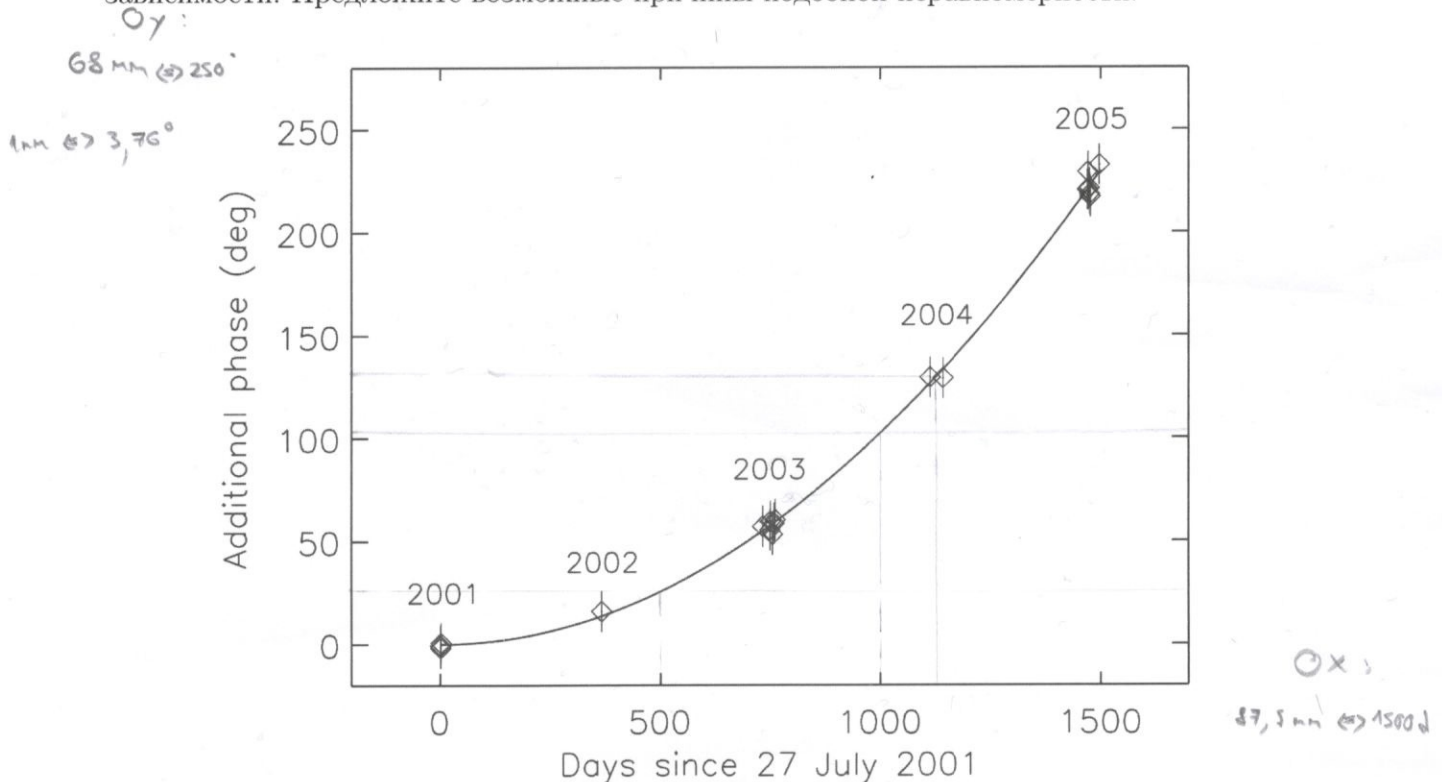




11 класс

1. Астероид 54509 YORP неравномерно вращается вокруг своей оси. На графике ниже показана поправка к фазовому углу в градусах (как функция времени), которую необходимо добавлять к зависимости фазового угла от времени для равномерного вращения, чтобы результат соответствовал наблюдательным данным. Определите вид зависимости наблюдаемого фазового угла от времени и найдите параметры этой зависимости. Предложите возможные причины подобной неравномерности.



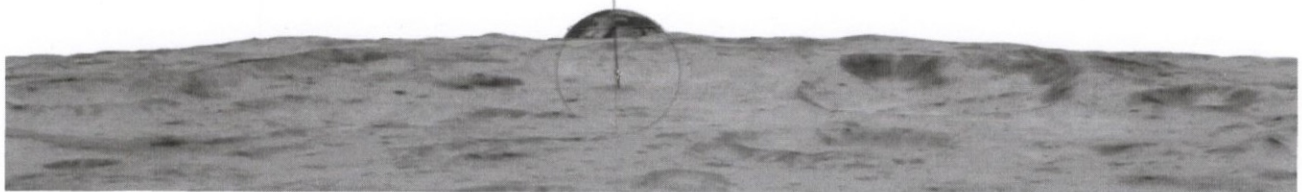
По оси абсцисс отложено время в сутках (начиная с 27 июля 2001 года), по оси ординат — поправка к фазовому углу в градусах. Подписи к точкам на графике — год получения соответствующих данных.

2. Серия снимков Земли на следующей странице была сделана космическим аппаратом, движущимся по круговой орбите вокруг Луны. Оцените, на какой высоте над поверхностью Луны летел аппарат, если известно, что интервал времени между соседними снимками равняется 8 секундам. Можно считать, что масса Луны в 81 раз меньше массы Земли, а диаметр — в 4 раза меньше диаметра Земли.

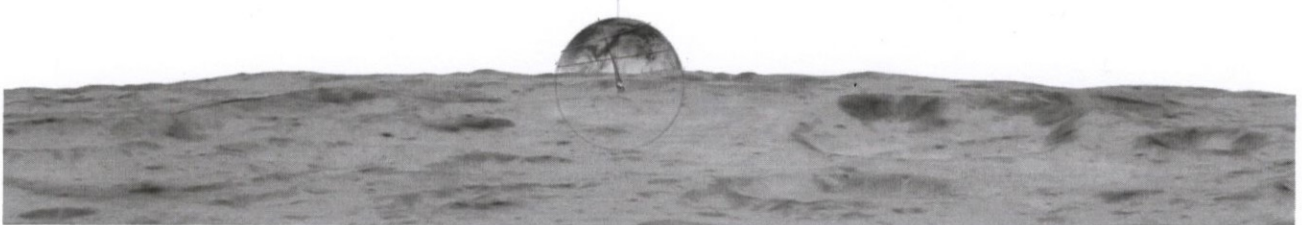
1



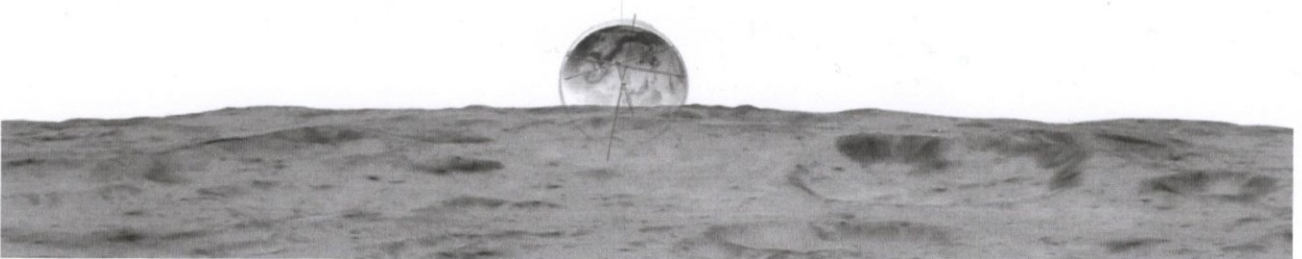
2



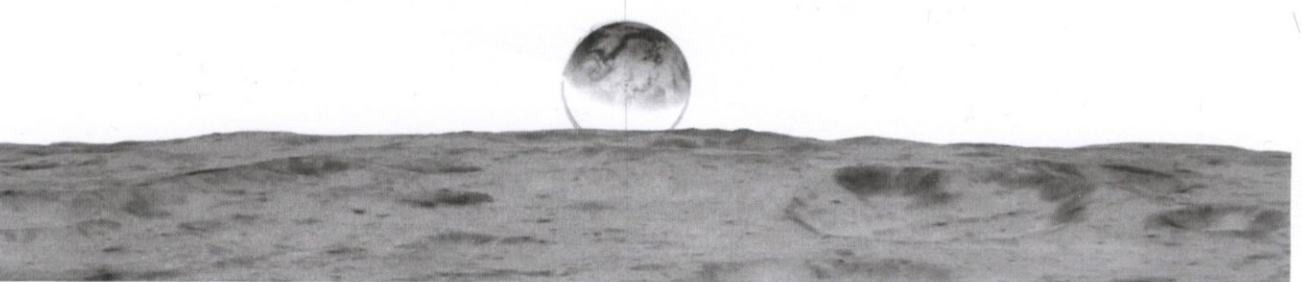
3



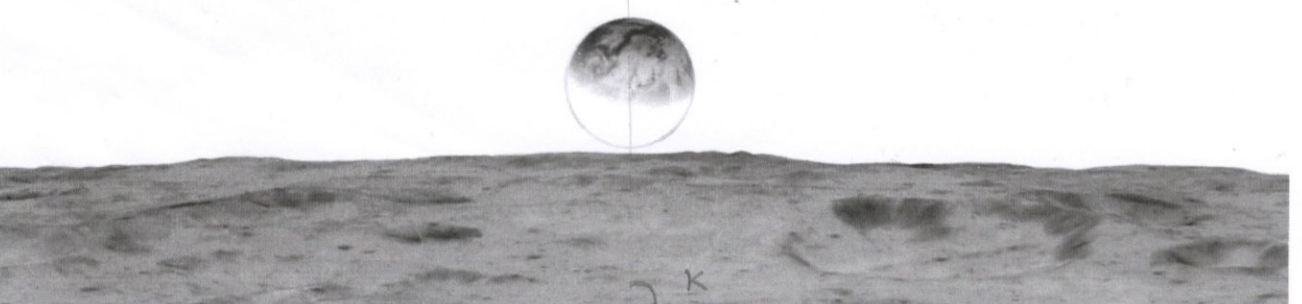
4



5



6



$\kappa \approx 90^\circ$

ПО-СКОРО НЕ

апарат? (по поларна орбита) → "дег. поларно зичение"

2) Мисля, че съм видял тези снимки - Kaguya.

С метод на кръг измерване център на л. Диск. (вж. сн.)

На 5,6 вера зичен код е центърът спрямо обекта

Задано

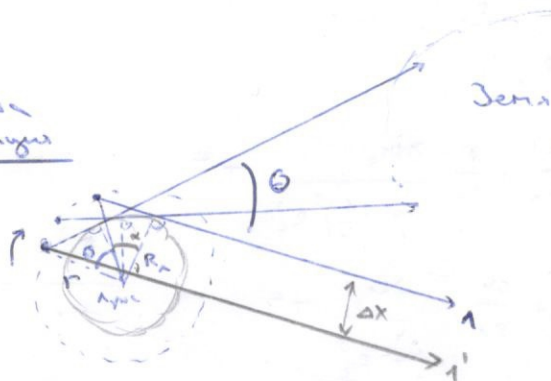
мес $M_A = \frac{1}{81} M_3$

диаметр $d_A = \frac{1}{4} d_3$

→ радиус $R_A = \frac{1}{4} R_3$

Луна / Земля

Примерна ситуация



Видно височината над повърхността на Луната е тук (видно от едновисоко разстояние на Луната)



r - радиус орб.

Завъртането на апарата с θ завърта - диаметралната към Луната с θ.

Височината се определя колко високо е апаратът, движението на Земята по лунната ѝ орбита не е (синхронно въртене).

Точката, от която диаметралната излиза, променя ~~се~~ в пространството.

Ако доп. 1 излизаме от мястото на изхода на сн. 1, изглежда "бук" по разг. на сн. по

(сн. 6)

Землята (вж. 1' с понав.)

Първоначална измяна на θ :

$$\Delta x = r \cos \alpha - r \cos(\theta + \alpha)$$

$$= r \left(-2 \sin \frac{2\alpha + \theta}{2} \sin \frac{-\theta}{2} \right)$$

$$= r \sin \frac{2\alpha + \theta}{2} \sin \frac{\theta}{2}$$

$\cos \alpha = \frac{R_A}{r} \rightarrow \sin \alpha \approx \frac{R_A}{r}$

→ α е малък ъгъл

$1 - \frac{\alpha^2}{2} = \frac{R_A}{r}$

$\frac{r - R_A}{r} = \frac{\alpha^2}{2}$

$\frac{2 - h}{r} = \alpha^2$

$\sqrt{2 \frac{h}{r}} = \alpha \text{ [rad]}$

сакто ако h е малък!

Сред ради.

на Земята:

$\delta_3 = \frac{2R_3}{r_{3A}}$

$\delta_3 [^\circ] = \frac{360}{\pi} \frac{R_3}{r_{3A}} = 1,184^\circ$

6378 km

384000 km

17 mm ± 0,5

16 mm до 29,5 mm от диаметра край на снимката δ = 32 сек.

13,5 mm ⇔ 32 сек.

17 ± 0,5 mm ⇔ 1,184°

⇒ сн. сн. $\omega = 1,184 \cdot \frac{13,5}{17} / 32 \text{ s}$

$\omega = 0,029408^\circ/\text{s}$

(сн. грешка $\frac{\Delta \omega}{\omega} = 0,088$)

като $\theta = 0,942^\circ$

$\Delta x \ll r \cdot \sin \frac{\theta}{2} \ll r$

⇒ 1 - 1' факторът не се отчита!

0,055

1) в δ₃ има относителна грешка от порядък на ε_л поради r_{3A}.

⇒ такава ще има и в ω, $\frac{0,5}{17} = \frac{1}{34} = 0,033$ е сн. грешка поради неопределените изм.

елеваториална орбита ± 1° (2*)



справдане прито 6 рад/с

$$\omega = \frac{360^\circ}{T}$$

$$\Rightarrow T = 12241 \text{ s}$$

(не закриване)

$$\left(u \frac{\Delta T}{T} = 0,088 \right)$$

$$\frac{r^3}{T^2} = \frac{\delta M_A}{4\pi^2}$$

приближените работни уравнения

от уместна относителна грешка

$$(R_A + h)^3 = \frac{\delta M_A}{4\pi^2} T^2$$

$$R_A^3 \left(1 + 3 \frac{h}{R_A} \right) = \frac{\delta M_A}{4\pi^2} T^2$$

$$h \ll R_A$$

$$1 + 3 \frac{h}{R_A} = \frac{1}{81} \frac{\delta M_3}{4\pi^2 \left(\frac{1}{4}\right)^3 R_3^3} T^2$$

$$1 + 3 \frac{h}{R_A} = \frac{64}{81} \cdot \frac{\delta M_3}{4\pi^2 R_3^3} T^2$$

$$1 + 3 \frac{h}{R_A} \approx \frac{64}{81} \cdot \left(\frac{T}{T_3} \right)^2$$

$$\frac{R_3^3}{T_3^2} = \frac{\delta M_3}{4\pi^2}$$

период на числеността на Зенита

88 min · 60 s = 5280 s

орбитално от $\langle A \rangle$

$$h \ll R_A$$

⇒ оптичен релатив

$$\left(1 + \frac{h}{R_A} \right)^3 = \frac{64}{81} \cdot \left(\frac{T}{T_3} \right)^2 \quad \} \equiv X ; \quad \frac{\Delta X}{X} = 0,12$$

$$\left(1 + \frac{h}{R_A} \right)^3 = \frac{64}{81} \cdot (2,309)^2 = 5,331$$

$$1 + \frac{h}{R_A} = 1,747$$

но е между

$$1,059 \cdot 1,747 = 1,841$$

$$0,941 \cdot 1,747 = 1,644$$

$$\frac{\Delta Y}{Y} \approx 0,586 \approx 0,055$$

$$1 + \frac{h}{R_A} = 1,74$$

$$\frac{h}{R_A} = 0,747 \quad (u \in (0,644; 0,841))$$

$$R_A = 1738 \text{ km}$$

$$h = 1298 \text{ km} \quad (u \in (1119 \text{ km}; 1459 \text{ km}))$$

дължина 340 km



с среден радиус

$$h = 1300 \pm 170 \text{ km}$$

② - това означава, че радиусът на орбитата е с 170 km по-голям от средния радиус, т.е. дължината на орбитата

Интерпретиране "фазов отпа" като фаза на въртене на астероида (а не като фазов отпа в смисъл на КСК астероидна свинцова)

1) Това по същество е 0-с диаграма! (периодът на началото)

Явно въртенето се забързва с времето спрямо равномерното въртене.

Интерпретиране, че "равномерното въртене" е въртенето на 23.07.2001 (с период T_c).

$$\Psi[\text{deg}] = a \cdot t[d^2]$$

↑
коэф. пр.д.

с началото (0,0)

Топ. фаза / време е параболична зависимост.

Може да се запише функцията по този начин, но няма време за това.

$$100d \Leftrightarrow 103,76^\circ$$

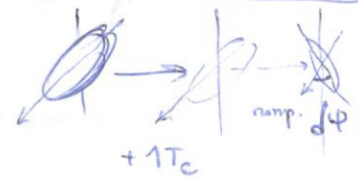
$$\Rightarrow a = 1,0376 \cdot 10^{-4} \text{ deg/d}^2$$

Провериме а с други стойности:

$$\left\{ \begin{array}{l} 500d \Leftrightarrow 26,32^\circ \quad a = 4,2632 \cdot 10^{-6} \text{ deg/d}^2 \\ \quad \quad \quad \quad \quad a = 1,0528 \cdot 10^{-4} \text{ deg/d}^2 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 1095d \Leftrightarrow 33,75^\circ \quad a = 1,0480 \cdot 10^{-4} \text{ deg/d}^2 \end{array} \right.$$

$$a = 1,055 \pm 0,010 \text{ deg/d}^2 \quad (\text{оценка})$$



Приемне, че \forall това забързване периодът се променя с dT (скалообразно). Това трябва да се забележи оттам

$$d\Psi = -\omega_c dT, \text{ където}$$

ω_c е среден
скорост на равномерното
въртене; $\omega_c = \frac{2\pi}{T_c}$

$$\Rightarrow d\Psi \propto dT \quad \langle A \rangle$$

\Rightarrow това съвпада с параболна зависимост



0-с диаграмата е параболна \Rightarrow началното $\&$ периода е линейно:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta y : \sum \frac{2\pi}{T_c} dT \\ \Delta x : \sum dT \end{array} \right.$$

$$T_0 = (1 + \Delta t) T_c$$

нбр. период в даден момент

т.нар.

$$0-c \equiv T_0 - T_c = \Delta t$$

$$\int_0^+ (0-c) dt = \frac{\Delta t^2}{2}$$

аналитично за д.г.вектата фаза: $\langle A \rangle$

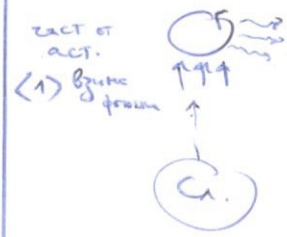
$\Psi_0 \rightarrow$ нбр. отпа
 $\Psi_c \rightarrow$ начален отпа

$$\Psi_0 - \Psi_c \approx \frac{2\pi}{T_c} (0-c)$$

$$\int (\Psi_0 - \Psi_c)^2 \approx \frac{2\pi}{T_c} \frac{\Delta t^2}{2}$$

• Причини:

- (ефект на Яковлев):



$\langle z \rangle$ средна част, سے забързва се, ги преизползва, дълготрайност, за ул. на въртене на астероида (или за забавяне, забавя от посока на въртене)

както казахте

при нте
периодет
и т.н. $\Rightarrow \Delta < 0!$

$$\int (\Psi_0 - \Psi_1) = -\frac{2\pi}{T_c} \frac{\Delta t^2}{2} = -\frac{\pi}{T_c} \Delta t^2$$

$$\Rightarrow O_y: -\frac{\pi}{T_c} \Delta t^2$$

$$O_x: +$$

Ако знаем T_c , може да
измерим темпа на нарастване/намаляване
на периода.

• Причини:

подобен на този за субдукцията
виртуелен на Земята, т.е.

• промени в инерционния момент

ЗЗМ \Rightarrow промени във въртене

\Rightarrow напр. от началце на маса
поради топене на лед,
което се разпръсква и т.н.



ЗЕРНОБА

5000.0

$$\sqrt{5,2 \cdot 10^3}$$

$$\sqrt{252}$$

42

$$\frac{6 \cdot 210}{5}$$

$$\frac{2,309 \cdot 2,309}{20781}$$

20781

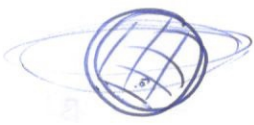
6927

4618

$$\frac{2,331481}{1}$$

$$25,2 \cdot 10^6 = T$$

$$6^3 \left(113 \frac{0,41}{6}\right)$$



$$12241 : 5280 = 2,309$$

$$\begin{array}{r} 12241 \\ - 10560 \\ \hline 16810 \\ - 16520 \\ \hline 29000 \\ - 28000 \\ \hline 1000 \end{array}$$

$$6,4^3 \cdot 10^5 = T^2$$

$$\frac{6,4 \cdot 10^{18}}{T^2} = \frac{6,67 \cdot 10^{-11} \cdot 6 \cdot 10^{24}}{40^2 \cdot 10^{13}}$$



(30)

$$\frac{80 \cdot 60}{-}$$

$$\begin{array}{r} 360 \cdot 6378 \\ - 2880 \\ \hline 2520 \\ - 1080 \\ \hline 2160 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1200000 \\ 400000 \\ 720000 \\ \hline 1320000 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 2400000 \\ 560000 \\ 280000 \\ \hline 2688000 \end{array}$$

$$\frac{375,9}{27} = \frac{27}{4}$$

25

$$\begin{array}{r} 24000 \\ 800 \\ \hline 3200 \end{array}$$

$$5719 : \pi$$

$$\frac{384000}{6371}$$

$$2196080 : 384000 = 5,71$$

$$\begin{array}{r} 2196080 \\ - 1920000 \\ \hline 2760800 \\ - 2688000 \\ \hline 728000 \\ - 384000 \\ \hline 3440000 \end{array}$$

$$\frac{2400000}{720000}$$

$$5719 : 3141 = 1,84$$

$$\begin{array}{r} 3141 \\ - 5780 \\ \hline 26390 \\ - 25128 \\ \hline 12620 \end{array}$$

$$\frac{33,300}{0}$$

$$\frac{190}{33} \rightarrow 1,9$$

$$\frac{(384000)^2}{(27,30)^2} = \frac{(6371)^3}{T^2}$$

$$360 = \omega_{\text{new}} T$$

$$360 = \omega_{\text{old}} T_{\text{old}}$$

$$9,0294$$

$$\frac{1}{1000} \cdot \frac{341:32 = 29,4}{301 - 288}$$

$$117632$$

$$135:$$

$$\frac{1}{10}$$

$$0,941 : 32$$

$$3,12 \cdot 10^8$$

$$\begin{array}{r} 8000 \\ 36000 \\ 1600 \\ \hline 32 \end{array}$$

$$13,5 \cdot 1,184$$

$$\begin{array}{r} 540 \\ 1080 \\ 135 \\ \hline 135 \end{array}$$

$$1593840 : 17 = 94108$$

$$\frac{159}{69}$$

$$15,93840 : 17 = 94108$$

$$94108$$

$$360000000 : 29408 = 12241$$

$$\begin{array}{r} 360000000 \\ - 29408 \\ \hline 65920 \\ - 58816 \\ \hline 71040 \\ - 58816 \\ \hline 122240 \end{array}$$

$$12241$$

-4

$$360 : 0,029408 = 12241$$

$$\begin{array}{r} 360 \\ - 117632 \\ \hline 46080 \end{array}$$

$$\frac{12241}{5280}$$

$$1593840 : 17 = 94108$$

$$\begin{array}{r} 159 \\ - 152 \\ \hline 69 \\ - 68 \\ \hline 10 \\ - 10 \\ \hline 140 \\ - 136 \\ \hline 4 \end{array}$$

$$0,29408$$

$$34108 : 32 = 29408$$

$$\begin{array}{r} 341 \\ - 288 \\ \hline 130 \\ - 128 \\ \hline 280 \end{array}$$



$$\frac{88 \cdot 60}{0}$$

$$528$$

ЦЕЛЮБА

1400
560
63

17.15
113



1,5.

289.17
2023
285
4913



2,56.16



[4/5]

PI

Tc - T0

12236

336
11900
280
56

2,25.1,5

1125
225
5375

700
490
35

1,75.1,75
875
1225
175
30625



4.26,32
8
12
24
8

Tc(1+120)28

7.1,748 | 1,059
3,941

1218

700
490
28

3,0625.1,75

21000
140
50

3,06.1,75
1530
2142
306
53550

103.10²
1.10⁴

4.1,748

4000
2800
160
24

1,74.1,74

696
1218
174
30276

3,028.1,74

12112
21196
3028
526872

0,62
0,08

1/4

1,0376 · 10⁻⁴

8000
5600
320
64

103,76 · 10⁻⁶

103,76 · 10³ 26,32

1,748.1,748

13984
7084
12236
1748
3,055824

7.3056 = 21392

3,056.1,748

24448
12224
21392
3056
5,347888

7.3,2

4200
280
28
2032
4508

26,32
1/2 · 1000

7
280
5600

1800
120
12

6400
320
8

0,941.1,747

941.1747

6587
3764
6587
941
1643,927

644.1738

5152
1932
7.717 4508
49 644
23 43 1119,272
5229

841.1738

6728
2323
5887
941

0,841.1738
1459658

1,059.

1100
120
21

1,059.1744

1659
4236
7386
1059
1841015

747.1738

5976
2241
5229
747
1298286

2500 · 68 = 376
198
520
470
440