

Τροχιές δορυφόρων GPS



I. Η ΤΡΟΧΙΑ ΕΝΟΣ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ ΕΙΝΑΙ ΕΛΛΕΙΨΗ
ΜΕ ΤΟ ΚΕΝΤΡΟ ΜΑΖΑΣ ΤΗΣ ΓΗΣ ΣΕ ΜΙΑ ΕΣΤΙΑ

II. Η ΑΚΤΙΝΑ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ – ΓΗΣ ΣΑΡΩΝΕΙ ΤΗΝ
ΕΛΛΕΙΨΗ ΔΙΑΓΡΑΦΟΝΤΑΣ ΣΕ ΙΣΟΥΣ ΧΡΟΝΟΥΣ
ΙΣΑ ΕΜΒΑΔΑ (..... ΜΕ ΣΤΑΘΕΡΟ ΡΥΘΜΟ)

III. ΤΟ ΤΕΤΡΑΓΩΝΟ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΗΣ
ΕΙΝΑΙ ΑΝΑΛΟΓΟ ΤΟΥ ΚΥΒΟΥ ΤΟΥ ΜΕΓΑΛΟΥ
ΗΜΙΑΞΟΝΑ ΤΗΣ ΕΛΛΕΙΨΗΣ

$$n^2 a^3 = \text{σταθερά}$$



ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ

$T_i \quad i=1,2,3,\dots$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ



ΤΡΟΧΙΑΣ

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ \dot{X} \\ \dot{Y} \\ \dot{Z} \end{bmatrix}_{T_0}$$

ΜΟΝΤΕΛΑ ΠΕΔΙΟΥ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ

ΚΛΠ....

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ \dot{X} \\ \dot{Y} \\ \dot{Z} \end{bmatrix}_{T_0} \quad (\equiv) \quad \begin{bmatrix} \Omega \\ \omega \\ i \\ e \\ M \\ n \end{bmatrix}_{T_0}$$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ



ΕΦΗΜΕΡΙΔΩΝ

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ \dot{X} \\ \dot{Y} \\ \dot{Z} \end{bmatrix}_{T_i}$$

ΓΝΩΣΤΟ ΠΕΔΙΟ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ



$$V = \frac{GM}{r} \left[1 - \sum_{n=2}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} \left[\frac{a_e}{r} \right] J_{nm} P_{nm} [\cos m(\lambda - \lambda_{nm})] \right] \quad J_{20} = 1.08263 \cdot 10^{-3}$$

$$\dot{\Omega} = \frac{3}{2} J_{20} n \left(\frac{a_e}{P} \right)^2 \cos i \dots \quad \Omega = \Omega_0 + \dot{\Omega}(T - T_0)$$

$$\dot{\omega} = \frac{3}{2} J_{20} n \left(\frac{a_e}{P} \right)^2 \left(2 - \frac{5}{2} \sin^2 i \right) \quad \omega = \omega_0 + \dot{\omega}(T - T_0)$$

$$a^3 n^2 = GM \left[\left(1 - \frac{3}{2} J_{20} \left(\frac{a_e}{P} \right)^2 \left(1 - \frac{3}{2} \sin^2 i \right) \sqrt{1 - e^2} \right) + \dots \right]$$

$$\Omega = \Omega_0 + \dot{\Omega}(T - T_0) + \ddot{\Omega}(T - T_0)^2 + \dots$$

$$\omega = \omega_0 + \dot{\omega}(T - T_0) + \ddot{\omega}(T - T_0)^2 + \dots$$

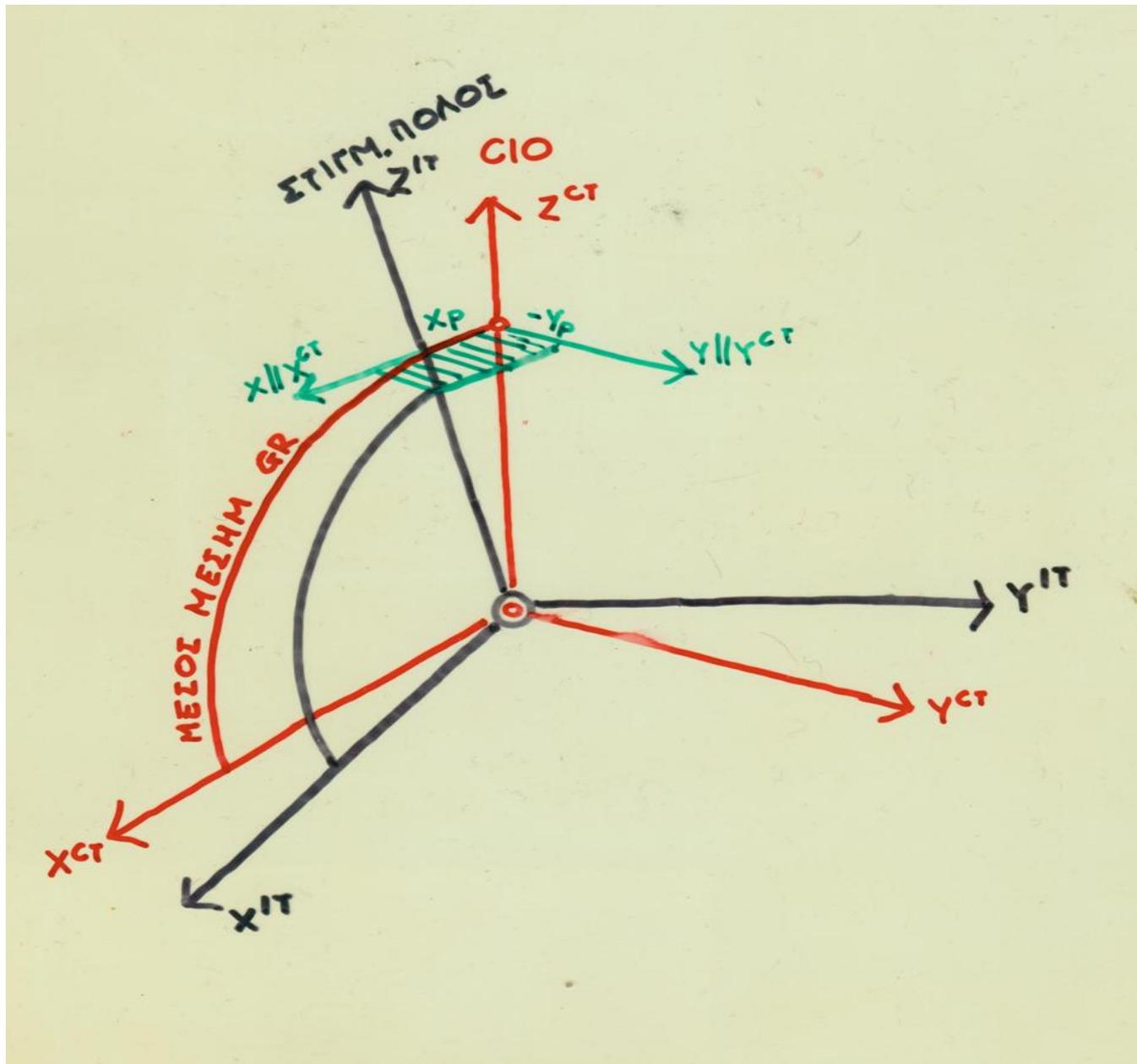
$$i = i_0 + \dot{i}(T - T_0) + \dots$$

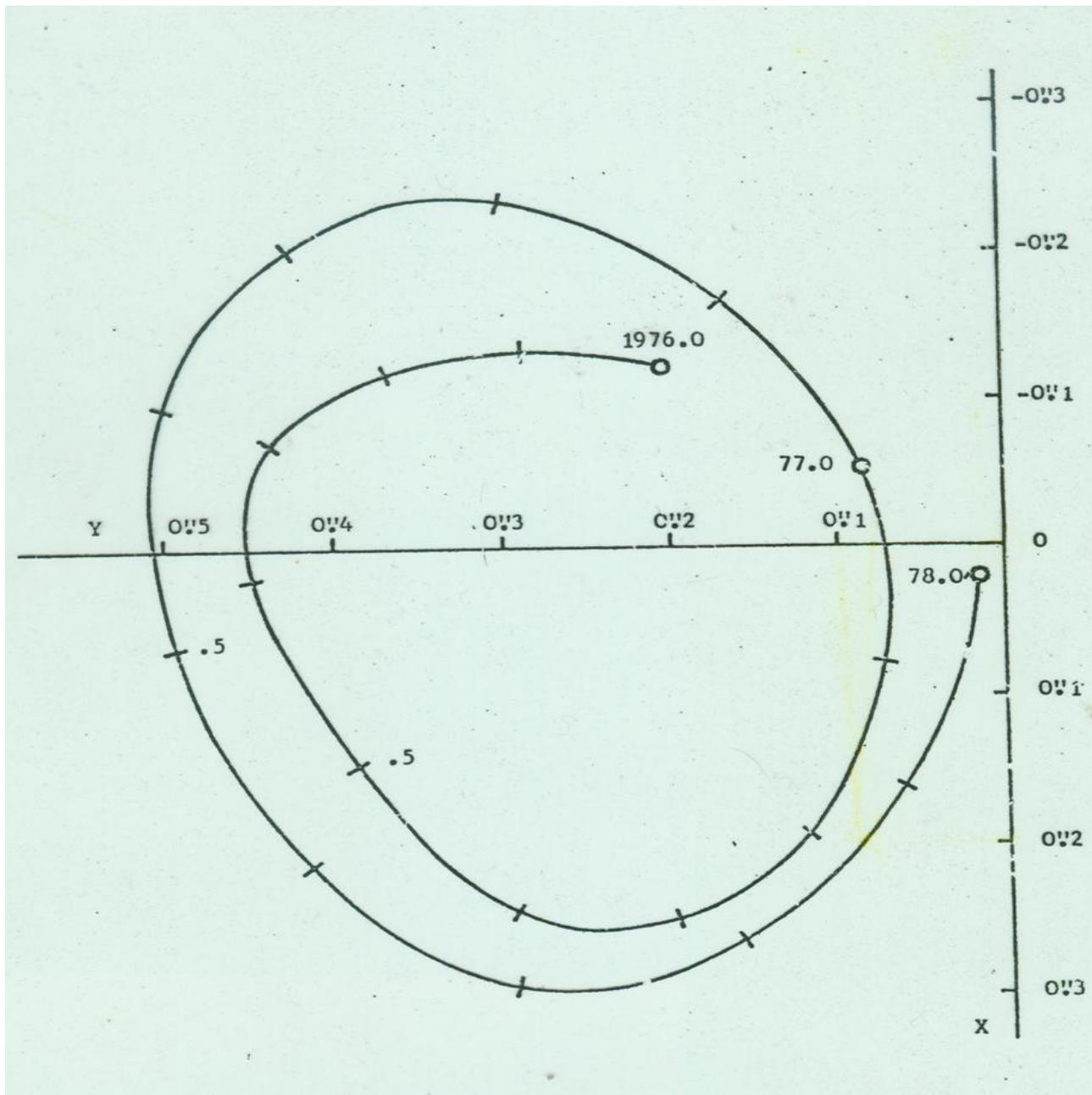
$$e = e_0 + \dot{e}(T - T_0) + \dots$$

$$M = M_0 + n_0(T - T_0) + \frac{1}{2} \dot{n}(T - T_0)^2 + \dots$$

$$n = n_0 + \dot{n}(T - T_0)$$







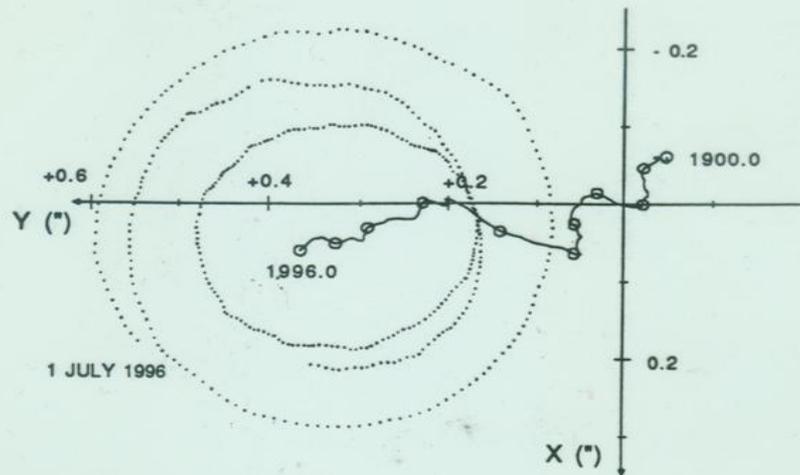


Figure O-1. Polar motion, 1993-1996. Raw values of Table O-4. Solid line: mean pole displacement, 1900-1996.

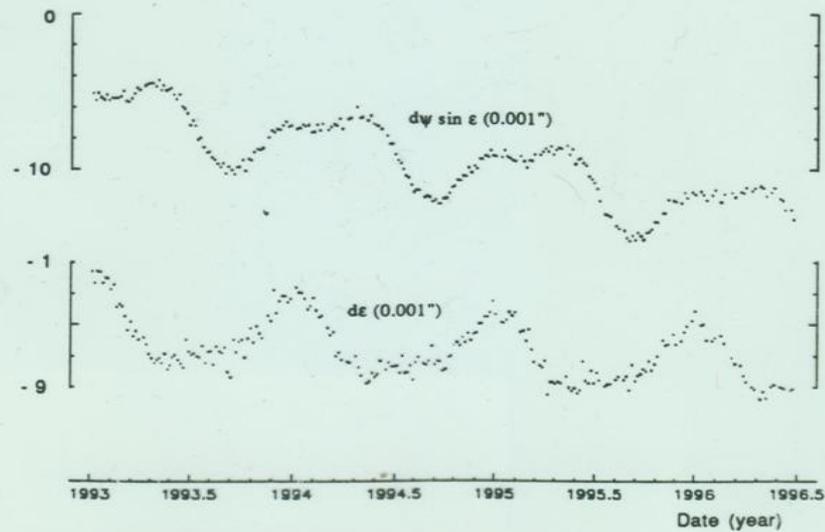
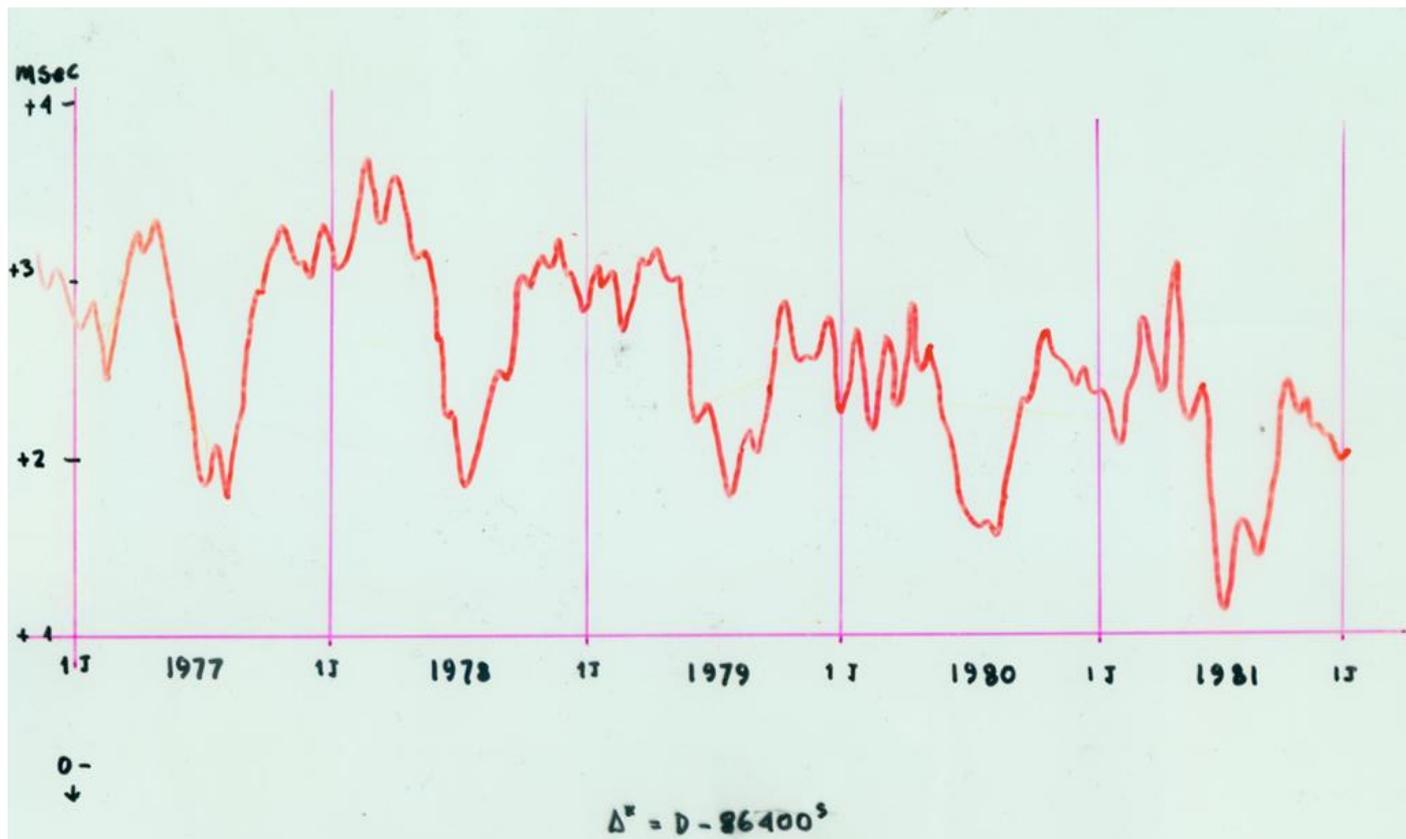


Figure O-2. Celestial pole offsets, 1993-1996. 5-d values of Table O-4.





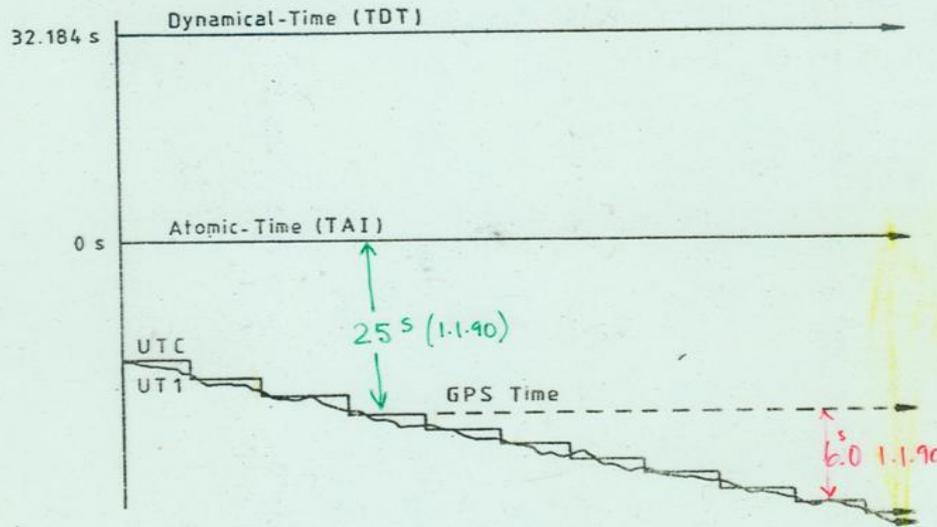


Figure 4.1 Time Standard Relationships.
(Adapted from Quinn 1984)

30^s

$$UTC = TAI + 30^s$$

$$GPST = TAI + 19^s$$

$$UTC = GPST + 11^s$$

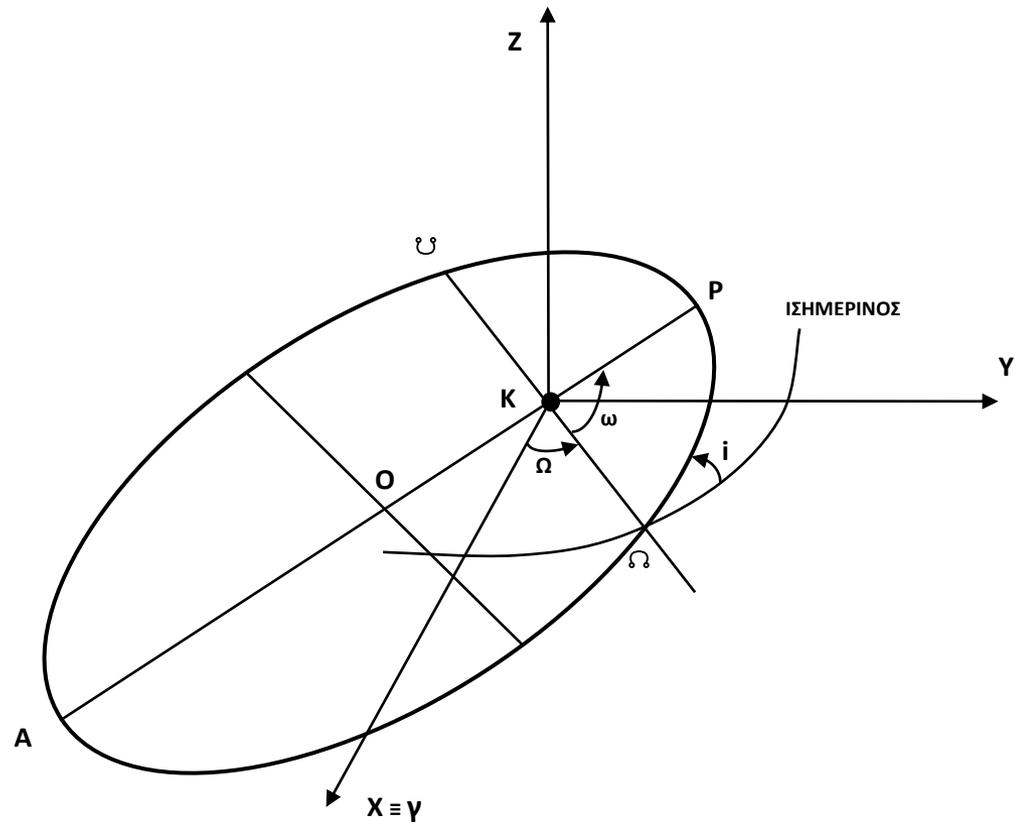
1/7/2015

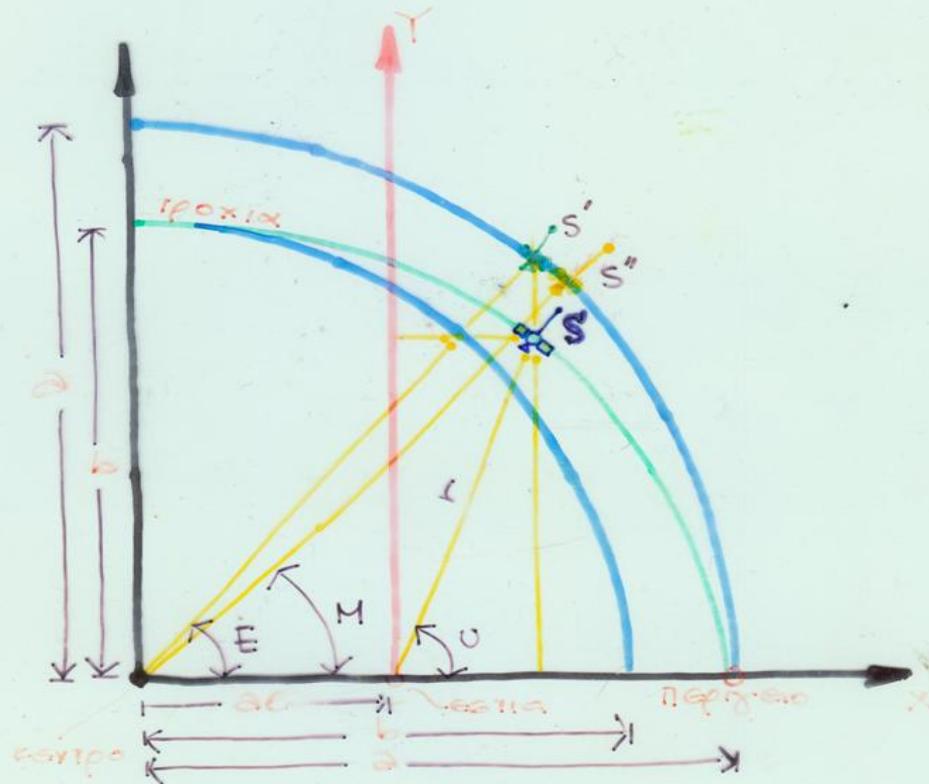
$$UTC = TAI + 36\text{sec}$$

$$GPST = TAI + 19\text{sec}$$

$$UTC = GPST + 17\text{sec}$$







$$M = E - e \sin E$$

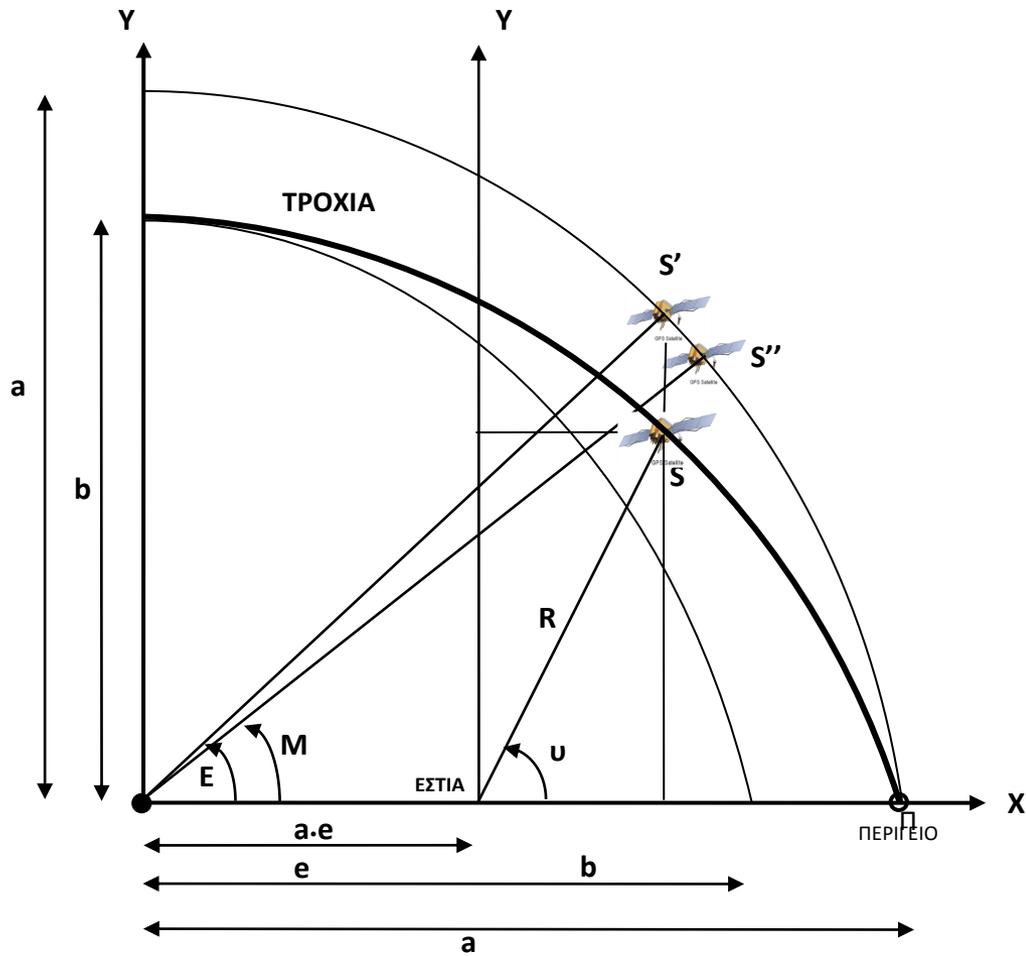
$$\tan \frac{u}{2} = \sqrt{\frac{1+e}{1-e}} \tan \frac{E}{2}$$

$$R = a(1 - e \cos E)$$

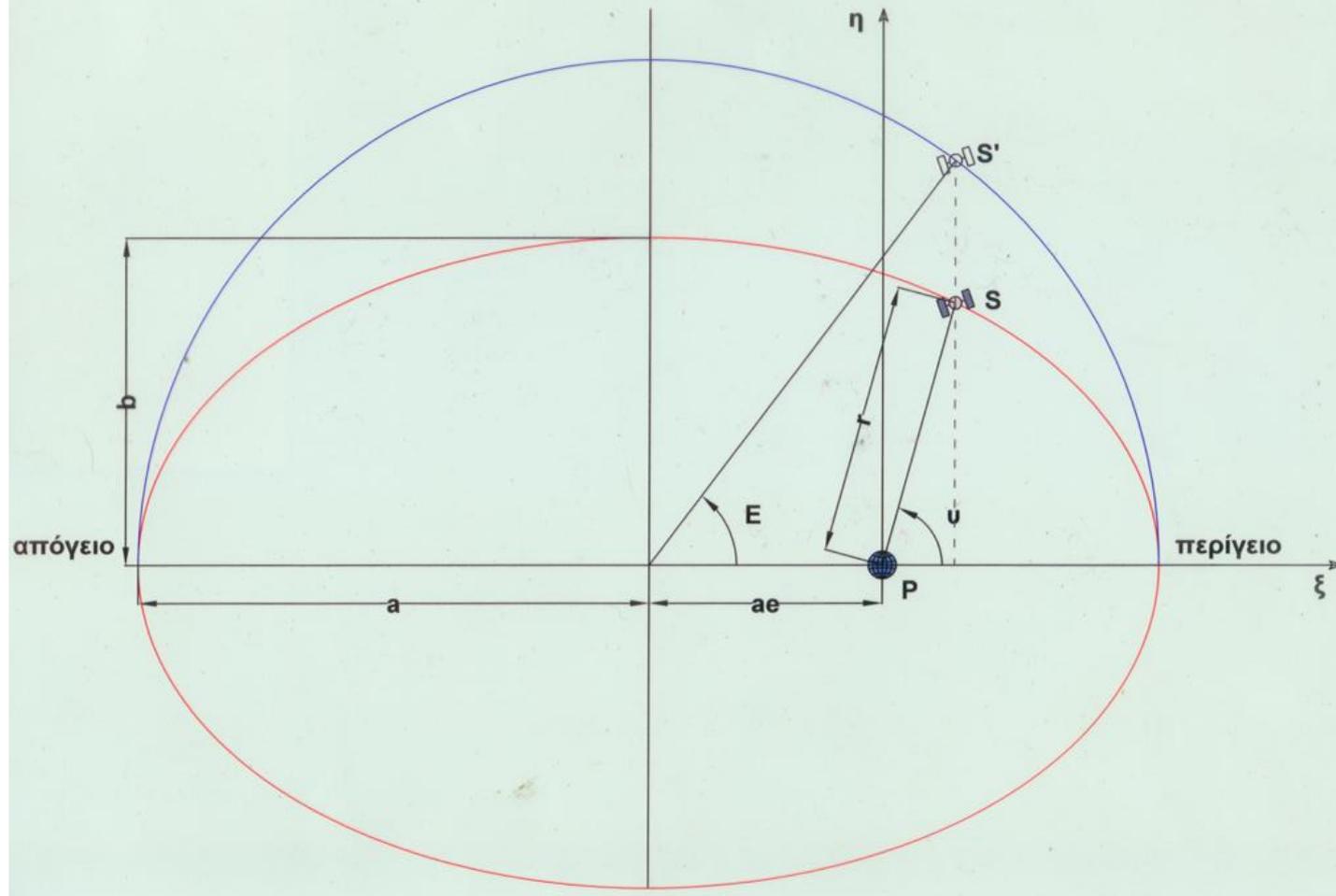
$$x = R \cos u$$

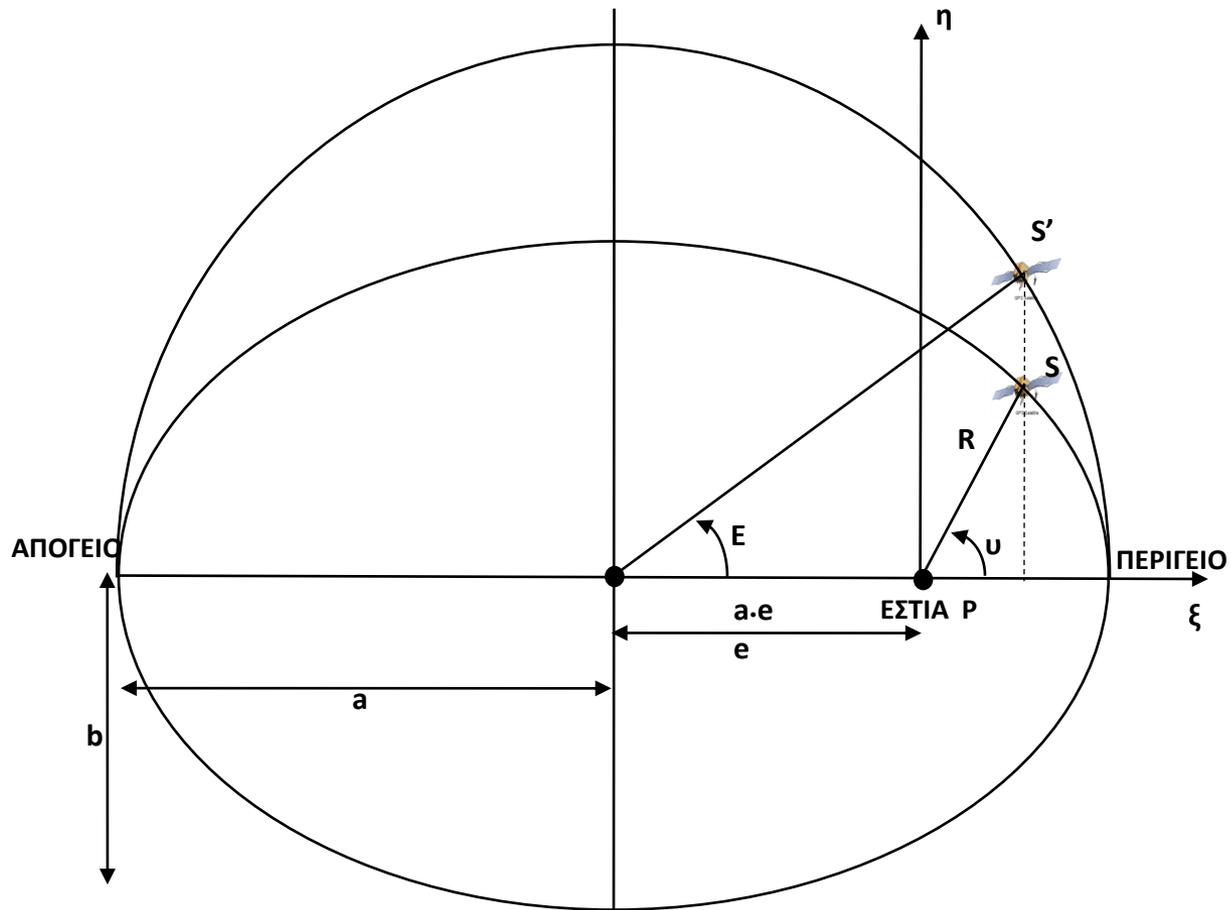
$$y = R \sin u$$

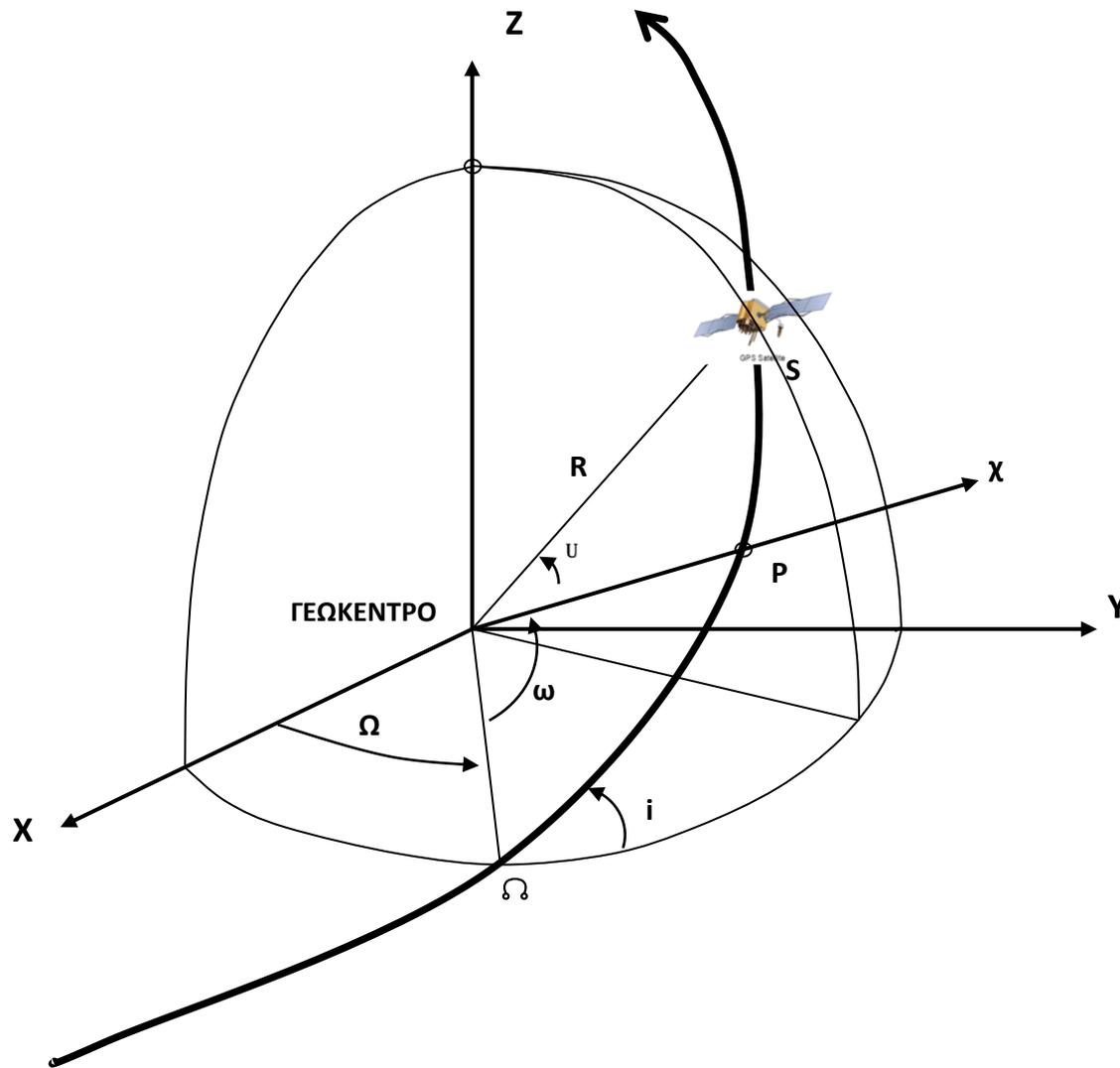


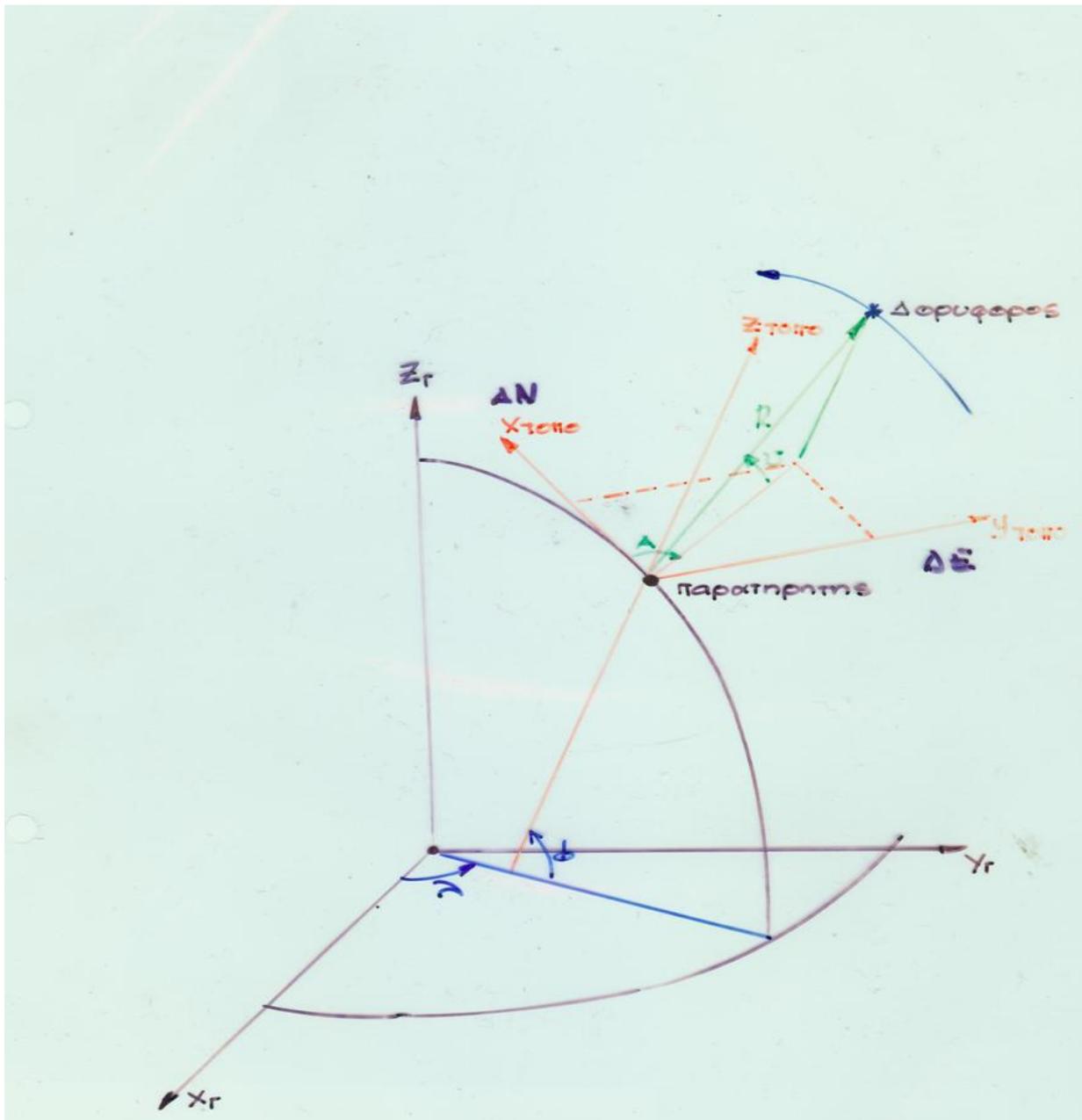


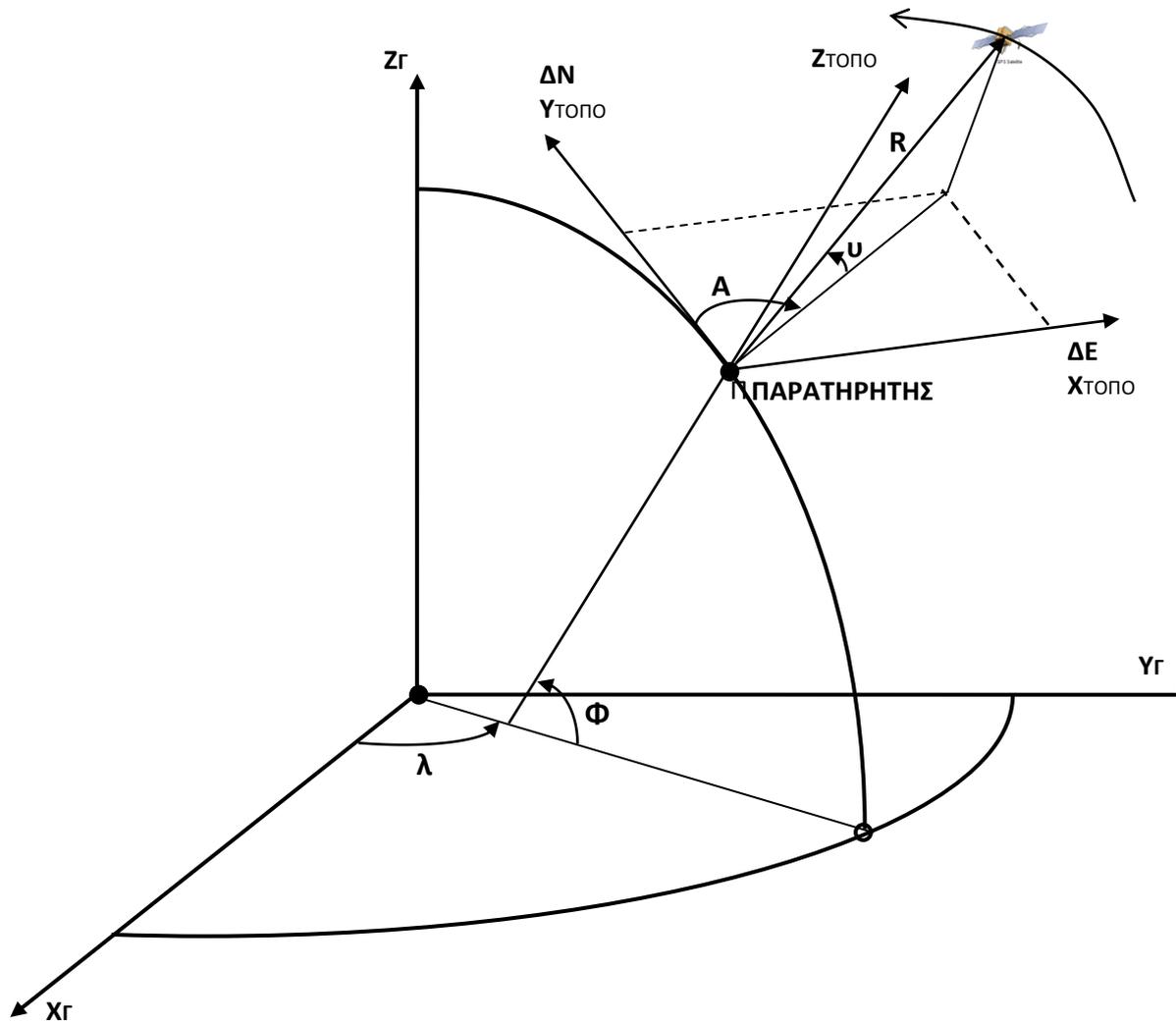
Τροχιακό Επίπεδο





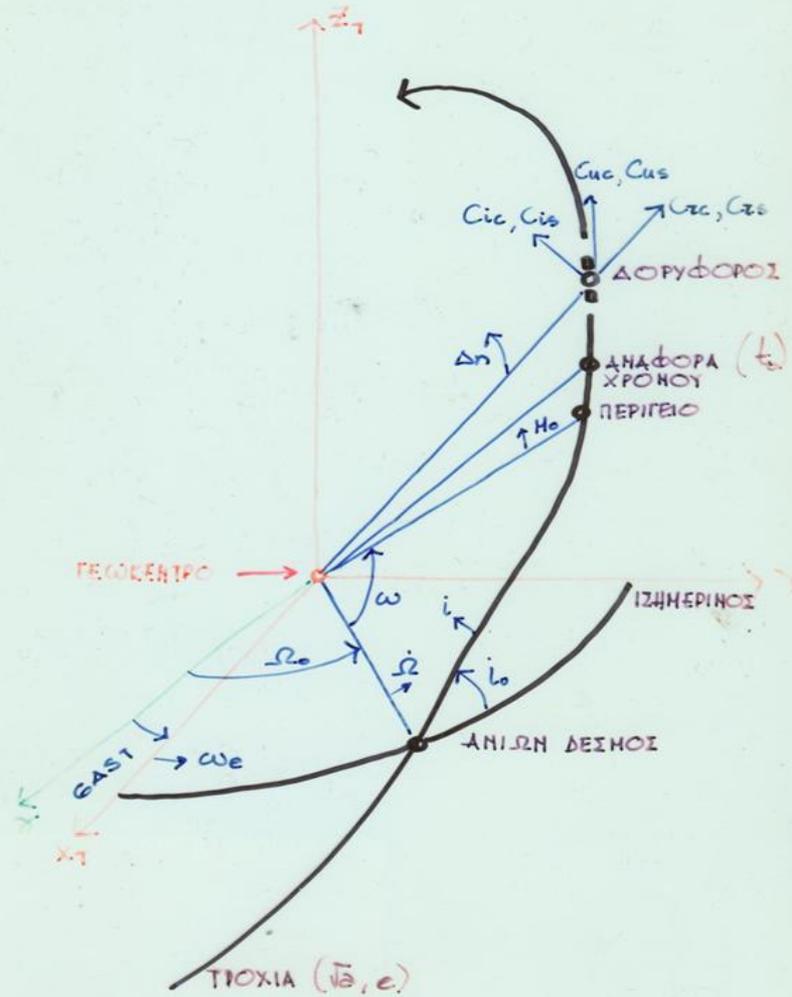


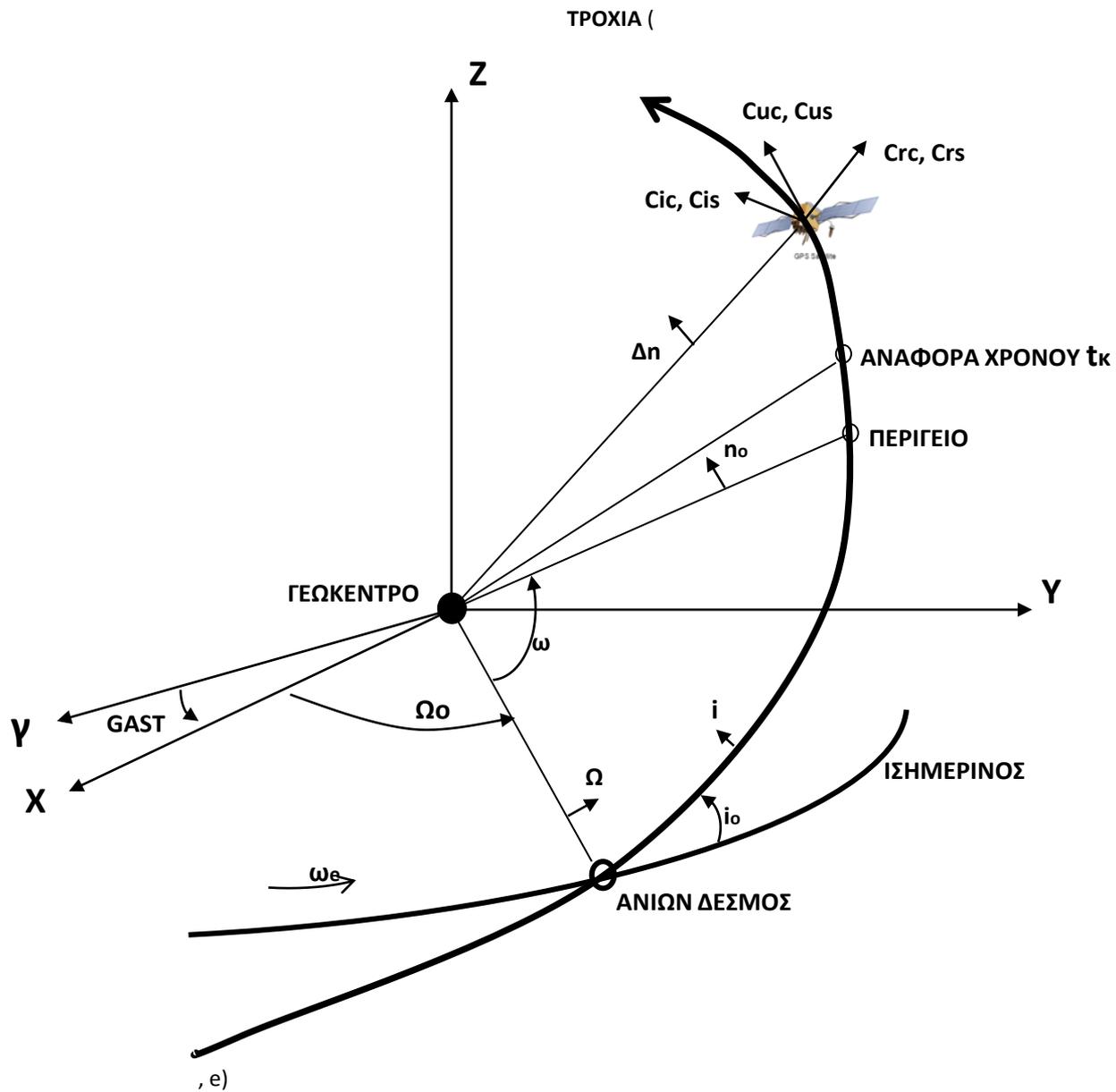




ΤΡΟΧΙΑΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ GPS

16 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ (ΝΕΕΣ ΤΙΜΕΣ ΚΑΘΕ ΩΡΑ)





ΚΕΠΛΕΡΙΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

M_0 ΜΕΣΗ ΑΝΩΜΑΛΙΑ ΣΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Δn ΔΙΑΦΟΡΑ ΜΕΣΗΣ ΚΙΝΗΣΗΣ ΑΠΟ ΤΗΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΕΝΗ

e ΕΚΚΕΝΤΡΟΤΗΤΑ

\sqrt{A} ΤΕΤΡΑΓΩΝΙΚΗ ΡΙΖΑ ΤΟΥ ΜΕΓΑΛΟΥ ΗΜΑΞΟΝΑ

Ω_0 ΟΡΘΗ ΑΝΑΦΟΡΑ ΣΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

i ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΗΣ ΣΤΟΝ ΧΡΟΝΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

ω ΓΩΝΙΑ ΠΕΡΙΓΕΙΟΥ

$\dot{\Omega}$ ΑΛΛΑΓΗ ΤΗΣ ΟΡΘΗΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ (ΤΤΑΧΥΤΗΤΑ

c_{uc} ΕΥΡΟΣ ΤΗΣ ΑΡΜΟΝΙΚΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ (COS) ΣΤΗΝ ΓΩΝΙΑ ΤΟΥ ΠΛΑΤΟΥΣ

c_{us} ΕΥΡΟΣ ΤΗΣ ΑΡΜΟΝΙΚΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ (SIN) ΣΤΗΝ ΓΩΝΙΑ ΤΟΥ ΠΛΑΤΟΥΣ

c_{rc} ΕΥΡΟΣ ΤΗΣ ΑΡΜΟΝΙΚΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ (COS) ΣΤΗΝ ΑΚΤΙΝΑ

c_{rs} ΕΥΡΟΣ ΤΗΣ ΑΡΜΟΝΙΚΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ (SIN) ΣΤΗΝ ΑΚΤΙΝΑ

c_{ic} ΕΥΡΟΣ ΤΗΣ ΑΡΜΟΝΙΚΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ (COS) ΣΤΗΝ ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΗΣ

c_{is} ΕΥΡΟΣ ΤΗΣ ΑΡΜΟΝΙΚΗΣ ΔΙΟΡΘΩΣΗΣ (SIN) ΣΤΗΝ ΓΩΝΙΑ ΚΛΙΣΗΣ

t_{oe} ΧΡΟΝΟΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΕΦΗΜΕΡΙΔΑΣ

ΑΟΔΕ ΗΛΙΚΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ



ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΩΝ ΕΦΗΜΕΡΙΔΩΝ

1 **ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΡΟΧΙΑΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ** (ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΑΡΕΛΘΟΝΤΟΣ-ΠΡΟΕΚΤΑΣΗ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ

2 ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ ΘΕΣΗ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ ΜΕΣΩ ΦΙΛΤΡΟΥ ΚΑΛΜΑΝ (ΩΣ ΑΡΧΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ) **ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΘΕΣΗΣ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΤΑΣ ΔΟΡΥΦΟΡΟΥ ΣΤΙΣ ΚΑΤΑΛΛΗΛΕΣ ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΣΤΙΓΜΕΣ**

3 **ΠΡΟΕΚΤΑΣΗ ΣΤΟ ΜΕΛΛΟΝ** ΓΙΑ 14 ΗΜΕΡΕΣ

4 **ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΕΚΠΕΜΠΟΜΕΝΩΝ ΕΦΗΜΕΡΙΔΩΝ** ΣΤΟΝ ΣΤΑΘΜΟ ΕΛΕΓΧΟΥ (ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΚΑΜΠΥΛΩΝ (ΤΟΞΩΝ) ΓΙΑ 4-6 ΩΡΕΣ)

5 **ΜΕΤΑΤΡΟΠΗ ΣΕ ΚΕΠΛΕΡΙΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ** ΑΠΟ ΑΔΡΑΝΕΙΑΚΑ – **ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΤΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ- ΕΚΠΟΜΠΗ** (ΑΠΟ ΔΟΡΥΦΟΡΟ) **ΝΕΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΑΘΕ ΩΡΑ**

6 ΗΜΕΡΗΣΙΑ ΕΝΗΜΕΡΩΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ

7 **ΜΕΙΩΣΗ ΤΗΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΣΑΝ ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΤΗΣ ΠΑΛΑΙΟΤΗΤΑΣ**

8 ΑΚΡΙΒΕΙΑ 5-20m (>20m) <1m



ΜΟΡΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΤΜΗΜΑΤΩΝ

SUBFRAME 1 TLM HOW BLOCK1 Clock Correction
SUBFRAME 2 TLM HOW BLOCK2 Ephemeris
SUBFRAME 3 TLM HOW BLOCK3 Ephemeris (Cont)
SUBFRAME 4 TLM HOW BLOCK4 Message
SUBFRAME 5 TLM HOW BLOCK5 Almanac*

* 25 Υποτμήματα για πλήρες almanac



ΜΟΡΦΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΜΗΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΤΗΧΜΑΤΩΝ

SUBFRAME



* 25 υποτιμήματα για πλήρη Almanac



```

3 92 9 28 6 0 0 0.0-0.975606963038D-04-0.586624082644D-10 0.000000000000D+0
0.154000000000D+03 0.135000000000D+02 0.107504483093D-08-0.141453354719D+0
0.640749931335D-06 0.130940513918D-01 0.106859952211D-04 0.515367603874D+0
0.108000000000D+06-0.119209289551D-06 0.984145140247D+00-0.335276126862D-0
0.112289155612D+01 0.255437500000D+03 0.249140266021D+01-0.605775252183D-0
0.681456946428D-09 0.100000000000D+01 0.664000000000D+03 0.000000000000D+0
0.200000000000D+01 0.000000000000D+00-0.419095158577D-08 0.410000000000D+0
0.108000000000D+06
24 92 9 28 6 0 0 0.0-0.193216837943D-04-0.295585778076D-11 0.000000000000D+0
0.233000000000D+03 0.787500000000D+01 0.475484096540D-08-0.186213900630D+0
0.456348061562D-06 0.421827426180D-02 0.447034835815D-05 0.515360884666D+0
0.108000000000D+06 0.149011611938D-07 0.168825037818D+01-0.163912773132D-0
0.966929711932D+00 0.298750000000D+03-0.241872802653D+01-0.814748180034D-0
0.182864764997D-09 0.100000000000D+01 0.664000000000D+03 0.000000000000D+0
0.700000000000D+01 0.000000000000D+00 0.605359673500D-08 0.489000000000D+0
0.108000000000D+06
12 92 9 28 6 0 0 0.0-0.447654630963D-03-0.374029696104D-10 0.000000000000D+0
0.107000000000D+03-0.179687500000D+02 0.225866547687D-08-0.208638889797D+0
-0.966712832451D-06 0.125278875930D-01 0.334531068802D-05 0.515367880821D+0
0.108000000000D+06-0.299885869026D-06-0.117232513212D+01-0.126659870148D-0
0.109458435168D+01 0.383437500000D+03-0.334025261607D+00-0.700850621982D-0
-0.126433835623D-09 0.100000000000D+01 0.664000000000D+03 0.000000000000D+0
0.300000000000D+01 0.000000000000D+00 0.279396772385D-08 0.363000000000D+0
0.108000000000D+06
20 92 9 28 6 0 0 0.0 0.345660373569D-05 0.795807864051D-12 0.000000000000D+0
0.227000000000D+03-0.125250000000D+03 0.450768755655D-08 0.932762114726D+0
-0.656768679619D-05 0.402469246183D-02 0.757724046707D-05 0.515364992905D+0
0.108000000000D+06-0.353902578354D-07-0.413154301558D+00-0.465661287308D-0
0.963849338959D+00 0.236562500000D+03 0.159349219148D+01-0.820069878671D-0
-0.480734285713D-09 0.100000000000D+01 0.664000000000D+03 0.000000000000D+0
0.200000000000D+01 0.000000000000D+00 0.372529029846D-08 0.483000000000D+0
0.108000000000D+06
25 92 9 28 4 51 44.0-0.154023990035D-03-0.261479726760D-10 0.000000000000D+0
0.190000000000D+03 0.349687500000D+02 0.536772359894D-08-0.632531135575D+0
0.186264514923D-05 0.602259160951D-02 0.128708779812D-05 0.515369433594D+0
0.103904000000D+06-0.186264514923D-07-0.145714252111D+01-0.111758708954D-0
0.951864934115D+00 0.350968750000D+03 0.252672386488D+01-0.882501005606D-0
0.154649293371D-09 0.100000000000D+01 0.664000000000D+03 0.000000000000D+0
0.700000000000D+01 0.000000000000D+00-0.22830643654D-08 0.190000000000D+0
0.103904000000D+06
17 92 9 28 6 0 0 0.0-0.841077417135D-05-0.795807864051D-12 0.000000000000D+0
0.660000000000D+02 0.993750000000D+01 0.491663332269D-08-0.134771980075D+0
0.772997736931D-06 0.702832359821D-02 0.442378222942D-05 0.515365829086D+0
0.108000000000D+06-0.372529029846D-08 0.176704431333D+01 0.139698386192D-0
0.963102210604D+00 0.296125000000D+03 0.150767823619D+01-0.836142000082D-0
0.171078554101D-09 0.100000000000D+01 0.664000000000D+03 0.000000000000D+0
0.700000000000D+01 0.000000000000D+00 0.139698386192D-08 0.660000000000D+0
0.108000000000D+06
16 92 9 28 6 0 0 0.0-0.222628004849D-04-0.795807864051D-12 0.000000000000D+0
0.136000000000D+03-0.386250000000D+02 0.444947101386D-08-0.247517344788D+0
-0.195391476154D-05 0.104847480543D-02 0.106338411570D-04 0.515376462555D+0
0.108000000000D+06 0.372529029846D-07 0.277964113288D+01-0.223517417908D-0
0.958167549467D+00 0.172406250000D+03-0.309598477953D+01-0.793640175800D-0
-0.508235453722D-09 0.100000000000D+01 0.664000000000D+03 0.000000000000D+0
0.700000000000D+01 0.000000000000D+00 0.512227416039D-08 0.392000000000D+0
0.108000000000D+06
3 92 9 28 6 59 60.0-0.977721065283D-04-0.586624082644D-10 0.000000000000D+0
0.155000000000D+03 0.125000000000D+02 0.107825914863D-08-0.889468748229D+0
0.596046447754D-06 0.130940119270D-01 0.106431543827D-04 0.515367572975D+0

```

$$\alpha_0 = -0.97 \cdot 10^{-04}$$

$$\alpha_1 = -0.58 \cdot 10^{-10}$$

$$\alpha_2 = 0.0$$

