approx 1{,}3 \cdot 10^5$ с $= 130000$ с или примерно 1,5 сут. Соответственно весь полёт займёт 3 сут.

Ответ: от 3 сут. до 0,715 лет.

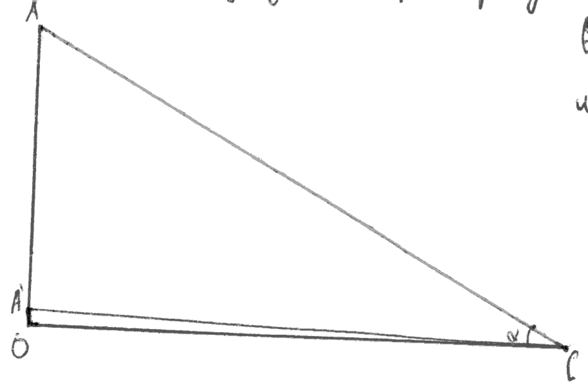


полярные координаты и парабола

4

Так как поле зрения телескопа составляет 26', то и матрица принимает свет с 26° неба, а половина – 13°.

Тогда угол, который приходится на 1 пиксель матрицы, составляет $\theta = \arctan\frac{OA'}{OC}$, таким образом $\theta \sim \arctan OA'$ или, в виду малости угла, $\theta \sim OA'$. Размер одного пикселя составляет $\frac{\frac{1}{2}\cdot 37}{\frac{1}{2}\cdot 4096} = \frac{37}{4096}$ см, значит, размер одного пикселя меньше половины матрицы в 2048 раз, значит, на его долю приходится $\frac{13\cdot 3600}{2048} = \frac{46800}{2048} \approx 23{,}4''$



С другой стороны, дифракционный предел $\theta' = 1{,}22\frac{\lambda}{D} = 1{,}22\frac{6\cdot 10^{-7}}{0{,}042} = 1{,}22\frac{6\cdot 10^{-5}}{4{,}2} \approx 1{,}8\cdot 10^{-5} \approx 3{,}7''$

То есть дифракционный предел такой установки ниже, чем способен прочесть пиксель. Значит, предельное угловое разрешение 23,4''

5

Заметим, что ~~рас~~ пространственное расстояние между Cyg X-3 и областями прямо пропорционально расстоянию до них.

Испускать рентгеновские лучи могут сверхновые Ia. Тогда мы имеем дело с одной звездой (которая вспыхивает иногда сверхновой) и второй, которая находится на ~~расстоянии~~ 2,7 св. лет дальше (т.к. максимумы и минимумы приходят позже). Т.к. расстояние до них очень велико, то можно считать, что 16'' на небе это и есть 2,7 св. лет. ~~В~~ 2,7 св. лет ≈ 560000 а.е. Следовательно, на ~~одну~~ 1'' приходится 35000 а.е., следовательно, эта система находится на расстоянии приблизительно 35000 св. лет. Так как созвездие Лебедя не находится центр Галактики, то расстояние от Cyg X-3 до центра Галактики примерно 10000-30000 св. лет.