Задача 5 (лист 1 из 2)

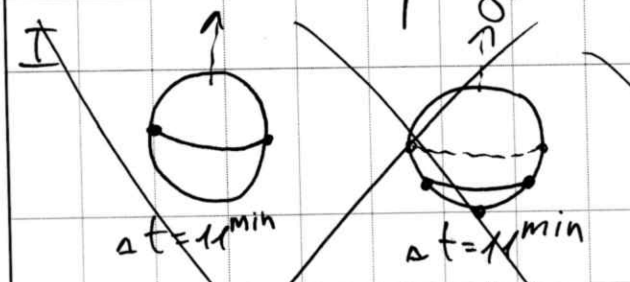
$t = 22\,min$

$r - ?$

$\Delta t = 5^{min}$

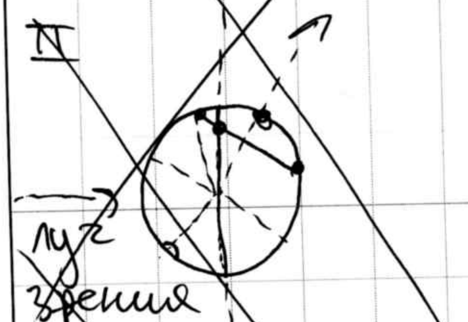
Очевидно, что описываемый объект – это нейтронная звезда/квазар, с периодом обращения $22^{min}$.

I



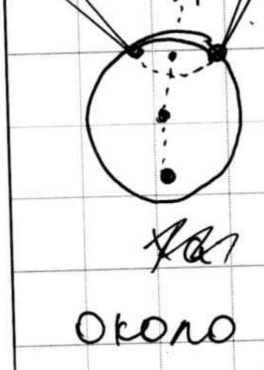

Очевидно, что ось => не может ~~быть~~ лежать в картинной плоскости. т.к. $\Delta t = const = 11^{min}$

II





$\Delta t = 11^{min}$ => ось вращения не может лежать в карт. плоскости



$\Delta t < \frac{t}{2}$

~~Так~~ Обычно н-звезды имеют радиус около 10 км => $\vartheta_{пов} = \frac{2\pi R^2}{t}$

$m\omega^2 R = \frac{GM_{нз}}{R}$

Задача 5 (лист 2 из 2)

Т.к. ~~эт~~ это н. звезда мала, то изл. область не должна превышать 0,5-1км => хорошей оценкой будет 0,3км.

Задача 1 (лист 1 из 2)

Максимум: 15.05.1987 ] $\Delta t_1 = 265^d$ * $\Delta m_1$

Нев. глаз ($m = 6^m$): 4.02.1988 ] $\Delta t_2 = 442^d$ * $\Delta m_2$

Телескоп ($m_2 = m_{гл} + 5\log\Gamma$): 21.05.1989

$D_{об} = 6$ см

$$\Gamma = \frac{D_{об}}{D_{ок}} = \frac{6\,см}{0{,}6\,см} = 10$$

окуляр в данном случае - глаз => $D_{ок} = 0{,}6$ см

$$\Rightarrow m_2 = 6^m + 5\log\Gamma = 6^m + 5\underbrace{\log 10}_{1} = 11^m$$

*При подсчёте $\Delta t_2, \Delta t_1$ стоит учитывать, что 1988 год - високосный.

0,4

$$\Delta t_2 = \underbrace{25^d}_{фев} + 366^d + \underbrace{31^d}_{март} + \underbrace{21^d}_{апр} = 442^d$$

$$\Delta t_1 = 365^d - 15^d - 30^d - 31^d - 24^d = 265^d$$

$\Delta m_2 = 11^m - 6^m = 5^m = m_3 - m_2$ По ф-ле Погсона:

$$\frac{E_1}{E_3} = 10^{0{,}4(m_2 - m_1)} = 10^{0{,}4\cdot\Delta m_2}$$

$E = \frac{L}{4\pi r^2}$

($r$ - рас-е до объекта)

$E \sim L \cdot r^{-2}$ но $r = const$ =>

$E \sim L$ где $L$ - светимость

и мы знаем, что $L$ меняется экспоненциально

$$\Rightarrow L_3 = L_2 : e^{\Delta t_2 \cdot k} \Rightarrow \Delta t_2 \cdot k = \ln\left(\frac{L_2}{L_3}\right) \quad k\text{-коэф-т}$$

$$k = \ln\left(\frac{L_2}{L_3}\right) : \Delta t_2 \quad (1) \qquad \frac{L_2}{L_3} = 10^2 = 100$$

$\ln(100) \approx 4$ $\Rightarrow k \approx \frac{4}{442}$

Задача 1 (лист 2 из 2) $\Rightarrow k \approx \frac{1}{110}$

Максимум: 15.05.1987 $I_1$ ] $\Delta t_1 = 265^d$ $\Delta m_1$

Нев. гл.: 4.02.1988 $I_2$

Телескоп: 21.05.1989 $I_3$ ] $\Delta t_2 = 442^d$ $\Delta m_2$

~~Подставим (1) в ф-лу для $\Delta t_1$ и $I_1$:~~

$$\cancel{I_2 = \frac{I_1}{e^{\Delta t_1 \cdot k}} = \frac{I_1}{e^{\left(\ln\frac{I_3}{I_2}/\Delta t_2\right)\Delta t}} = \frac{I_1}{e^{\ln \frac{I_3}{I_2}}}}$$

$$\cancel{= \frac{I_1}{\sqrt[\Delta t]{\frac{I_3}{I_2}}} = \frac{I_1 \sqrt[\Delta t]{I_2}}{\sqrt[\Delta t]{I_3}} = I_2^{\Delta t - 1} \cdot I_2}$$

442/4 9 2 27 3 4

$$\cancel{\boxed{\frac{I_1^{\Delta t_1}}{I_3} = I_2^{\Delta t - 1}}} \quad (2)$$

$$\Delta m_1 = -2{,}5 \lg\left(\frac{I_1}{I_2}\right) = -2{,}5 \lg\left(e^{\Delta t_1 \cdot k}\right)$$

$$m_1 = m_2 + \Delta m_1 = 6 + \Delta m_1$$

$$\Delta t_1 \cdot k = \frac{265}{110} \approx 2{,}2 \qquad e^{2{,}2} \approx 10.$$

$$m_1 = 6 - 2{,}5 \lg(10) \approx 6 - 2{,}5 \approx 3{,}5^m$$

$R=a$, Задача 3 (лист 1 из 4)

$l = 2{,}2$ пк
$M = 2 M_\odot$
$\theta = const$
$\theta = P/5$
$r_{pl}$ - ?

$\theta = \frac{v}{c}\cdot\sin\alpha$ — ф-ла аберрац. смещ.

$\alpha$ - угол между вектором скорости планеты и наблюдаемым объеком.

$p = \frac{1}{l}$ — ф-ла для параллакса, где
$l$ - рас-е до объекта в [пк]
$p$ - параллакт. угол в ["]

$\cancel{\theta = \frac{p}{5} = \frac{1}{5l} = \frac{v}{c}\sin\alpha}$ Но эта формула применима только для земной орбиты, для орбиты другого радиуса она будет иметь вид:

$\cancel{p = \frac{a}{l}}$ ~~где a=[A.E.] l=[A.E.]~~ $\cancel{p=[рад]}$

~~1рад = 206265'' =>~~ $\cancel{p = \frac{a}{l}}$ ~~где a=[п.к.]~~

$p = \frac{a}{l}$ где $a=[A.E.]$, $l=[п.к.]$, $p=['']$ $a$ - радиус
или $p = \frac{a}{l}$ где $p=[рад]$; $a=[м]$; $l=[м]$ орбиты.

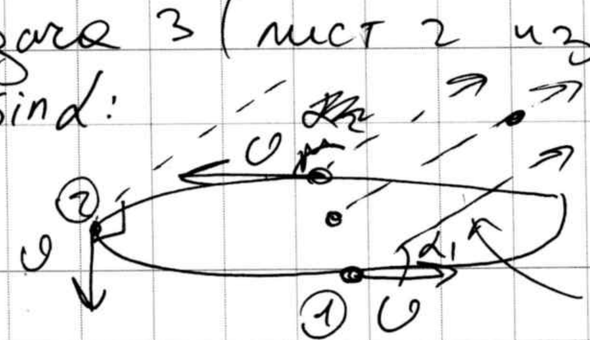
Нам известно, что $\theta = const$ и $\theta \sim v\sin\alpha$ =>

~~v=const~~ ~~sin α ∈ [0, 1]~~ ~~но~~ $\sin\alpha \leq 1$

$\boxed{v\cdot\sin\alpha = const}$; $v \in \left[v_{кр}\sqrt{\frac{1-e}{1+e}}; v_{кр}\sqrt{\frac{1+e}{1-e}}\right]$ — ~~данные при эллиптической орбите изменения скорости не компенсирует изменение~~ $\sin\alpha$

Задача 3 (лист 2 из 4)

① $\sin\alpha$:




Если объект не в полюсе эклиптики, то:

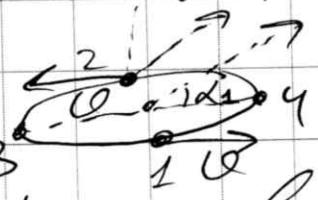
~~$\alpha_2 = 90+\alpha_1 \Rightarrow$~~
~~$\sin\alpha_2 = \cos\alpha_1$~~

① $\sin\alpha_1$

② $\sin\alpha = \sin 90 = 1$

Получается, что в разных точках орбиты разные $\sin\alpha$ и в критическом случае $\sin\alpha \in [0;1]$ (когда объект на эклиптике)

Если орбита планеты вытянутая (эллиптичная) то ~~скор~~ изменение скорости в теории может компенсировать изменение $\sin\alpha$! Но рас-м такой случай:




В точках 1 и 2 аберрационное смещение $\theta$ одинаково по усл-ю и $\sin\alpha$ тоже вносит одинаковый вклад в $\theta \Rightarrow \upsilon = const$

↓

(да, там получаются с разными знаками $\sin\alpha$, но сам вклад одинаковый $\sin\alpha = \sin(90+90-\alpha) = \sin(-\alpha) = -\sin\alpha$)

$\Rightarrow$ при $e>0$ т.к. 1 и 2 - узлы орбит.

Но в т.к. 3 и 4 $\alpha = 90°$ и аналогичным образом $\upsilon_3 = \upsilon_4 \Rightarrow$ это тоже должны были быть узлы орбит.

Противоречие $\Rightarrow$ орбита круговая, а объект нах-ся в полюсе эклиптики.

Задача 3 (лист 3 из 4)

$\Rightarrow \sin\angle = 90^\circ \Rightarrow v = const \Rightarrow \theta = \frac{v}{c} = \frac{\ell}{5}$

$\frac{v}{c} = \frac{a}{5\cdot\ell}$ т.к. орбита круговая, то $v = \sqrt{\frac{GM}{a}}$

$\frac{\sqrt{GM}}{c\cdot\sqrt{a}} = \frac{a}{5\cdot\ell}$ $a$ – радиус орбиты, который и надо найти ($r_{pl}$)

$\sqrt{a^3} = \frac{\sqrt{GM}\cdot 5\ell}{c}$

$a = \sqrt[3]{\frac{GM25\ell^2}{c^2}} = \sqrt[3]{\frac{G2M_\odot\cdot 25\ell^2}{c^2}}$

тут $\ell = [пк]$ $a = [$

$\sqrt{a^3} : 149{,}6\cdot10^9 = \frac{\sqrt{GM}\cdot 5\ell}{c}$

$a = \sqrt[3]{\frac{GM25\ell^2}{c^2(149{,}6\cdot10^9)^2}} = \sqrt[3]{\frac{GM_\odot\cdot 50\ell^2}{c^2(149{,}6\cdot10^9)^2}}$

$10^{-11}\cdot10^{30} = 10^{19}$

$GM_\odot \approx 13\cdot10^{19}$

$\ell^2 = 4{,}84$ пк$^2$

$c^2 \approx 9\cdot10^{16}$

$(1{,}5\cdot10^{11})^2 \approx 2{,}25\cdot10^{22}\cdot10^2 = 2{,}25\cdot10^{24}$

$\Rightarrow a \approx \sqrt[3]{\frac{13\cdot10^{19}\cdot50\cdot4{,}84\cdot10^{?}}{9\cdot\cancel{10^{16}}\cdot2\cdot10^{21}}} \approx \sqrt[3]{\frac{650}{2\cdot10^{21}}}$

2,2 · 2,2 = 4,84

13 · 5 = 65

$$\sqrt{a^3} = \frac{\sqrt{GM\cdot 5}\,l}{c}$$

Задача 3 (лист 4 из 4)

$$a = \sqrt[3]{\frac{GM\,25\,l^2}{c^2}} = \sqrt[3]{\frac{GM_\odot\cdot 50\,l^2}{c^2}}$$

$$a \approx \sqrt[3]{\frac{13\cdot 10^{19}\cdot 50\cdot 2{,}2\,(2\cdot 10^5\cdot 1{,}5\cdot 10^{11})^2}{9\cdot 10^{16}}} \approx$$

$$\approx \sqrt[3]{\frac{65\cdot 10^{20}\cdot 2{,}2\cdot 4\cdot 10^{32}\cdot 2{,}25}{9\cdot 10^{16}}}$$

$$\approx \sqrt[3]{130\cdot 10^{36}} \approx 10^{12}\cdot 5 \approx 50\ \text{А.Е.}$$

65 · 2 = 130

3,5 · 3,5 = 12,25

12 · 12 = 144

Задача 4 (лист 1 из 3)

$m = 8^m$, $m_2 = 4^m$ Запишем ф-лу поверхностной яркости объекта:

$\varphi_1 = 13'$

$\varphi_2 = 12'$

$n = 20$

$$m = m_{пов} + 2{,}5 \log \Omega;$$ где $\Omega$ - тел. угол

Видимость объекта на кадре зависит не от видимой зв. величины, а от пов-й => посчитаем сколько $Вт/м^2 \cdot стр$ должно прийти на объектив, чтобы на снимке было видно объект:

~~$E_{пов} = E \cdot 2{,}512 \cdot 10^{0{,}4(m - m_{пов})}$~~

~~$m_{пов} = m - 2{,}5 \log \Omega =$~~

~~$m - m_{пов} = 2{,}5 \log \Omega = 2{,}5 \log \frac{E}{E_{пов}}$~~

~~При этом $E$ нам известно через ф-лу Погсона:~~

~~$E = E_\odot \cdot 2{,}512^{m_\odot - m} = E_\odot \cdot 10^{(0{,}4 \cdot (m_\odot - m))}$~~

~~А $m_{пов} = m - 2{,}5 \log \Omega$~~

$$E_{пов} = E_\odot \cdot 2{,}512^{m_\odot - m_{пов}} = E_\odot \cdot 10^{0{,}4(m_\odot - m_{пов})}$$

$$m_{пов} = m - 2{,}5 \log \Omega$$

$$\Rightarrow E_{необх} = E_{пов} \cdot n$$

Аналогичные рассуждения для туманности С.Америка:

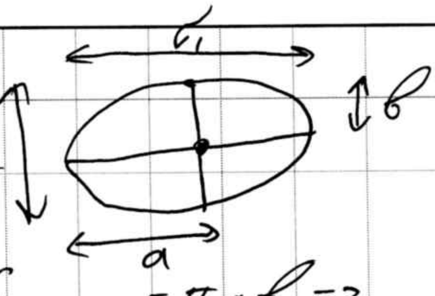
$$E_{пов_2} = E_\odot \cdot 10^{0{,}4(m_\odot - m_{пов_2})}$$

$$m_{пов_2} = m - 2{,}5 \log \Omega_2$$

$$E_{необх} = E_{пов_2} \cdot n_2$$

$$\Rightarrow n_2 = \frac{E_\odot \cdot 10^{0{,}4(m_\odot - m_{пов})} \cdot n}{E_\odot \cdot 10^{0{,}4(m_\odot - m_{пов_2})}}$$

Задача 4 (лист 2 из 3)




$$n_2 = \frac{10^{0,4(m_0 - m + 2,5\log\Omega)}}{10^{0,4(m_0 - m_2 + 2,5\log\Omega_2)}}$$

$\Omega$ - телесный угол $\quad S_{эллипс.} = \pi a b \Rightarrow$

$\Omega = b_1 \cdot b_2 \cdot \pi / 4$

т.к. галактика M51 - почти круг = эллипс, и туманность С. Америка также имеет форму ближе к эллипсу, чем к прямоугольнику ⇒ $\Omega$ для них будет считаться по такой ф-ле:

$$n_2 = \frac{10^{0,4(m_0 - m + 2,5\log(b_1 \cdot b_2 \cdot \pi/4))}}{10^{0,4(m_0 - m + 2,5\log(b_{12} \cdot b_{22} \cdot \pi/4))}}$$ - Итоговая формула

$$\frac{b_1 \cdot b_2 \cdot \pi}{4} \approx \frac{13 \cdot \cancel{12}^{\,3} \cdot \cancel{3,14}}{\cancel{3600}\,\cancel{1200}\,400 \cdot 57^2 \cdot \cancel{4}} \approx \frac{13}{400} \approx 0,32/57^2$$

~~$\log 0,32 \approx -0,7 \quad 2,5\log(-0,7) \approx -17,5$~~

~~$\Rightarrow 0,4(-26,7 - 8 + 17,5) \approx 209$~~

$b_{12} \cdot b_{22} \cdot \pi/4 \approx 1$

$\approx \frac{0,32}{3500} \approx \frac{1}{10^6} \Rightarrow$

$\log \frac{1}{10^6} = -6 \Rightarrow 2,5(-6) = -12 - 3 = -15$

$\Rightarrow 10^{0,4(50)} \approx 10^{20}$

$b_{12} \cdot b_{22} \cdot \pi/4 \approx \frac{120 \cdot \cancel{100} \cdot \cancel{4}}{\cancel{3600} \cdot 57^2} \approx \frac{31}{3 \cdot 57^2} \approx$

$\approx \frac{10}{3400} \Rightarrow \log\left(\frac{1}{340}\right) \approx -2,2$

$2,5 \cdot (-2,2) = -5,5$

$2,5 \cdot 0,7 = 17,5$

$26,7 + 8 + 17,5 = 52,2 \cdot 4 = 208,8$

$26,7 + 8 = 34,7 + 15 = 49,7$

$57 \cdot 57 \approx 3500$

$2,2 \cdot 25 = 110 + 44 = 5,50$

Задача 4 (лист 3 из 3)

$$0{,}4(m_0 - m - 5{,}5) \approx 16$$

$$\begin{array}{r} 34{,}7 \\ 5{,}5 \\ \hline 40{,}2 \\ 160{,}2 \end{array}$$

$n_2 \approx \frac{10^{20}}{10^{16}} \approx 10^4$ снимков,

что немного многовато, поэтому можно сделать вывод о том что мы переоценили числитель и снимков потребуется ~~около~~ порядка $10^2$-$10^3$

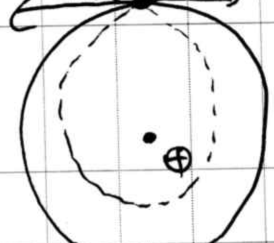
Задача 3 (лист 1 из 5)

$T_1 = T_{мкс} - 3^{min}$ Рассмотрим момент, когда сумка была выброшена из корабля.

$\vartheta_{min}$ - ?

* I в: $\overline{\vartheta}_{мкс}$ $\vartheta_{min}$

II в: $\overline{\vartheta}_{мкс}$ $\vartheta_{min}$ $\vartheta_{ит}$



Т.к. в условиях не сказано в каком направлении ~~толкну~~ бросили сумку, рассмотрим два наиболее очевидных случая.

$\vartheta_{ит} = \vartheta_{мкс} - \vartheta_{min}$ $\qquad$ $\vartheta_{ит} = \vartheta_{min}^2 + \vartheta_{мкс}^2$

**

I в: точка, где выбросили сумку - апоцентр => новой орбиты

$\vartheta_{мкс} = \vartheta_Q = \sqrt{\frac{GM_\oplus}{r_{мкс}} \cdot \frac{1-e}{1+e}} + \vartheta_{min}$; $r_{мкс}$ - радиус орбиты МКС

или из интеграла энергии: $\qquad r_{мкс} \approx 6378 + 400$ км
$\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad R_\oplus \quad h_{мкс}$

$\vartheta_{мкс} = \sqrt{GM_\oplus\left(\frac{2}{r_{мкс}} - \frac{1}{a}\right)}$ $\quad$ a - большая полуось новой орбиты.

$\frac{2}{r} - \frac{1}{a} = \frac{\vartheta_{мкс}^2}{GM_\oplus}$ $\quad$ Также будем считать, что

$\frac{1}{a} = \frac{2}{r} - \frac{\vartheta_{мкс}^2}{GM_\oplus}$ МКС орбита круговая =>

$\vartheta_{мкс} = \sqrt{\frac{GM_\oplus}{r_{мкс}}}$

$a = \frac{rGM_\oplus}{2GM_\oplus - r\vartheta_{мкс}^2}$

$a = \frac{rGM_\oplus}{2GM_\oplus - GM_\oplus}$

* Ясно, что для уменьшения орб. периода нужно чтобы уменьшилась скорость в данной т.к. (и новая орбита станет эллиптической)

Задача 3 (лист 2 из 5)

$\upsilon = \upsilon_{мкс} - \upsilon_{min} = \sqrt{GM\left(\frac{2}{r_{мкс}} - \frac{1}{a}\right)}$ (1)

$r_{мкс}$ - радиус орбиты мкс $r_{мкс} = 6378 + 400$ км

$a$ - б. полуось „новой" орбиты (орбиты сумки)

Будем считать, что орбита мкс круговая =>

$\upsilon_{мкс} = \sqrt{\frac{GM_\oplus}{r_{мкс}}}$ Подставим в (1)

$$\sqrt{\frac{GM_\oplus}{r_{мкс}}} - \upsilon_{min} = \sqrt{GM_\oplus\left(\frac{2}{r_{мкс}} - \frac{1}{a}\right)}$$

$$\upsilon_{min} = \sqrt{GM_\oplus}\left(\frac{1}{\sqrt{r_{мкс}}} - \left(\sqrt{\frac{2}{r_{мкс}} - \frac{1}{a}}\right)\right) \quad (2)$$

По 3-му закону Кеплера:

$$T^2 = \frac{4\pi^2 a^3}{GM_\oplus} = (T_{мкс} - 3^{min})^2$$

$$T_{мкс}^2 = \frac{4\pi^2 r_{мкс}^3}{GM_\oplus}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{2\pi\sqrt{r_{мкс}^3}}{\sqrt{GM_\oplus}} - 3^{min}\right)^2 = \frac{2\pi\sqrt{a^3}}{\sqrt{GM_\oplus}}$$

$$\Rightarrow \sqrt{a^3} = \frac{\cancel{2\pi}\sqrt{r^3}}{\cancel{\sqrt{GM_\oplus}}} - \frac{3^{min}\sqrt{GM_\oplus}}{2\pi}$$

$$\Rightarrow a = \sqrt[3]{\left(\sqrt{r^3} - \frac{3^{min}\sqrt{GM}}{2\pi}\right)^2} \quad (3)$$

Подставим (3) в (2)

Задача 3 (лист 3 из 5)

$$\vartheta_{min} = \sqrt{GM_\odot}\left(\frac{1}{\sqrt{r_{мкс}}} - \sqrt{\frac{2}{r_{мкс}} - \frac{1}{\sqrt[3]{\left(\sqrt{r^3} - \frac{3^{min}\sqrt{GM}}{2\pi}\right)^2}}}\right)$$

$$\vartheta_{min} = \sqrt{GM_\odot}\left(\frac{1}{\sqrt{r_{мкс}}} - \sqrt{\frac{2}{r_{мкс}} - \frac{\sqrt[3]{4\pi^2}}{\sqrt[3]{\left(2\pi\sqrt{r^3} - 3^{min}\sqrt{GM}\right)^2}}}\right)$$

$$\vartheta_{min} = \sqrt{GM_\odot}\left(\frac{1}{\sqrt{r_{мкс}}} - \sqrt{\frac{2}{r_{мкс}} - \frac{\sqrt[3]{4\pi^2}}{\sqrt[3]{4\pi^2 r^3 + 324^{00} GM - 720\pi\sqrt{r^3 GM}}}}\right)$$

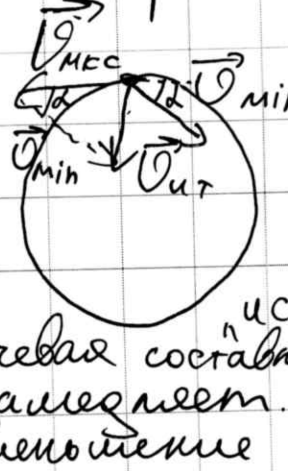
Получаем такую итоговую формулу для I в: (1)

$$\cancel{\vartheta_{min} = \sqrt{GM}\left(\frac{\sqrt{r_1} - 2}{r_1} + \frac{\sqrt[3]{4\pi^2}}{\sqrt[3]{4\pi^2 r^3 + 32400\, GM - 720\pi\sqrt{r^3 GM}}}\right)}$$

Для II в:

$$\vartheta_{ит} = \sqrt{\vartheta_{min}^2 + \vartheta_{мкс}^2} \Rightarrow \vartheta_{min} = \sqrt{\vartheta_{ит}^2 - \vartheta_{мкс}^2}$$

~~$\vartheta_{ит}$~~ Здесь видно, что часть придаваемой скорости $\vartheta_{min}$ идёт на лучевую составляющую и получается, что $\vartheta_{ит}$ даже больше $\vartheta_{мкс}$. Значит ~~рассмотрим~~ этот вариант нам не подходит (т.к. $\vartheta_{ит}$ должна быть меньше $\vartheta_{мкс}$), посмотрим на такой промежуточный вариант:




$\vec{\vartheta}_{min}$ направлена под углом $\alpha$ к ~~нормали~~ $\vartheta_{мкс}$. =>

$$\vartheta_{ит}^2 = \vartheta_{мкс}^2 + \vartheta_{min}^2 - 2\vartheta_{мкс}\vartheta_{min}\cos\alpha$$

Здесь также видно, что $\vartheta_{min}$ "используется" не оптимальным способом: лучевая составляющая разгоняет тело, а трансверсальн. замедляет. => при отсутствии лучевой состав. уменьшение скорости ~~[illegible]~~ тела ~~[illegible]~~ при одной

Задача 3 (мест 4 из 5)

$\vartheta_{min}$ будет максимальным. А это уже рассмотренный вариант I.

Подставим числа в формулу (4) и получим $\vartheta_{min}$:

(1) $$\vartheta_{min} = \sqrt{GM_\oplus}\left(\frac{1}{\sqrt{r}} - \sqrt{\frac{2}{r} - \frac{\sqrt[3]{4\pi^2}}{\sqrt[3]{4\pi^2 r^3 + 32400GM - 720\pi\sqrt{r^3GM}}}}\right)$$

$G = 6{,}67\cdot10^{-11}$ $M_\oplus = 6\cdot10^{24}$ $\Rightarrow GM = 4\cdot10^{14}$

$\sqrt{GM} \approx 2\cdot10^3\cdot\sqrt{10^5} \approx 2\cdot10^4\cdot\sqrt{10^3} \approx 2\cdot10^4\cdot329$

$r = 6378 + 400 = 6778$ км $= 6778000$ м

$\sqrt{r} \approx \sqrt{68\cdot10^5} \approx 8{,}2\cdot10^2\cdot\sqrt{10} \approx 8{,}2\cdot10^2\cdot3{,}29$

$\frac{2}{r} = \frac{1}{3390000} \approx 3{,}4\cdot10^{-6}$

$4\pi^2 \approx 38{,}72 \Rightarrow \sqrt[3]{4\pi^2} \approx 3{,}4$

$r^3 \approx 3\cdot10^{17}$ м$^3$

$r^3\cdot4\pi^2 \approx 10{,}2\cdot10^{17}$

$32400GM \approx 1{,}3\cdot10^{19}$

$720\pi \approx 2171$

$\sqrt{r^3GM} \approx \sqrt{12\cdot10^{31}} \approx 10^{15}\cdot\sqrt{120} \approx 1{,}1\cdot10^{14}$

$\Rightarrow$

$\sqrt[3]{4\pi^2r^3 + 32400GM - 720\pi\sqrt{r^3GM}} \approx$

$\approx \sqrt[3]{10{,}2\cdot10^{17} + 1{,}3\cdot10^{19} - 2171\cdot1{,}1\cdot10^{14}} \approx$

$\approx \sqrt[3]{1{,}3\cdot10^{19} - 2{,}4\cdot10^{17} + 1\cdot10^{18}} \approx \sqrt[3]{1{,}2\cdot10^{19}} \approx 10^6\sqrt[3]{12}$

(4) $\approx 3{,}5\cdot10^9$

$\Rightarrow \frac{3{,}4}{3{,}5\cdot10^9} \approx \frac{1}{10^9} \approx 10^{-9} \Rightarrow$

$a \approx 10^9$ м $\approx 10^6$ км (мало)

см лист 5 задачи 3

Вычисления на полях:

$6{,}67\cdot6 = 40{,}02$

$333\cdot333 = 110889$

$330\cdot330 = 108900$

$\sqrt{68}$: $81\cdot81 = 6561$; $82\cdot82 = 6724$

$83\cdot83$: $249$, $684$

$6780000 : 2 = 3390000$

$3{,}14\cdot3{,}14 = 9{,}8596$

$3{,}5\cdot3{,}5 = 12{,}25$; $12{,}25\cdot3{,}5 = 42{,}875$

$3{,}3\cdot3{,}3 = 10{,}89$; $10{,}89\cdot3{,}3 = 35{,}937$

$6778000 : 2 = 3389000$

~~$r^3 \approx 3\cdot10^{17}$ м$^3$~~

~~$3r^3 : 4\pi^2 \approx 10{,}2\cdot10^{17}$ м$^3$~~

~~$32400\,GM \approx 1{,}3\cdot10^{19}$~~

~~$720\pi \approx 2171$~~

~~$\sqrt{36M} \approx$~~

Задача 3 (лист 5 из 5)

$3{,}4\cdot10^{-6}$ $10^{-9}$

$\Rightarrow \frac{2}{r} - \frac{1}{10^9} \approx \frac{2}{6{,}78\cdot10^6} - \frac{1}{10^9} \approx$

$\approx \frac{2}{6{,}78\cdot10^6} - 1 \approx 3{,}4\cdot10^{-6} \Rightarrow$

$\sqrt{\frac{2}{6{,}78\cdot10^6}} \approx \sqrt{\frac{1}{3{,}39\cdot10^{6}}}$ $\sqrt{3{,}4}\cdot10^{-3} \Rightarrow$ $\frac{1}{10^3\cdot1{,}72}$

$1{,}9\cdot10^{-3}$

$\frac{1}{\sqrt{r}} \approx \frac{1}{2700}$

$\frac{1}{\sqrt{r}} - \frac{1}{1700} = \frac{1}{2700} - \frac{1}{1700}$

Очевидно, что из-за приближений у нас получилось неточное значение ~~второго~~ вычитаемого (больше чем надо) и $\frac{1}{\sqrt{r}} - \sqrt{\dots} \approx \frac{1}{27000}$ $\Rightarrow$ $\frac{1}{\sqrt{r}} \approx \sqrt{\dots}$

$\Rightarrow v_{min} \approx 2\cdot10^3$ м/с $\approx$

$\approx 2\,\frac{км}{с}$

$6780 \cdot 6780$: $54240$, $47460$, $40880$, $45968400 \approx 4{,}5\cdot10^7$

$r^2 \approx 4{,}5\cdot10^{13}$

$3{,}4 \cdot 3 = 10{,}2$

$3{,}14 \cdot 6{,}78 = 66$

$6780 \cdot 4{,}5$: $13390$, $27120$, $30510{,}0$

$314 \cdot 172$: $628$, $2198$, $2170{,}8$

$32400 \cdot 4 = 1296 \approx 1{,}3\cdot10^3\cdot10^{14}\cdot10^2$

$3\cdot10^{17}$ $10^{15}$

$3{,}6 \cdot 3{,}5$

$11 \cdot 11$: $11$, $11$

$2171 \cdot 11$: $2171$, $2171$, $23881$

$14 \cdot 14$: $56$, $14$, $196$

$10^{18} - 2{,}4\cdot10^{17} = 7{,}6\cdot10^{17}$

$17 \cdot 17 = 119$, $17$, $289$

$1{,}3\cdot10^{19} - 7{,}6\cdot10^{17} =$

$= 130 - 7{,}6 = 122{,}4\cdot10^{17}$

$\approx 1{,}2\cdot10^{19}$

$82 \cdot 3 = 246$, $246$, $27{,}06$

$660\cdot10^4$

$6{,}6\cdot10^6$

$2\cdot10^2$

$19 \cdot 19$: $171$, $19$, $361$

$34 \cdot 3 = 102$

$102 : 4 = 25{,}5$; $8$, $22$