(1)

$$\omega = \frac{v\sqrt{r'^2-(R\sin\theta)^2}}{r'^2}$$

$$= v\,\frac{\sqrt{R^2\cos^2\theta+(R+h)^2-2(R+h)R\cos\theta}}{R^2+(R+h)^2-2(R+h)R\cos\theta}$$

$$v = \sqrt{\frac{\gamma M}{R+h}} = \text{const}$$

$$\overset{\langle 1\rangle}{\Rightarrow}\ \omega_{max} = \frac{v}{h}$$

Търсиме θ_0, за което

$$\frac{\omega}{\omega_{max}} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{\sqrt{R^2\cos^2\theta_0+(R+h)^2-2(R+h)R\cos\theta_0}}{R^2+(R+h)^2-2(R+h)R\cos\theta_0} = \frac{1}{2h} \qquad \cdot\left(\frac{1}{h^2}\right)$$

$$\frac{1}{\cancel{h}}\cdot\frac{\sqrt{\left(\frac{R}{h}\right)^2\cos^2\theta_0+\left(1+\frac{R}{h}\right)^2-2\frac{R}{h}\left(1+\frac{R}{h}\right)\cos\theta_0}}{\left(\frac{R}{h}\right)^2+\left(1+\frac{R}{h}\right)^2-2\frac{R}{h}\left(1+\frac{R}{h}\right)\cos\theta_0} = \frac{1}{2\cancel{h}}$$

$$\frac{R}{h}\gg 1\ ;\ \left(1+\frac{R}{h}\right)^2 \approx \left(\frac{R}{h}\right)^2+2\left(\frac{R}{h}\right)$$

$$\cancel{\sqrt{\left(\frac{R}{h}\right)^2\cos^2\theta_0+\left(\frac{R}{h}\right)}}$$

$$\frac{\sqrt{\left(\frac{R}{h}\cos\theta_0\right)-\left(1+\frac{R}{h}\right)}^{\,2}}{\left(\frac{R}{h}\right)^2+\left(1+\frac{R}{h}\right)^2-2\frac{R}{h}\left(1+\frac{R}{h}\right)\cos\theta_0} = \frac{1}{2}$$

прав. зависим.

6571000 m

$6{,}67\cdot10^{-11}$ [SI]

$$\frac{r^3}{\tau^2} = \frac{\gamma M}{4\pi^2} \qquad 6\cdot10^{24}\ kg \quad (5{,}972\cdot10^{24}\ kg)$$

орб. пер.

$$\tau = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{\gamma M}} \rightarrow 283{,}72\cdot10^{18}\ m$$

$$\tau = 2\pi\sqrt{\frac{2{,}8372}{6{,}67\cdot5{,}972}\cdot10^7\ s^2} = 2\pi\sqrt{7{,}1\cdot10^7\ s^2} = 2\pi\cdot8{,}37\cdot10^3\ s = 52{,}56\cdot10^3\ s$$

$$\tau \approx 5200\ s$$

пер. въртене Земя

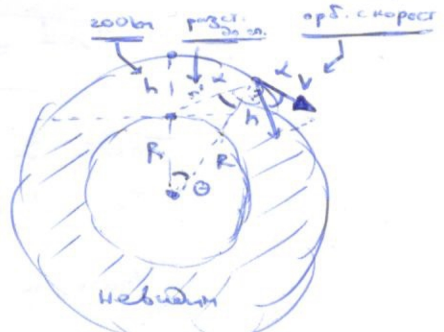
$$T_E \approx 24\cdot3600\ s$$

Освен това
е казано, че спътникът преминава през зенита, но не е казано къде $\Rightarrow$ може да е на екв., на полюса и т.н.

Ние ще пренебрегнем въртенето на Земята, защото точността на ... ще е достатъчно ниска, че ефектът от това пренебрегване да не е осезаем. (все едно ще приемем, че сме на полюса)

$\Rightarrow$ Посоката на въртене по орбитата $\curvearrowleft\curvearrowright$ няма да има значение.

БОО въртенето да бъде по час. стрелка на чертежа



$$\omega = \frac{v\cos\alpha}{r'} \qquad \left(\begin{array}{l} r' \text{ е минимално при } r'=h \\ v\cos\alpha \text{ е макс. при зенита} \end{array} \Rightarrow \begin{array}{l}\text{макс. } \omega \\ \text{в зенита}\end{array}\right) \ \langle 1\rangle$$

$$R+h>R \Rightarrow \alpha<90^\circ \quad (\cos\alpha>0)$$

$$r' = \sqrt{R^2+(R+h)^2-2R(R+h)\cos\theta}$$

$$\frac{r'}{\sin\theta} = \frac{R}{\sin\alpha} \qquad \sin\alpha = \frac{R}{\sqrt{R^2+(R+h)^2-2R(R+h)\cos\theta}}\sin\theta$$

$$\cos\alpha = \sqrt{1-\sin^2\alpha} = \sqrt{1-\frac{(R\sin\theta)^2}{r'^2}} = \frac{\sqrt{r'^2-(R\sin\theta)^2}}{r'}$$

1

(1) [прод.]

$$\left|2\left(\frac{R}{h}\cos\theta_0 - \left(1+\frac{R}{h}\right)\right)\right| = \left(\frac{R}{h}\right)^2 + \left(1+\frac{R}{h}\right)^2 - 2\frac{R}{h}\left(1+\frac{R}{h}\right)\cos\theta_0$$

$$2\left(1+\frac{R}{h} - \frac{R}{h}\cos\theta_0\right) = \left(\frac{R}{h}\right)^2 + \left(1+\frac{R}{h}\right)^2 - 2\frac{R}{h}\left(1+\frac{R}{h}\right)\cos\theta_0$$

$$2 + 2\frac{R}{h} = \left(\frac{R}{h}\right)^2 + \left(1+\frac{R}{h}\right)^2 - 2\left(\frac{R}{h}\right)^2\cos\theta_0$$

$$\cos\theta_0\left(2-\left(\frac{R}{h}\right)^2\right) = \left(\frac{R}{h}\right)^2 + \left(1+\frac{R}{h}\right)^2 - 2 - 2\frac{R}{h}$$

$$2\cos\theta_0 = 1 + \left(1+\frac{h}{R}\right)^2 - 2\left(\frac{h}{R}\right)^2 - 2\left(\frac{h}{R}\right)$$

$h \ll R$ $\qquad \left(1+\frac{h}{R}\right)^2 \approx 1 + 2\frac{h}{R}$

$$2\cos\theta_0 = 2 - 2\left(\frac{h}{R}\right)^2$$

$$\cos\theta_0 = 1 - \left(\frac{h}{R}\right)^2$$

При някои k в $h = kR$

$\cos\theta_0 \notin [-1;1]$, защото минималната ω е повече от $\frac{1}{2}$ максималната.

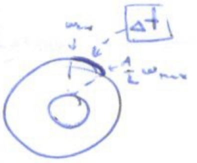
θ_0 очевидно е малък ъгъл

$$\Rightarrow \cos\theta_0 \approx 1 - \frac{\theta_0[rad]^2}{2}$$

$$\theta_0[rad]^2 = 2\left(\frac{h}{R}\right)^2$$

$$\underset{[rad]}{\theta_0} = \sqrt{2}\,\frac{h}{R}$$

$$\Rightarrow \Delta t = \frac{\theta_0}{2\pi}\tau = \frac{\sqrt{2}}{2\pi}\cdot\frac{h}{R}\cdot\tau = \frac{7,07}{3,14}\cdot 2\cdot\frac{52000}{6371}\,s = 2,25\cdot 2\cdot 8,16\,s = 36,72\,s$$



Закръгляне подходящо:

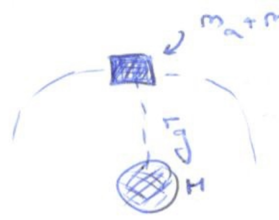
$$\boxed{\Delta t \approx 40\,s}$$

(не отчетохме въртене на Земята, смятаме грубо)

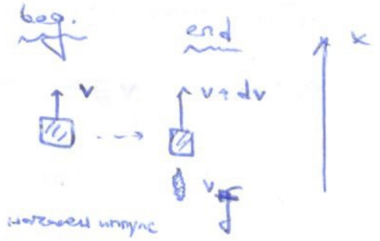
! Трябва да се има предвид, че Δt е времето след преминаване на зенита.

Иначе, за цял период времето с толкова скорост над $\frac{1}{2}\omega_{max}$ е $2\Delta t \approx 75\,s$.

⑤ На геостационарна орбита ($\overset{\text{радиус}}{r_g} \approx 42100$ km) няма триене от атм., което да се компенсира. Разумно е да предположим, че двигателите сработят относително съкратени.



Нека в някакъв момент скоростта на кораба е v, а разст. до Земята е r



промяна в скоростта	избран знак:
	$dv > 0$
промяна в маса гориво	$dm_f > 0$
скорост гориво в ИОС	$v_f < 0$

начален импулс

$$p_{beg} = (m_a + m_f)\, v$$

краен импулс

$$p_{end} = (m_a + m_f - dm_f)(v + dv) + v_f\, dm_f$$

$$p_{end} = (m_a + m_f)(v + dv) - dm_f\, v - \cancel{dm_f \cdot dv} + v_f\, dm_f$$

$$p_{end} = (m_a + m_f)(v + dv) - (v - v_f)\, dm_f$$

$$p_{end} = (m_a + m_f)(v + dv) - v_{sp}\, dm_f$$

v_{sp} – относителна скорост на газа на горивото спрямо апарата $= 4500$ m/s

$\boxed{I}$

$$p_{end} - p_{beg} = (m_a + m_f)\, dv - v_{sp}\, dm_f$$

Ако нямаме гравитация, $p_{end} - p_{beg} = 0$

Но има, като $dp = F_g\, dt$ (грав. сила)

$$F_g = \frac{\gamma (m_a + m_f) M}{r^2}$$

(грав. конст.; маса Земя; разст. до център Земя)

$$\Rightarrow p_{end} - p_{beg} = -F\, dt$$

$$(m_a + m_f)\, dv + \frac{\gamma (m_a + m_f) M}{r^2} dt - v_{sp}\, dm_f = 0$$

$$\left(\frac{dv}{dt} + \frac{\gamma M}{r^2}\right) = v_{sp} \frac{dm_f / dt}{m_a + m_f}$$

$$\left(dv + \frac{\gamma M}{r^2} dt\right) = \frac{dm_f}{m_a + m_f} v_{sp}; \quad dv = \frac{dr}{dt}$$

$v_E \approx 29{,}7$ km/s → орб. скорост Земя

За напускане на Слънчевата система апаратът трябва да има скорост $\sqrt{2}\, v_E$ относно Слънцето

$\Rightarrow (\sqrt{2} - 1)\, v_E$ относно Земята

след „напускане" на нейното гравитационно „поле".

Самото „напускане" също таксува няколко km/s:

$$\frac{m v_{beg}^2}{2} - \frac{\gamma m M}{r_0} = \frac{m\left((\sqrt{2} - 1) v_E\right)^2}{2}$$

(m = $m_a + m_f$; v_{beg} – нач. скорост; r_0 – нач. разст. до Земя; $(\sqrt{2}-1)v_E$ – скорост при напускане на грав. поле)

$\boxed{II}$

Обикновено става дума за ~ 2 km/s изгубени от v_{beg} до $(\sqrt{2} - 1)\, v_E$ (при $r_0 = R = 6400$ km/s)

Но сега изстрелваме от геостационарна орбита

$\Rightarrow$ Загубата на скорост ще е $\ll 2$ km/s.

$\Rightarrow$ При движението на апарата може да пренебрегнем влиянието на гравит. сила:

$$p_{end} - p_{beg} = 0$$

$$(m_a + m_f)\, dv = v_{sp}\, dm_f$$

$$\int_0^{v_{final}} \frac{dv}{v_{sp}} = \int_{7{,}4t}^{1t} \frac{d(m_f + m_a)}{m_a + m_f}$$

вече отчитаме, че истинският знак е $d(m_f + m_a) < 0$

$$\frac{v_{final}}{v_{sp}} = \ln\left(\frac{1t}{7{,}4t}\right)$$

$$v_{final} = v_{sp}(\ln 7{,}4)$$

$$7{,}4 \approx e^2$$

$$v_{final} = v_{sp} \cdot 2 \quad \boxed{3}$$

$$\approx 9\ \text{km/s}$$

$(\sqrt{2}-1)\,v_E \approx 0{,}41 \cdot 29{,}7\ km/s \Leftrightarrow 12{,}177\ km/s \approx 12{,}2\ km/s > v_{final}$

Това само по себе си не е точно, защото афелият на новата орбита може да стига до Юпитер;

Проверка: $\cancel{v_p r_p = v_a r_a}$ (r_p → 1AU)

$$v_p = \sqrt{\gamma M_\odot \left(\frac{2}{r'} - \frac{1}{a}\right)}$$

v_p → $2v_{sp} + v_E$; $M_\odot$ → $2 \cdot 10^{30}$ kg няма ги; r' → 1AU; a → нова голяма полуос на орбитата

$$v_E = \sqrt{\frac{\gamma M_\odot}{r'}}$$

$$1 + \underbrace{\frac{2v_{sp}}{v_E}}_{\approx \frac{9}{30}} = \frac{v_p}{v_E} = \sqrt{2 - \frac{r'}{a}}$$

$$2 - \frac{r'}{a} \approx 1 + 2 \cdot \frac{9}{30} + \frac{9}{9} \cdot \frac{1}{10} = \boxed{\frac{8}{8}}\ \frac{152}{90}$$

$$\frac{r'}{a} \approx \frac{28}{90}$$

$$a = \frac{90}{28} r \approx 3{,}2\ AU = \frac{1AU + r_a}{2}$$

r_a → аф. разст. на апарата

$r_a = 5{,}4\ AU > 5{,}1\ AU \equiv r_J$

r_J → рад. орб. Юпитер

$\Rightarrow$ Възможен е грав. прашка от Юпитер, ако Юпитер е на правилното място

орб. скорост Юпитер v_J: $\quad \frac{v_J}{v_E} = \sqrt{\frac{r_E}{r_J}} = \sqrt{\frac{1}{5}} \approx 0{,}45$

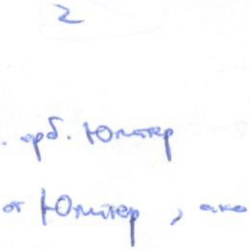
$v_J \approx 13{,}5\ km/s$

За афелийната скорост на апарата ($\approx$ тази, с която той стига при Юпитер):

$v_a r_a = v_p r_p$ (r_a → 5,1AU; r_p → 1AU; v_p → 39 km/s)

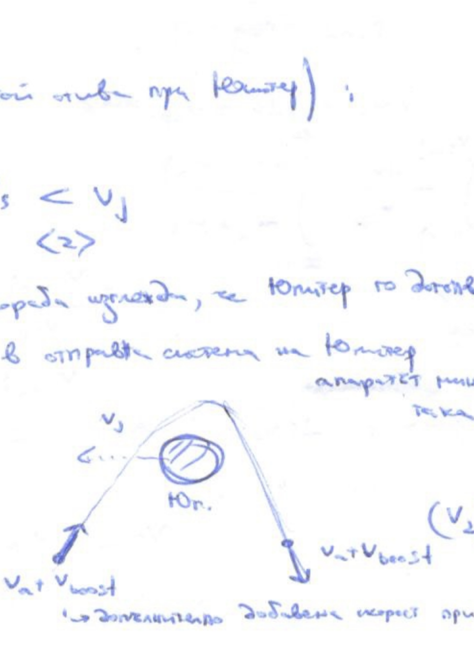
$$v_a \approx \frac{39}{5}\ km/s \approx 8\ km/s < v_J \quad \langle 2 \rangle$$

$\langle 2 \rangle \Rightarrow$ ситуацията е такава



за кораба изглежда, че Юпитер го догонва

$\Rightarrow$ в отправна система на Юпитер апаратът минава така



v_{boost} → допълнително добавена скорост при промяна на ос

(3) прод.

$v_{boost} \sim v_J$

Ако сега преминем обратно към ОС на слънчевата система, в новата скорост на апарата (v_2) трябва да добавим още $\sim v_J$

⇒ общо влияние скоростта е $\sim 2v_J$ при гравит. прашка

⇒ след нея корабът ще може да напусне Сл. система

(т.к. скоростта му ще е над $\sqrt{2}v_J$ $(v_2 > \sqrt{2}v_J)$)

⇒ $\boxed{\text{Да, с грав. прашка от Юпитер}}$

(4) CMB: $T \approx 3K$:

$\Rightarrow \underbrace{20 \cdot 2{,}7K^3}_{=n_{CMB}}$ $cm^{-3}K^{-3}$ $= 540\ cm^{-3}$ фотона от CMB

Галактика

} 300pc дебелина ≡ h

100000 ly диаметър ≡ 30000 pc ≡ d

обем гал. $V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h$

$= \frac{\pi}{4} \cdot (30000)^2 \cdot 300 \cdot 3.10^{55}\ cm^3$

$= \frac{\pi}{4} \cdot 9.10^8 \cdot 3.10^2 \cdot 3.10^{55}\ cm^3$

$= 10^{65} \cdot 9.3.3.\frac{\pi}{4}\ cm^3$

$= 63{,}58.10^{65}\ cm^3$

$\approx 6{,}4.10^{66}\ cm^3$

$1pc = \frac{180.60.60}{\pi}\ AU$

$1AU = 1{,}5.10^{13}\ cm$

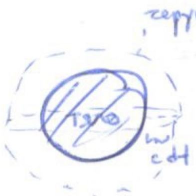
$1pc = 309397.10^{13}\ cm$

$\approx 3{,}1.10^{18}\ cm$

$1pc^3 \approx 2{,}7.11.10^{54}\ cm^3$

$\approx 30.10^{54}\ cm^3$

$\Leftrightarrow 3.10^{55}\ cm^3$



Звезда около площ S и концентрацията стои постоянна, това значи, че идващите фотони = излизащите фотони в черупката

$\Rightarrow S\,c\,dt\,n = dN$

пов. площ звезда; конц.; c: $3.10^8\ m/s$, $3.10^{10}\ cm/s$; dN – бр. фотони в черупка с дебелина cdt

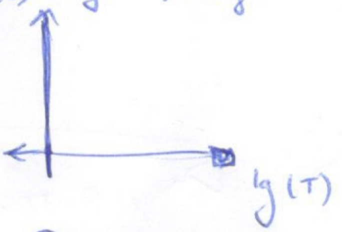
$\Rightarrow \frac{dN}{dt} = nSc = 20\,[cm^{-3}K^{-3}]\ T^3[K]\ S[cm^2]\ 3.10^{10}\,[cm.s^{-1}] = 6.10^{11} \cdot \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{L}{T}$ [cgs]

$\frac{dN}{dt}$ – бр. излъчени фотони за ед. време $[s^{-1}]$

(4)
прод.

Да си спомним вида на HR-диаграма от вида $\lg(L)\ (\lg(T))$.

$\lg(L) = \lg(4\pi R^2) + 4\lg T$



$\forall$ звезди с еднакъв радиус лежат на една права

$\forall$ звезди с прибл. радиус са на доста близки прави

$\frac{kg\, m^2}{s^3}$

Ако пренебрегнем гигантите (много ярки, но малко),

за останалите звезди може да кажем $\frac{L}{T} \sim const \Rightarrow \frac{L_\odot}{T_\odot}$ $3{,}83.10^{26}$ W, 5800 K

$L_\odot = 3{,}83.10^{30}\ \frac{kg\, cm^2}{s^3}$

$\sigma = 5{,}67.10^{-8}\ W K^{-4} m^{-2}$

$\frac{L_\odot}{\sigma}\ [K^4 m^{-2}]$

$\Rightarrow \frac{L_\odot}{\sigma} = \frac{3{,}83.10^{26}}{5{,}67.10^{-8}}\ K^4 m^{2}$

55

$\frac{2}{3}.10^{34}\ K^4 m^{2}$

$\frac{2}{3}.10^{38}\ K^4 cm^{2}$

$\frac{L_\odot}{\sigma T_\odot} = \frac{2}{3}.10^{38}.\frac{1}{6.10^3}\ K^3 cm^{2}$

$\frac{1}{9}.10^{35}\ K^3 cm^2$

$\Rightarrow \frac{dN}{dt} = 6.10^{11}.\frac{1}{9}.10^{35}\ s^{-1}$ за $\forall$ звезда

$\frac{2}{3}.10^{46}$ фотона за $\forall$ звезда

$N = 3.10^9$ звезди в Мл. път

$\Rightarrow$ $k = 2.10^{55}$ фотона на секунда се излъчват в Млечния път

Измежду k няколко част напускат гал. бързо, други остават

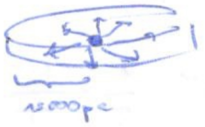
$\alpha = \frac{\pi d h}{\pi d^2}$ остават в галактиката

$\Rightarrow$ При очакваното положение

$k^1 = \alpha.k = \frac{h}{d}.k$ фотона на секунда

$\frac{1}{100}.k = 2.10^{53}$

Да приемем, че $\forall$ фотони се излъчват от центъра на галактиката



15000 pc се изминават със скорост $c = 3.10^8$ m/s

15000 . 3.10^{16} m
45000 . 10^{16} m
$4{,}5.10^{20}$ m

$\Rightarrow$ за време $1{,}5.10^{12}$ s

$\Delta t = \frac{4{,}5.10^{20} m}{c}$

(4) (прод.) Бр. фотони в гал. (от звезди)

е $M_s = \Delta t \cdot k' = 3.10^{65}$

Бр. фотони от CMB е $540 \cdot 6,4 \cdot 10^{64} \approx 3.10^{67}$ M^s_{CMB} => CMB доминира

Закръгляме

$$\boxed{\sim 10^{67} \text{ фотона}}$$

(2) избираме ~~[illegible]~~ James Webb, за да няма ограничения от Земна атмосфера

$\boxed{D \approx 6м}$ Разд. способност $\theta = \frac{1,22 \lambda_{max}}{D} \approx$ 700 nm (IR телескоп)

$d = 6$ cm : обем, в който има 28 гал.

$\frac{\pi D^2}{\pi d^2} = (100)^2$ - умнож. на потока от най-слабата достижима галактика

=> Новата най-малка св. е наблюдена $\frac{1}{(100)^2}$ от предишната (тази с d) ; но осветеност $\sim \frac{1}{r^2}$ ..разст..

=> Вече търсиме 100 пъти по-голямо разст. (Ако крайните гал. на Месие са в куп Дева (15 Mpc), новото макс. разст. е около 1,5 Gpc)

=> $(10^2)^3$ ~~[illegible]~~ пъти повече галактики се наблюдават (≈ 28000000 гал.)

Средно разст. м/у звезди $d_{avg} = 1pc$

Най-далечните наблюдавани галактики дават с отделни звезди

$\frac{d_{avg}}{r} = \alpha$ [rad] ъглов размер на разст. м/у две звезди

$\theta \approx \alpha$ $\frac{1,22 \lambda_{max}}{D} > \frac{1pc}{r_{max}}$ 700.10^{-9} м <=> 7.10^{-7} м; D: 6м

$1,4 . 10^{-7}$

$r_{max} = 10^7 \cdot \frac{1}{1,4}$ pc $\approx 7.10^6$ pc = 7 Mpc

$r_{max} << 1,5$ Gpc => проницаемост способност не е критерий

В r_{max} се влизат само галактики от местната група орб.пер.

③ $\tau = 134$ min

$\gamma M = 39,82 \cdot 10^{13}$ [SI]

рад.орб. $r^3 = \dfrac{\tau^2 \cdot \gamma M}{4\pi^2}$

$\tau^2 = 64641600\ s^2$

$\tau^2 \cdot \gamma M = 25760485,12 \cdot 10^{15}\ m^3$

$2,576 \cdot 10^{22}\ m^3$

$25760 \cdot 10^{18}\ m^3$

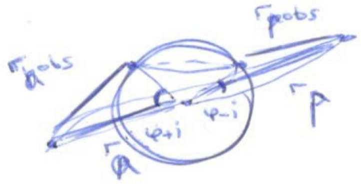
$$r^3 = \frac{\tau^2 \cdot \gamma M}{39,44} = \frac{\cancel{}}{39,44}$$

$\downarrow$ $0,134$

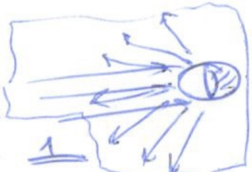
$r_a = r(1+e)$

$r_p = r(1-e)$

- идеалните усл. за наблюдение и в перигей, и в апогей, са когато спътникът е на меридиана.



- И в двата случая за ~~[illegible]~~ осветеност-модел ползване огл. сфера



$$E = \frac{L_\odot}{4\pi r_{E\odot}^2} \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot A \cdot \frac{1}{2\pi r_{aobs,\,pobs}}$$

$d \to 16$ cm; $A \to 1$; $r_{E\odot} \approx 1AU$ и за апг. и за прг.

Трябва съотв. да сравним r_{aobs}, r_{pobs}

$$r_{pobs} = \sqrt{\underbrace{R^2 + r_p^2 - 2r_pR\cos(\varphi - i)}_{>0\ (1)}}$$

$$r_{aobs} = \sqrt{\underbrace{R^2 + r_a^2 - 2r_aR\cos(\varphi+i)}_{<0\ (2)}}\quad \xi > 90^\circ$$

$(1)(2) \Rightarrow r_{aobs} > r_{pobs}$ $\boxed{\text{винаги}}$

$\Rightarrow$ $\boxed{\text{в перигей}}$

(но само ако се вижда над хоризонта при набл. от същия меридиан, трябва да се провери)

② Многод.

r_{max}: не броим галактиките-спътници (не са спирални)

До 7Mpc:

Андромеда (M31)

Триъгълник (M33)

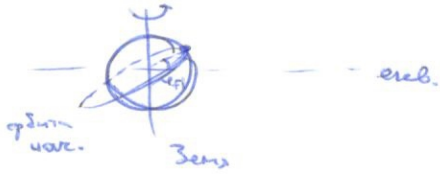
$\Rightarrow \sim 10^0$ галактики

Но даваме отговор $\boxed{2}$

(заедно с Млечния път $\boxed{3}$)

$i = 34°,2$ → ширина на Флорида φ_{Fl}

Може би изстреляна от Кейп Канаверал.



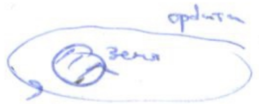
За ориентацията на орбитата може само да правим разумни предположения.

Спътникът е малка сфера.

- Едва ли цяла ракета би изтрвала половин орбита за допълнителни маневри, особено при един от първите спътници.

перигеят най-вероятно се пада над Флорида ($\lambda = 80° W$) $\Rightarrow$ над северното полукълбо, не над южното

- Т.к. изстрелването използва най-вероятно околоосното въртене на Земята, обикалянето става в такава посока



: (гледано от северния полюс)

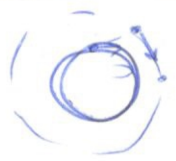
17 март → близо до равнод.

$\boxed{\cos\Theta_0 = \frac{1}{2}}$ $\boxed{1}$ 5 - 2 - 2

1+9 - 8 - 4

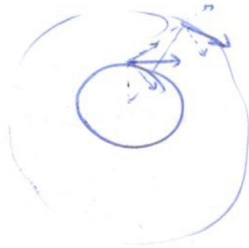
$\boxed{-1}$ -2

$\boxed{\text{земля}}$



6400
47² 48² 32² 33²
32² + 2·32 + 1

134.60
8040
8040 . 8040
32160
64320
64641600
68.60
98.60
108.60



71 45997

5/ 30000
2500
350
5

42000
3500
420
7

6400
240
40

6,28 . 6,28

8,35 . 8,35
4175
2505
6680

6,571 . 6,571
6571
45997
32855
39426
43,178041

32855

$(6,571 . 10^3)^3$

$6,571^3 . 10^{18}$

697225

8,3 . 8,3
249
664
6889

8,4 . 8,4
336
672
7056

6/ 36000
3000
420
6

6,571 . 43,178
52568
45997
6571
19713
26284
283,722638

4200
140
56

3,14

1800
24

6,28 . 8,37
4396
1884
5024
525636

224

4800
160
64

283,72

$2,8372 . 10^{20}$

7 . 3982
14
56
63
21
27874

/ 48000
4000
560
8

3/ 18000
1500
210
3

45 . $\frac{3}{10}$

2,72 . 2,72
544
1904
544
73984

$54471 . 10^6$

4/ 24000
2000
280
4
26284

135

$dt = \frac{dr}{V}$

2,8372
6,67 . 3,972

10^7

10^5

2,718 . 2,718

283,72
39,82

$\frac{dr}{dt} = V$

$\frac{dV}{dt} = a$

4200
420
49

5400
540
63

5544
43

0,43
0,4

6,67 . 5,97
4669
6003
3335
398199

28372 : 3982 = 7,1
- 27874
4980
3982
998

1400
490
14

4,5 . 3,16
270
45
360
3,5720

$\sqrt{0,2}$

90 : 28 = 3,2

84
60

707 : 314 = 2,25
628
790
628
1620

8,16 . 2,

8,16 . 2,25

$\frac{5200}{36}$

$V_{sp} - V_{rel}$

$V_{sp} - V_{rel}$

$\frac{0,707}{3,14} . \frac{200}{6371} . 5800$

2,72 . 2,72
544
1904
544
7,3984

50968

48000
2400
560
8

$\frac{7,07}{3,14} . 2 . \frac{52000}{6371}$

6371 . 8,11
6371
6371
50968
5163881

1160
28

$\frac{4}{3}$ $\boxed{\frac{16}{9}}$

52000 : 6371 = 8,16...
- 50968
10320
- 6371
39490

23,7 . 4,1
237
1188
12,177

0,41 . 23,7
4,1 . 23,7
152
$\frac{94}{30}$ $\frac{8}{30}$
$\frac{90}{90}$

V_J

$V_{sp} - V_J$

$V_{sp} - V_J$

$V_{sp} + V_J$

$\frac{9}{30}$

čerpidla

$64,6 \cdot 10^6 \cdot 39,8 \cdot 10^{13}$

$\cdot 100 \cdot 10^{13}$

16123

15800
328

$646416 \cdot 39,82$

12000
3600
320
8

$4 \cdot 3982$

$39,82 \cdot 646416$

23892
3982
16128
23892
16128
23892

2576048514

18000
5400
480
12

23892

$9,86 \cdot 4$ 3944

1000000
30000
1000
300
23

$3,14 \cdot 3,14$

1248
314
942
98588

$206265 \cdot 1,5 \cdot 10^{13}$

$206265 \cdot 15$

1031323
206265
309397,3

206265

$81 \cdot \frac{\pi}{4}$

$(3+0,1)^3$

$3\left(1+\frac{1}{30}\right)^3$

$3^3 \cdot \frac{11}{10}$ $2,7 \cdot 11 \cdot 10^{33}$

$20,25 \cdot 3,14$

8100
2025
6075
63,5850

lg(L) ... lg(T) K

lg(T)

$81 \cdot \frac{\pi}{4}$

257,6 : 39,4 =

2576 : 39

$\cdot 100$

25760 : 39,44 = 7

$\frac{\sigma T^4 S}{\sigma T} = W K^{-4} m^2$

$150000 \cdot 3 \cdot 10^{11}$ m

$\boxed{W}$

$\boxed{W^{-1}} K^4 m^{-2}$

10