№1 Жук-3 лист 1 из 6

① В максимуме блеска можно увидеть невооружённым взглядом ⇒ зв. величина в максимуме блеска составляет $6^m$ (бывает зрение до $7^m$, но это ва не не у всех и только бывает...), так что пусть $6^m$)

② Проверим влияние эффектов, связанных с конечностью скорости света. Чтобы ими можно было пренебречь нужно, чтобы радиус звезды делённый на скорость света был много меньше периода колебаний:

$$\frac{5\cdot10^2 R_\odot}{c} = \frac{5\cdot10^2\cdot 7\cdot10^5\text{км}}{3\cdot10^5 \frac{\text{км}}{\text{с}}} \approx 10^3\,\text{с} \ll 409\text{ сут} \Rightarrow$$ ва впорядке, на эти эффекты можно забить.

③ Изменение блеска на $16^m - 6^m = 10^m$ зв. величин даёт нам изменение светимости (по ф. Погсона) звезды в $\eta = 10^{0{,}4\cdot10} = 10^4$ раз. Посольку (приблизим звезду АЧТ) ~~на~~ светимость $L$ через радиус $R$ и температуру $T$:

$L = 4\pi R^2 \sigma T^4$, то (т.к. $T = const$ (по условию)): ($L_1$ - минимум блеска, $L_2$ - максимум)

$$L_1 = 4\pi R_1^2 \sigma T^4;\ L_2 = 4\pi R_2^2 \sigma T^4 \Rightarrow \frac{L_2}{L_1} = \frac{R_2^2}{R_1^2} = \eta = 10^4 \Rightarrow \frac{R_2}{R_1} = 10^2$$

$\Rightarrow R_2 = 10^2 R_1$

④ ~~время~~ Среднюю скорость движения оболочки звезды ~~мож~~ можно найти (очевидно) следующим образом ($\tau$ - период звезды):

$$v = 2\frac{R_2 - R_1}{\tau};$$

⑤ Осталось выбрать ~~где $R_2$, а где $R_1$~~ какой из радиусов, $R_1$ или $R_2$, дан нам в условии. Давайте предположим, что дан ~~больший~~ меньший из радиусов, т.е. $R_1 = 5\cdot10^2 R_\odot \Rightarrow R_1 = \frac{5\cdot10^2 R_\odot \cdot 10^2}{10^2}$ $= 5\cdot10^4 R_\odot$

~~$= 5R_\odot$. Тогда, полагая расстояние до звезды~~

~~Оценим~~ Получим температуру звезды при этом очень низкой $T = 2000$K.

Тогда она будет в $\mu$ раз ярче Солнца:

$$\mu = \left(\frac{2000}{6000}\right)^4 \cdot \left(\frac{5\cdot10^4}{1}\right)^2 = \frac{1}{243} \cdot \frac{2{,}5\cdot10\cdot10^8}{1} = \frac{2{,}5\cdot10^9}{3{,}4\cdot10^2} = 10^7\ (!)$$

⑥ Тогда абсолютная зв. величина такого объекта (по ф. Погсона) $M = M_\odot - \frac{7}{0{,}4} = 4{,}7^m - 17{,}5^m$ $= -12{,}8^m$. Абсолютно неправдоподобно ⇒ нам дан ~~больший~~ больший из радиусов.

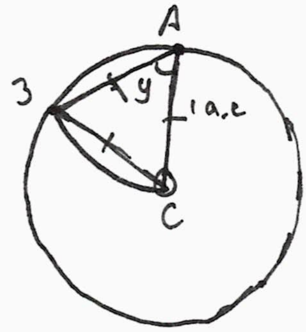
Тогда $R_2 = 5\cdot10^2 R_\odot$; $R_1 = \frac{5\cdot10^2}{10^2} R_\odot = 5R_\odot$

$$\Rightarrow v = 2\cdot\frac{5\cdot10^2 - 5}{409\text{ сут}} R_\odot = \frac{495 R_\odot}{409\text{ сут}}\cdot 2 \approx \frac{10^3 R_\odot}{4\cdot10^2\text{ сут}} \approx 2{,}5\frac{R_\odot}{\text{сут}} = \frac{2{,}5\cdot7\cdot10^5\text{км}}{86400\text{ сек}}$$

$$= \frac{17{,}5\cdot10^5\text{км}}{8{,}64\cdot10^4\text{ сек}} = 2\cdot10^1\text{ км/сек} = 20\frac{\text{км}}{\text{с}}$$

Ответ: $20\frac{\text{км}}{\text{с}}$

№4 Жук 3 лист 2 из 6




① Расстояния до астероида от Солнца (абс. звездная величина) и от наблюдателя одинаково, т.е. угловая площадь всего диска при наблюдении с Солнца и с Земли одинакова.

② ~~В~~ По условию освещенность, создаваемая астероидом, прямо пропорциональна площади освещенной части диска, что при равных расстояниях до наблюдателей ~~соо~~ дает нам, что отношение создаваемых ~~фф даёт~~ освещенностей есть отношение фаз. От Солнца $\Phi_{\odot} = 1$ (очевидно), от Земли $\Phi_{\oplus} = \frac{1+\cos\psi}{2}$, $\psi$ - фазовый угол. Поскольку $CЗ = AC = 1$ а.е, а $AЗ = AC$ по усл., то $\triangle AЗC$ - равност. $\Rightarrow \psi = 60°$; $m_{\oplus}$ - вид. с Земли зв. вел, $m_{\odot}$ - абс.; $E_{\oplus}$ и $E_{\odot}$ - соотв. освещенность

$\Rightarrow \Phi_{\oplus} = \frac{1+\cos 60°}{2} = \frac{1+\frac{\sqrt{3}}{2}}{2} = \frac{1}{2} + \frac{\sqrt{3}}{4}$

$\frac{E_{\odot}}{E_{\oplus}} = 10^{0,4(m_{\oplus}-m_{\odot})}$ $\Rightarrow m_{\oplus} - m_{\odot} = 2,5 \lg \frac{E_{\odot}}{E_{\oplus}} = 2,5 \lg \frac{\Phi_{\odot}}{\Phi_{\oplus}} = 2,5 \lg \frac{1}{\frac{1+\frac{\sqrt{3}}{2}}{2}} = \cancel{\frac{2}{1+\frac{\sqrt{3}}{2}}} =$

$= 2,5 \lg \frac{2}{1+\frac{\sqrt{3}}{2}} = 2,5 \lg \frac{2}{\frac{2+\sqrt{3}}{2}} = 2,5 \lg \frac{4}{2+\sqrt{3}} \approx 2,5 \lg \frac{4}{2+1,72} \approx 2,5 \lg \frac{4}{3,72} \approx \cancel{2,5 \lg 1}$

$= 2,5 \lg 1,08$;

~~1,08·1,08·1,08·1,08·1,08·1,08·1,08·1,08~~. Осталось найти $\lg 1,08$, что проблема сделать ~~lg 1,08~~ сколько-нибудь точно. Поэтому давайте просто будем возводить 1,08 в какую-то степень, пока не получим $\approx 10$:

~~1,08·1,08·1,08·1,08~~ $(1,08)^9 \approx 2$, при этом

$2^3 = 8$; $8 \cdot \frac{10}{8} = 10 = 8 \cdot 1,25 \approx 8 \cdot 1,08^3 \approx (1,08^9)^3 \cdot 1,08^3$

$= 1,08^{30} \Rightarrow \lg 1,08 \approx \frac{1}{30}$

$\Rightarrow \Delta m \approx \frac{2,5}{30} = \frac{5}{\cancel{60}} = \frac{5}{2 \cdot 30} = \frac{5}{6 \cdot 2 \cdot 6} = \frac{1}{2 \cdot 6} \approx \cancel{0,167}^{0,083^m} \approx \cancel{0,1783}^m = \frac{1}{12} \approx 0,083^m$

Ответ: на $\cancel{0,17}\ 0,083^m$. Абсолютная меньше (по величине, но ярче)

№2. Жук-3 лист 3 ~~из~~ 6


(и это очень разумное приближение)

① будем для оценки считать, что высота атмосферы (или наиболее значимая по массе её части) находится на высоте $h \ll R$, тогда можно считать что ~~давление~~ ~~тяготения~~ уск. свободного падения $\approx$ постоянно,

② $\vec{g}$ на поверхности Рен:

$$g = \frac{GM_p}{R^2} = \frac{G\cdot\frac{4}{3}\pi R^{\cancel{3}}\rho}{\cancel{R^2}} = \frac{4}{3}\pi G\rho R;$$

③ Тогда, поскольку атмосфера удерживается ~~за счёт~~ в „равновесии" за счёт давления $p$ у поверхности ($M_A$ - масса атмосферы):

$$gM_A = 4\pi R^2 p \Rightarrow p = \frac{gM_A}{4\pi R^2};$$

④ Найдём теперь массу атмосферы ~~Рен~~. Рен. Она почти полностью состоит из $O_2$, так что масса одной молекулы $m_1$:

$$m_1 = 16\cdot 2\cdot m_p = 32\cdot 1{,}67\cdot 10^{-27}\text{ кг};$$ Тогда масса атмосферы $M_A$:

$$M_A = Nm_1;$$

⑤ Тогда, подставляя $M_A$ из ④ в выражение для ~~③ в~~ $p$ в ③:

$$p = \frac{g}{4\pi R^2}M_A = \frac{4}{3}\pi G\rho R\cdot\frac{1}{4\pi R^2}\cdot N\cdot 32 m_p = \frac{32}{3}\cdot\frac{G\rho m_p N}{R} = \frac{32}{3}\cdot Gm_p\cdot\frac{N\rho}{R}$$

При этом погрешность $\Delta p$ (считая все остальные допущения незначительными):

$$\Delta p = p'\Delta N = \frac{32}{3}Gm_p\cdot\frac{\rho}{R}\cdot\Delta N$$ (но с моей точностью вычислений пока нет смысла её считать)

Тогда:

$$p = \frac{\cancel{32}^{\approx 10}}{\cancel{3}}\cdot \cancel{6{,}67}^{1}\cdot 10^{-11}\cdot 1{,}67\cdot 10^{-27}\cdot 2{,}5\cdot 10^{29}\cdot \cancel{1240}\ \frac{\cancel{1{,}24}^{1}\cdot 10^{3}}{\cancel{364}\ \cancel{3{,}64}}\cdot 10^{-5}\ \text{Па}$$

$$= 1{,}67\cdot 2{,}5\cdot 10^{-27}\cdot 10^{-11}\cdot 10\cdot 10^{29}\cdot 10^{3}\cdot 10\cdot 10^{-5}$$ ; ~~$\Delta p = ...$~~, $\Delta p = \frac{0{,}4\text{ нПа}}{5} \approx 0{,}08\text{ нПа}$ - погрешность в связи с неточностью вычислений её учитывать бессмысленно, да и погрешность ~~считать~~

$$\approx \cancel{4{,}2}\ 4\cdot 10^{-10}\ \text{Па} = 0{,}4\cdot 10^{-9}\ \text{Па} = \cancel{0{,}4\text{ нПа}}$$, ~~$\Delta p = 0{,}4\text{ нПа} \pm$~~ $0{,}4$ ~~$\pm 0{,}08$ нПа~~

То есть давление составляет примерно половину нанопаскаля

Ответ: ~~$p \approx 0{,}5$ нанопаскаля~~ ~~$\approx 0{,}4$~~ $p \approx 0{,}4$ нПа ~~$0{,}4 \pm 0{,}08$ нПа~~

Погрешность $\Delta p$ в предположении, что остальные величины измерены довольно точно

$\Delta p = p'\Delta N = p\cdot\frac{1}{5} = 0{,}08$ нПа, но её бессмысленно пытаться учесть т.к. вычисления ~~малоточны за вред~~ не слишком точно выполнялись

лист 5 из 6   Жук-3

из ЗСМИ $v_1 \sin\alpha R_л = v_2(R_л+h)$

$v_2 = v_1 \sin\alpha \frac{R_л}{R_л+h}$

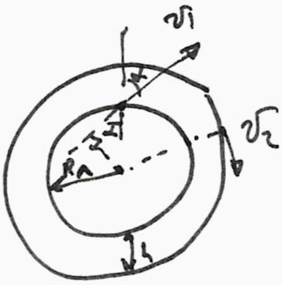


схема запуска:

Для ~~минимизации скор~~ очевидно тогда, что $\sin\alpha$ должен быть равен 1, т.е ~~схема запуска~~ см снизу слева. ~~Тогда Однако~~

~~Не забудем про то знаю что нужно на полярном расстоянии эллипса~~

~~$p = \ldots$~~

⇒ большая полуось такого эллипса $a = \frac{2R_л+h}{2}$

$= R_л + \frac{h}{2} = 1740км + 35км = 1775км \approx R_л$

⇒ $T_{эллипса} \approx T_к$. Тогда он окажется там через половину периода корабля, т.е ~~ст мин~~ ему нужно стартовать тогда, когда корабль окажется над ним в зените. Найдём угол между ними в нач. момент:

$\beta = \arccos\frac{R_л}{R_л+h}$; $1 - \frac{\beta^2}{2} = \frac{R_л}{R_л+h} \Rightarrow \beta^2 = \left(-\frac{R_л}{R_л+h}+1\right)2$

$= \left(\frac{h}{R_л+h}\right)2 = \frac{70\cdot 2}{1810} \approx \frac{1}{13}$ рад$^2$ $\Rightarrow \beta = \sqrt{\frac{1}{13}}$ рад

⇒ запускать нужно через $\tau = \frac{1}{3\sqrt{3}\cdot 2\pi}\cdot T_л \cdot \frac{9\sqrt{5}}{200} \approx$ ~~$\frac{1\cdot\sqrt{5}}{20\cdot 26\cdot\pi}$ $T_л = \frac{29{,}5 \text{ сут}\cdot 2}{20\cdot 36\cdot 3{,}14}$~~

$=$ ~~$\frac{2}{60}$ сут $= \frac{1}{30}$ сут $= \frac{86400}{30}$ сек $= \frac{8640}{3}$ сек $= 2880$ сек $\approx 3\cdot 10^3$ сек~~

~~перпен~~ параллельно горизонту в направлении вращения ~~Луны (которое мы узнать не можем)~~ корабля. Скорость ~~найдем из интеграл~~ очень близка к круговой, $v_1 \approx v_к$

$= \sqrt{\frac{GM_л}{R_л}} \approx \sqrt{\frac{6{,}67\cdot 10^{-11}\cdot 6\cdot 10^{24}}{1{,}738\cdot 10^6\cdot 81}} = \frac{1}{9}\cdot\sqrt{\frac{10^7\cdot 40^{20}}{2\cdot 1}} = \frac{1}{9}\sqrt{10^8\cdot 2} = \frac{10^4}{9}\cdot\sqrt{2} \approx 10^3\sqrt{2} = \sqrt{2}\,\frac{км}{с}$

$\approx 1{,}4\,\frac{км}{с}$

Запускать нужно через время $\tau$:

$\tau = \frac{\beta}{2\pi}\cdot T_к = \frac{\sqrt{\frac{1}{13}}}{2\pi}\cdot\frac{9\sqrt{5}}{200}\cdot 29{,}3$ сут $= \frac{1\sqrt{5}}{3{,}6\cdot 2\pi\cdot 20}\cdot 29{,}3$ сут

$\approx \frac{2{,}2\cdot 29{,}5}{3{,}6\cdot 2\pi\cdot 20}$ сут $= \frac{1{,}5}{3{,}6\cdot\pi}\cdot 86400$ с $= \frac{1{,}5}{3{,}6}\cdot\frac{3600 \text{ сек}}{\pi}\cdot 24$ сек $= \frac{3600}{\pi}$ сек $\approx$ ~~1400~~ 1100 сек

$\approx 20$ мин

Ответ:

~~≈ 20 мин.~~

≈ через 20 минут, запускать перпендикулярно линии поверхность – радиус Луны в сторону вращения корабля, со скоростью примерно 1,4 $\frac{км}{с}$

№5.

① Обратим внимание на то, что у аппарата, находящегося на Луне, в СО связанной с ц.м. Луны уже есть некоторая скорость вращения, равная $v_л$:

$v_л = \frac{2\pi R_л}{T_c}$, $T_c$ – синодический период Луны (и обращения тоже)

$M_л = \frac{M_\oplus}{81} = \frac{6\cdot10^{24}\ кг}{81}$

$T_c = 29{,}3$ сут; $R_л = 1738$ км

$\Rightarrow v_л = \frac{6{,}28\cdot 1738\ км}{29{,}3\ сут}$

Найдем период корабля $T_к$ ~~и скорость скорость~~:

$\frac{T_к^2\cdot M_л}{(R_л+h)^3} = \frac{T_л^2\cdot M_\oplus}{a_л^3} \Rightarrow T_к = T_л\cdot\sqrt{\frac{(R_л+h)^3}{a_л^3}\cdot\frac{M_\oplus}{M_л}} = \sqrt{\left(\frac{1810}{384400}\right)^3\cdot 81}\ T_л$

$= 9\cdot\sqrt{\left(\frac{1}{20}\right)^3}\,T_л = 9\sqrt{\frac{1}{4^3\cdot5^3}}\cdot T_л = \frac{9}{8}\cdot\frac{T_л}{5}\cdot\sqrt{\frac{1}{5}} = \frac{9}{40}T_л\cdot\frac{9\sqrt5}{200}T_л$;

$T_к = \frac{9\sqrt5}{200}T_л < T_л$. $\Rightarrow$ ~~корабль (раз на восходе) для нельзя) определить но~~

Нельзя, к сожалению, из этих данных определить направление обращения корабля), не получится. Вообще $T_к \approx \frac{\sqrt5}{20} = \cancel{0{,}25T_л}$, $0{,}1T_л$.

увы. Так что учесть этот фактор (необходимо) пренебречь вращением Луны

то есть можно (и, увы, необходимо) пренебречь, если это возможно

Тогда „оптимум" траектории очевиден – нужно ~~прост~~ лететь просто ~~вверх~~ так, чтобы иметь нулевую скорость на высоте h но прямой с вертикальному эллипсу). Но это сами им нужно „врезаться" в друг друга. Это неочень разумно, так что нас здесь в дальнейшем интересует эллиптическая траектория (сопряжённая) с апоцентром в точке на высоте h и скоростью, равной скорости корабля $v_к$ ~~и тем на~~

Тогда:

$v_к = \frac{2\pi(R_л+h)}{T_к} = \frac{2\pi\cdot 1810\ км}{9\sqrt5\,T_л}\cdot 200$; $\sqrt{GM_л\left(\frac{2}{R_л+h}-\frac{1}{a}\right)} = v_к$, $a$ – большая полуось такого эллипса.

$\frac{T_к^2\cdot M_л}{(R_л+h)^3} = \frac{4\pi^2}{G}$; $T_к = \frac{2\pi(R_л+h)}{v_к} \Rightarrow \frac{4\pi^2(R_л+h)^2}{v_к^2(R_л+h)^3}\cdot M_л = \frac{4\pi^2}{G}$

$\Rightarrow v_к^2 = \frac{M_л G}{R_л+h} \Rightarrow GM_л\left(\frac{2}{R_л+h}-\frac{1}{a}\right) = \frac{GM_л}{R_л+h} \Rightarrow \frac{2}{R_л+h}-\frac{1}{a} = \frac{1}{R_л+h}$

$\Rightarrow a = R_л+h$

но будем считать, что ~~высоту~~ нас устраивает ~~такой вариант~~ и скорость „гасится" уже по факту ~~на верх~~ в момент встречи (в любом случае это придется делать, т.к. нельзя импульсом старта от нуля иметь апоцентрическую скорость равную круговой)

Итак, ~~нам быстрее~~ по сосольцу у корабля и Лунохода в момент стыковки скорости должны быть примерно равны, импульсы бустера. Притом очевидно, что первый импульс нужно делать как можно более „сильным", а второй – минимизировать. Тогда нам подойдет орбита с апоцентром на высоте $R_л+h$ и как можно более близким от центра Луны перицентром. Стартовую скорость обозначим за $v_0$, у корабля за $v_1$ ~~(понятно)~~ (см след лист)

## №3

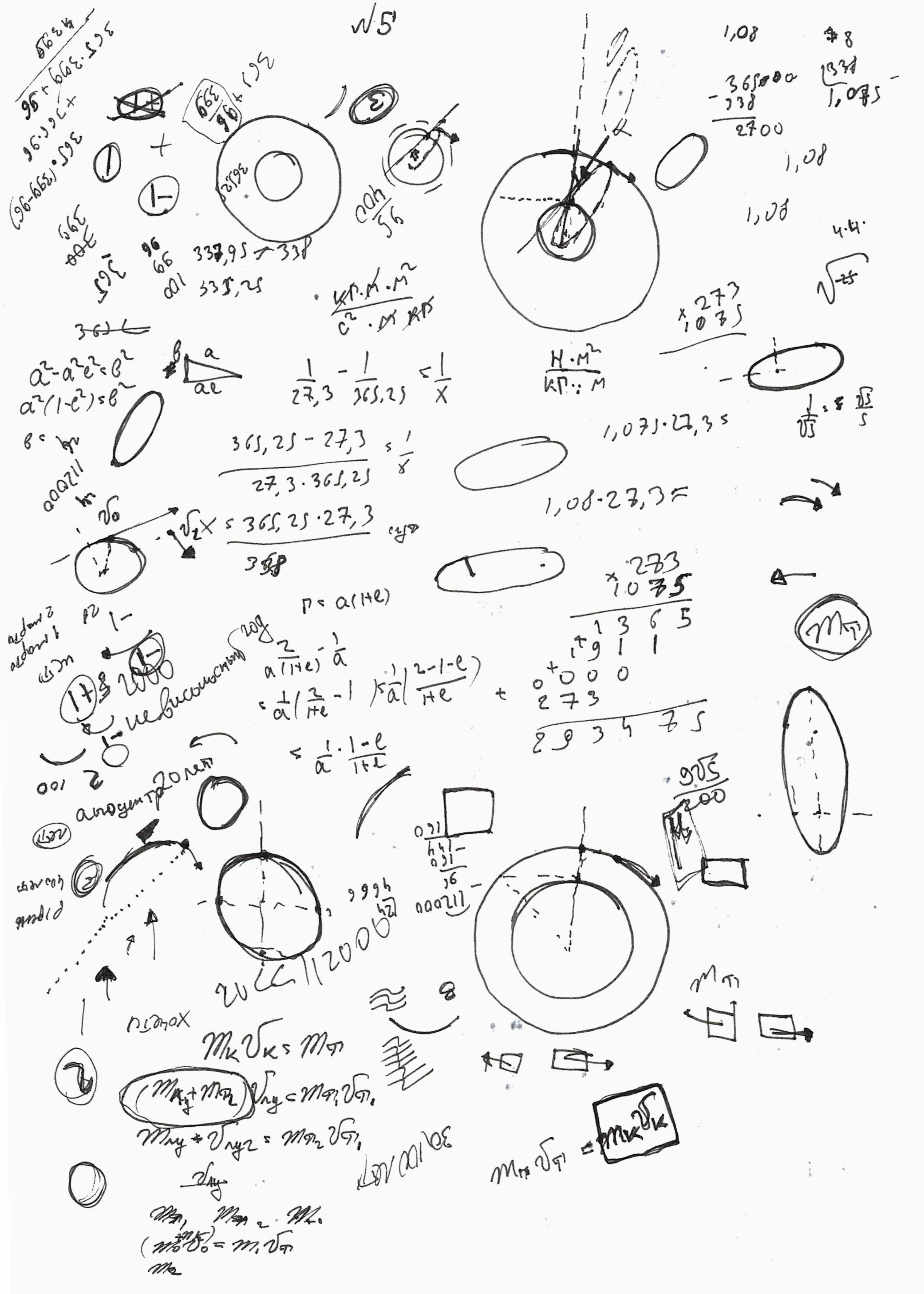
Все возможные влияющие на дату вещи (прохождение перигелия), кроме календарного 400-х летнего цикла и вращения линии апсид за 20 лет ~~[illegible]~~ вполне случились.

• календарь сам отгоняет дат за 400 лет позволит положить ошибку примерно в 0,3 суток ~~1 день~~,
~~которая дает нам выиграть несколько суток (мы сейчас „опережаем" погоду,~~
~~но в январе 2020 сместится~~
~~это отвергли; нужно понять журнала „сирость" в январе 2020 года мы~~

Т.е искомый год $\approx 2020 - \frac{24 \cdot 2 + 4 - 18}{365{,}2422 \cdot 24} \cdot 112000$ лет

$= 2020 - \frac{34 \cdot 112000}{24 \cdot 365} \approx \cancel{4666 \cdot \frac{1}{}}\ 2000 - 4660 \cdot \frac{1}{10} \approx 1500$ год н.э.;

Ответ: $\approx 1500$ год н.э.



№5
1,08
1,08
1,08
1,08
365000
338
2700
1,075
$365 \cdot 399 + 96$
$365 \cdot (399-96)$
$+365 \cdot 96$
$365 + \frac{96}{399}$
365,25
$\frac{96}{400}$
337,95 → 338
333,25
100
99
96
365
400
399
$\frac{кг \cdot м \cdot м^2}{с^2 \cdot м \cdot кг}$
$\frac{Н \cdot м^2}{кг \cdot м}$
$a^2 - a^2e^2 = b^2$
$a^2(1-e^2) = b^2$
$\frac{1}{27,3} - \frac{1}{365,25} = \frac{1}{x}$
$\frac{365,25 - 27,3}{27,3 \cdot 365,25} = \frac{1}{x}$
$x = \frac{365,25 \cdot 27,3}{338}$
1,075 · 27,3 =
1,08 · 27,3 =
112000
$r = a(1+e)$
$\frac{2}{a(1+e)} - \frac{1}{a}$
$= \frac{1}{a}\left(\frac{2}{1+e} - 1\right) = \frac{1}{a}\left(\frac{2-1-e}{1+e}\right)$
$= \frac{1}{a} \cdot \frac{1-e}{1+e}$
273 × 1075 = 293475
невесомость
2000
апоцентр
20 лет
100
112000
4666
$\frac{505}{200}$
$m_к v_к = m_т$
$(m_{к1} + m_{к2}) v_{к} = m_{т1} v_{т1}$
$m_{к} + v_{к2} = m_{т2} v_{т1}$
300 100 лет
$m_т v_т = m_к v_к$

ЛИСТ для вычислений! Жук3

$2{,}5 \cdot 7 = 17{,}5$

$1{,}72 \times 1{,}72 = 2{,}9584$

$35 \times 35 = 1225$

$11664 \times 10800$

$\approx 1{,}26$

1,08

$\boxed{10^{0,1}}$

2 1,1664
3 1,26
4 1,36
5 1,47
6 1,59
7 1,71

$11 \times 11 \times 11 \times 11 = 121 \cdot$

$121 \times 11$

$1{,}21 \times 1{,}1$

$\sqrt[10]{10}$

$1{,}1 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}1 \cdot 1{,}1$

$(10^k) = 1{,}081$

$1{,}08 \cdot 1{,}08 \cdot 1{,}08 \cdot 1{,}08 \cdot 1{,}08 \cdot 1{,}08 \cdot 1{,}08$

$\boxed{1{,}08 \cdot 1{,}08 \cdot 1{,}08 \cdot 1{,}08}$

$a = \frac{R_n + h}{2}$

$\frac{1}{9}$

3600 : 3,14 ≈ 114

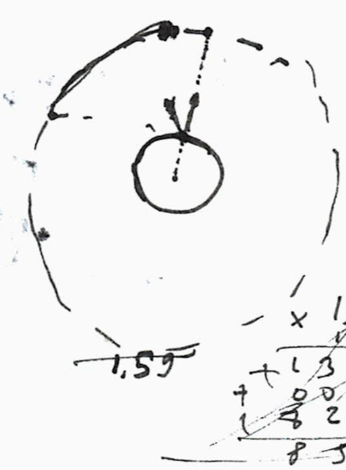
$1{,}47 \times 1{,}08 = 1{,}5876$

$1{,}361 \times 1{,}080 = 1{,}469880$

1,47

1,59 + 0,23 + 0,25

$1{,}59 \times 1{,}08 = 1{,}7172$



$1{,}72 \times 1{,}08 = 1{,}8576$