

Καθηγ. Γ. Καραμεινών

ΙΩΑΝΝΟΥ Γ. ΑΡΓΥΡΑΚΟΥ

ΠΤΥΧΙΟΥΧΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΩΝ

ΒΟΗΘΟΥ ΤΟΥ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑΣ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ

ΜΕΛΕΤΗ

ΤΗΣ ΠΟΡΕΙΑΣ ΤΟΥ ΕΚΚΡΕΜΟΥΣ ΦΕΝΟΝ 55
ΤΟΥ ΕΘΝΙΚΟΥ ΑΣΤΕΡΟΣΚΟΠΕΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ

ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΠΙ ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΑ,

ΥΠΟΒΛΗΘΕΙΣΑ ΕΙΣ ΤΗΝ ΦΥΣΙΚΟΜΑΘΗΜΑΤΙΚΗΝ
ΣΧΟΛΗΝ ΤΟΥ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΥ ΑΘΗΝΩΝ



ΑΘΗΝΑΙ

1945

ΤΥΠΟΙΣ: Μ. & Π. ΜΠΕΤΣΑΚΟΥ — ΣΟΛΩΝΟΣ 100

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Ἡ ἔρευνα τῶν ἀφορώντων εἰς τὰ ἐκκρεμοφόρα ὥρολόγια εἶναι θεμελιώδης διὰ τὴν Ἀστρονομίαν θέσεως καὶ τὴν ὑπηρεσίαν τῆς ἀκριβοῦς ὥρας, διότι ἐξασφαλίζει τὰς ἀναγκαίας ἐκεῖνας προϋποθέσεις αἵτινες ἀπαιτοῦνται διὰ νὰ λειτουργῇ κανονικῶς ἡ βασικὴ διὰ πᾶν σύγχρονον Ἀστεροσκοπεῖον χρονομετρικὴ ὑπηρεσία.

Διὰ τοὺς λόγους τούτους ἡ Διεύθυνσις τοῦ Ἀστρονομικοῦ Ἰνστιτούτου τοῦ Ἑθνικοῦ Ἀστεροσκοπεῖου Ἀθηνῶν ἐθεώρησεν ἐπιβεβλημένην τὴν μελέτην τοῦ προτύπου ἀστρικοῦ ἐκκρεμοῦς FENON 55, μετὰ τὴν βοήθειαν τοῦ ὁποῦ ἐκτελοῦνται διὰ τοῦ Μεσημβρινοῦ Κύκλου Α. Συγγραφεὺς αἱ μεσημβριναὶ παρατηρήσεις καὶ ἀνέθεσεν εἰς ἐμὲ τὴν μελέτην τοῦ ἐν λόγῳ ὥρολογίου.

Ἡ ἀνὰ χεῖρας ἐργασία ἐστηρίχθη εἰς τὸ πλούσιον ὕλικόν τῶν μεσημβρινῶν παρατηρήσεων αἵτινες ἐξετελέσθησαν ἀπὸ τοῦ ἔτους 1916 μέχρι τοῦ 1941. Εἰς αὐτὸ δὲν προσετέθη τὸ ὕλικόν τῶν τριῶν τελευταίων ἐτῶν, καθ' ὅσον, λόγῳ τῶν συνεχιζομένων πολεμικῶν γεγονότων, παρουσιάζει πλείστας ἐλλείψεις, αἱ ὁποῖαι δὲν ἦτο δυνατόν νὰ παρακαμφθοῦν ἢ νὰ ἀναπληρωθοῦν. Ἀλλ' ὥς φαίνεται ἐκ τῆς ὅλης μελέτης, ἡ παράλειψις αὕτη οὐδεμίαν οὐσιώδη μεταβολὴν θὰ ἦτο δυνατόν νὰ ἐπιφέρῃ εἰς τὰ ἐκ ταύτης συναγόμενα συμπεράσματα.

Ἡ ὅλη ἐργασία διαιρεῖται εἰς δύο μέρη. Εἰς τὸ πρῶτον ἐξετάζεται ἡ συμπεριφορὰ τοῦ FENON 55 κατὰ τὸ διάστημα 1916-1926. Αὕτη εἶναι αἰσθητῶς διάφορος ἐκείνης ἡ ὁποία χαρακτηρίζει τὸ ὑπόλοιπον χρονικὸν διάστημα, ἡ ἐξέτασις τοῦ ὁποῦ καταλαμβάνει τὸ δεύτερον μέρος τῆς παρούσης μελέτης. Τελικῶς, κατόπιν τῆς γενομένης διερευνήσεως τοῦ ὅλου ζητήματος, προτείνονται ὠρισμένοι βελτιώσεις τοῦ ὀργάνου καὶ ὑποδεικνύονται ζητήματα τὰ ὁποῖα θὰ ἔδει νὰ μελετηθοῦν, εὐθὺς ὥς ἐπανέλθῃ ἡ χώρα μας εἰς τὴν ἀπὸ μακροῦ διακοπεῖσαν ὁμαλότητα.

Πρὶν ἢ κλείσω τὴν παροῦσαν εἰσαγωγὴν θεωρῶ ἑμαυτὸν ὑποχρεῶν ὅπως εὐχαριστήσω τὸν σεβαστόν μοι Καθηγητὴν κ. Στ. Πλακίδη, καθὼς καὶ τὸν Ὑφηγητὴν — Ἐπιμελητὴν τοῦ Ἐργαστηρίου Ἀστρονομίας κ. Δ. Κωτσάκην διὰ τὸ ἐνδιαφέρον μετὰ τοῦ ὁποῦ παρηκολούθησαν τὴν ἐκτέλεσιν τῆς παρούσης ἐργασίας καὶ τὰς συμβουλὰς τὰς ὁποίας κατὰ καιροὺς μοῦ ἔδωσαν ὅσον ἀφορᾷ τὸ ἐρευνώμενον θέμα καὶ γενικώτερον διὰ τὰς ὁδηγίας τὰς ὁποίας πάντοτε μοὶ παρέσχον ἀφ' οὗ ἐπεδόθη εἰς ἀστρονομικὰς παρατηρήσεις καὶ τὰς ἐπ' αὐτῶν στηριζομένας ἐρεῦνας.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Δ. Αιγινίτου: Γενική Ἀστρονομία, Ἀθῆναι ἐκδ. Α. 1897 καὶ ἐκδ. Γ. 1929.
2. H. Andoyer-A. Lambert: Cours d'Astronomie Pratique, Paris 1924.
3. B. Baillaud: Cours d'Astronomie, Paris 1893, Vol. I-II.
4. E. F. Van de Sande Bakhuyzen: On the yearly periodicity of the rates of the standard-clock of the Observatory of Leyden, Hohwü No 17, Amsterdam 1902.
5. F. Becker: Grundriss der Sphärischen und Praktischen Astronomie, Berlin und Bonn, 1936.
6. G. Bigourdan: Mélanges Scientifiques, Paris 1925.
7. F. Boquet: Les Observations Méridiennes, Théorie et Pratique, Paris 1909, t. I-II.
8. H. Bouasse: Astronomie Théorique et Pratique, Paris 1918.
9. G. Cellérier: Étude Numérique de compensation des chronomètres, Genève 1887.
10. E. Delporte: Installation des pendules à l'Obs. R. de Belgique, 1907.
11. P. Ditisheim: La variation des chronomètres avec la pression atmosphérique, Genève 1904.
12. N. Dneprovsky: On the rates of the clocks, Riefler 24 and Riefler 352 during the years 1916—1924, Poulkovo 1927.
13. W. Doberck: The Time-Service of the Hongkong Observatory, The Observatory, Vol. XVIII (1895).
14. D. Eginitis: La Latitude de l'Observatoire d'Athènes, An. Obs. Athènes, Vol. V, 1910.
15. K. Graff: Grundriss der Geographischen Ortsbestimmung, Berlin 1941.
16. M. Gruey: Leçons d'Astronomie, Paris 1885.
17. Ch. -Ed. Guillaume: Pression atmosphérique et chronometrie. Extrait du Bull. Soc. Astr. de France, Paris, Avril 1904.
18. E. Guerrieri: Catalogo di 166 stelle a forte moto proprio da osservazioni meridiane al cerchio di Repsold, R. Obs. di Capodimonte, Mem. Astr. No 10, Napoli 1939.

19. F. Hayn: Genauigkeit der Zeitmessung mit Uhren und Chronographen, Astr. Nach. B. 233 (1928).
 20. K. Heinemann: Über die Gänge der Hauptuhren der K. Sternwarte zu Heidelberg, B. 8, No 8, (1927).
 21. J. Jackson - W. Bowyer: The Shortt clocks at the Royal Observatory, Greenwich, Monthly Notices, Vol. 88, London 1928.
 22. J. Jackson: Shortt clocks and the Earth's Rotation, Monthly Notices, Vol. 89, London 1929.
 23. H. Kienle: Untersuchungen über Pendeluhren mit besonderer Berücksichtigung der beiden luftdichten Riefleruhren, Riefler 23 und Riefler 33 der K. Sternwarte zu München, Neue Ann. der K. Sternwarte zu München 5, Heft 2.
 24. Δ. Κωτσάκης: Θεωρία τῶν σφαλμάτων καὶ ἰσοστάθμισις αὐτῶν διὰ τῆς μεθόδου τῶν ἐλαχίστων τετραγώνων, Ἀθῆναι 1939.
 25. Δ. Κωτσάκης: Μελέτη τοῦ σφάλματος κλίσεως τοῦ μεσημβρινοῦ κύκλου Α. Συγγροῦ, Ἀθῆναι 1942.
 26. A. S. Miroljubowa: Preliminary Investigation of the daily rate of the Riefler No 323 clock of the Moscow Observatory, Moscow 1924.
 27. A. S. Miroljubowa: Der Gang der Riefler's Uhr 323 in Zeitraum 1921—1928, Moscow 1929.
 28. K. Müller: Untersuchungen über die luftdichten Pendeluhren der Hamburger Sternwarte in Bergedorf, 1935.
 29. M. Périgaud: Instructions théoriques et pratiques pour le service Méridienne de l'Obs. de Paris, 1893.
 30. Σ. Πλακίδου: Μαθήματα Πρακτικῆς Ἀστρονομίας, Ἀθῆναι 1944.
 31. S. Riefler: Die Präcisions-Uhren mit Volkommen freiem Echapement und neuen Quecksilber-Compensationspendel, München 1894.
 32. W. M. Smart: Spherical Astronomy, Sec. Ed. Cambridge 1936.
 33. H. Spencer-Jones: General Astronomy, London 1934.
 34. F. Tisserand: Sur la pendule des caves de l'Observatoire de Paris, 1896.
 35. G. Towne: Astronomie Pratique, Paris 1890.
 36. B. Wanach: Über die Ausgleichung von Uhrgängen, Kiel 1905.
 37. M. Wolf-E. Ernst: Der Gang der Hauptuhren der Sternwarte Heidelberg, B. 6, No 7, (1913).
-

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ἡ παρούσα ἐργασία ἀφορᾷ εἰς τὴν ἔρευναν καὶ μελέτην τῆς λειτουργίας καὶ συμπεριφορᾶς τοῦ ὑδραργυρικοῦ ἔκκρεμοῦ FENON 55 τοῦ Ἐθνικοῦ Ἀστεροσκοπείου Ἀθηνῶν κατὰ τὸ διάστημα 1916-1941.

Τὸ ἔκκρεμὲς τοῦτο ἀποτελεῖ τὸ πρότυπον ὄργανον ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ ὁποίου προσδιορίζεται ὁ τοπικὸς ἀστρικὸς χρόνος καὶ ρυθμίζονται ὅλα τὰ ἄλλα ἔκκρεμῇ καὶ τὰ χρονόμετρα τοῦ Ἐθνικοῦ Ἀστεροσκοπείου Ἀθηνῶν. Εὐνόητον ἐπομένως τυγχάνει τὸ ἐνδιαφέρον ὅπερ ἐνέχει ἡ μελέτη τῆς πορείας καὶ ἐν γένει τῶν φαινομένων ἅτινα συνδέονται μὲ τὸ ἔκκρεμὲς τοῦτο.

Εἰδικῶς διὰ τὸ Ἀστεροσκοπεῖον Ἀθηνῶν ἡ ἔρευνα καὶ σπουδὴ τῆς πορείας τοῦ FENON 55, εἶναι κεφαλαιώδους σημασίας, διότι ἀφ' ἐνός μὲν οὐδεμία ἐργασία ἔχει γίνεῃ μέχρι τοῦδε ἐπ' αὐτοῦ ὥς καὶ ἐπὶ τῶν ἄλλων ἔκκρεμῶν τοῦ Ἰδρύματος, ἀφ' ἑτέρου δὲ διότι τὸ ἔκκρεμὲς τοῦτο εἶναι βασικὸν διὰ τὰς μεσημβρινὰς παρατηρήσεις καὶ τὴν ὑπηρεσίαν τῆς ἀκριβοῦς ὥρας, διὰ τὴν μελέτην τοῦ γεωγραφικοῦ μήκους ὥς καὶ διὰ τὰς ἰσημερινὰς παρατηρήσεις. Ἀλλὰ καὶ γενικώτερον ἡ σπουδὴ τοῦ ὄργανου τούτου συμβάλλει σὺν τοῖς ἄλλοις καὶ εἰς τὴν μελέτην τῶν ἀφορώντων τὰ ἔκκρεμῇ ὠρολόγια κατασκευῆς FENON, καὶ τοῦτο διότι τὸ περὶ οὗ πρόκειται ἔκκρεμὲς παρουσιάζει ἰδιότητας αἱ ὁποῖαι εἶναι χαρακτηριστικά.

Περιγραφή τοῦ ὄργανου.—Τὸ ἔκκρεμὲς τοῦτο ἡγοράσθη δαπάναις τοῦ ἀοιδίου ἔθνικοῦ εὐεργέτου Α. Συγγοῦ ἐκ τοῦ ἐν Παρισίοις οἴκου FENON καὶ ἔφθασε εἰς τὸς Ἀθήνας περὶ τὰ τέλη Δεκεμβρίου 1899.

Τὸν Ἰανουάριον τοῦ 1900 ἐγκατεστάθη εἰς τὴν μεσημβρινὴν αἰθουσαν Α. Συγγοῦ, ἣτις εὐρίσκεται ἐπὶ τῆς ἀνατολικῆς πλευρᾶς τοῦ λόφου τῶν Νυμφῶν, ἐπὶ ἐκτάσεως ἣτις νοτίως καὶ νοτιοανατολικῶς αὐτοῦ διήκει μᾶλλον ὁμαλῶς περὶ τὰ 20—40 μέτρα, ἐνῶ πρὸς τὸ βόρειον καὶ τὸ ἀνατολικὸν παρουσιάζει αἰσθητὴν κλίσιν τοῦ ἐδάφους βαίνουσαν μὲ ὁμαλότητα μέχρις ἀποστάσεως 80 μέτρων. Ἡ αἰθουσα αὕτη, ὕψους 4,50 μ., μήκους (E—W) 6 μ. καὶ πλάτους (N—S) 5,60 μ. ἔχει ἐπενδυθῇ ἐσωτερικῶς διὰ ξυλίνου σανιδώματος ἵνα διατηρῇται κᾶπως σταθερὰ ἡ ἐσωτερικὴ θερμοκρασία αὐτῆς. Διὰ τὸν αὐτὸν λόγον ἡ στέγη ἣτις εἶναι κατεσκευασμένη ἐξ ἐλαφροῦ σχετικῶς σκελε. τοῦ διὰ τὴν εὐκολίαν τοῦ ἀνοίγματος εἶναι κεκαλυμμένη διὰ σιδηρέλασματος ἐσωτερικῶς ἐπενδεδυμένου ἐπίσης διὰ ξυλίνου σανιδώματος εἰς ἀπόστασιν 10 ἐ/μ. περίπου. Ἀτυχῶς ἡ κατ' αὐτὸν τὸν τρόπον

μόνως δὲν εἶναι ἀποτελεσματικὴ ἰδίᾳ κατὰ τοὺς μῆνας τῶν ἄκρων θερμοκρασιῶν.

Ὁ τοῖχος ὑπὸ τὸ ἔδαφος καὶ εἰς ὕψος 0,78 μ. ἄνωθεν αὐτοῦ ἔχει πάχος 1,25 μ. Τὰ ἄρκετὰ ἀνεπτυγμένα καὶ πυκνὰ πεῦκα τὰ εὐρισκόμενα γύρω τῆς αἰθούσης ἐμποδίζουν αἰσθητικῶς τὴν ἐπ' αὐτῆς καὶ τοῦ πέριξ ἐδάφους ἐπίδρασιν τῆς ἐξωτερικῆς θερμοκρασίας.

Κατὰ τὸ 1908 προσετέθη περὶ τὰ θεμέλια τοῦ κτιρίου τῆς αἰθούσης λιθόκτιστον περίβλημα, βάθους 2 μ. καὶ ὕψους, ὑπὲρ τὴν ἐπιφάνειαν, 0,40 μ. τὸ ὅλον δὲ συγκρότημα ἐθεμελιώθη ἐπὶ στρώματος ἐκ σκκιροκονιάματος πάχους 0,20 μ. Τὸ περίβλημα ἐκτίσθη μὲ λίθους καὶ θηραϊκὴν γῆν κατὰ τὴν ἄνω δὲ ἐπιφάνειαν ἐκαλύφθη διὰ πλακῶν τύπου Μάλτας αἱ ὁποῖαι κατὰ τὸ 1944 ἀντικατεστάθησαν διὰ στρώματος ἐκ σκηροκονιάματος πάχους 15 ἐ. μ. Ἀργότερον (τὸ 1917) ὁλόκληρον τὸ κτίριον τῆς αἰθούσης ἐστερεώθη ἐξωτερικῶς διὰ σιδηροῦ πλαισίου, λόγῳ τοῦ ὅτι εἶχον παρατηρηθῇ ρήγματα εἰς τινὰ μέρη αὐτοῦ.

Τὸ FENON 55 εὐρίσκεται ἐντὸς κιβωτίου ἐξ ἐβένου, διαστάσεων 1,38 μ. Χ 0,34 μ. Χ 0,20 μ. τοῦ ὁποῦ ἡ προσθία ἔδρα ἣτις ἀποτελεῖ καὶ τὴν θυρίδα τοῦ κιβωτίου εἶναι ἡ μόνη ὑαλόφρακτος. Τὸ μήκος τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι 1,15 μ. περίπου. Ἡ θυρίς φράσσει τὸ κιβώτιον ἐρμητικῶς καὶ ἀσφαλίζεται μὲ δύο ἄγκιστρα πρὸς τὸ ἄνω καὶ τὸ κάτω μέρος αὐτῆς εἰς δὲ τὸ μέσον διὰ κλείθρου. Τὸ κιβώτιον εἶναι ἐστερεωμένον ἐπὶ μαρμαρίνου στύλου ὕψους 1,55 μ. ἄνωθεν τοῦ δαπέδου. Ἡ βάσις τοῦ κιβωτίου ἀπὸ τοῦ δαπέδου εὐρίσκεται εἰς ὕψος 0,40 μ. Ὁ στύλος εἶναι ἐνσωματωμένος μετὰ τοῦ δυτικοῦ τοίχου τῆς μεσημβρινῆς αἰθούσης, εὐρίσκεται δὲ ἀριστερὰ τῆς εἰσόδου αὐτῆς.

Τὰ κυριώτερα μέρη τοῦ ὑπὸ μελέτην ὀργάνου εἶναι τὰ κάτωθι :

α). **Ἐκκρεμές.** — Ὅπως εἰς ὅλα τὰ ἐκκρεμοφόρα ὥρολόγια ὁ ρυθμιστὴς εἶναι ἐκκρεμές ἀποτελούμενον ἐκ χαλυβδίνης ράβδου, ἡ ὁποία ἐκατέρωθεν τοῦ κάτω ἄκρου φέρει δύο πανόμοια κυλινδρικὰ δοχεῖα ἐκ τοῦ αὐτοῦ μετάλλου, ἕκαστον τῶν ὁποίων περιέχει 3650 γραμμάρια ὕδραργύρου.

Τὸ ἐκκρεμές αἰωρεῖται ἔμπροσθεν πινακίδος φερούσης διαιρέσεις διὰ τὴν μέτρησιν τοῦ εὗρους τῶν αἰωρήσεων. Εἰς τὸ κάτω ἄκρον τοῦ ἐκκρεμοῦς ὑπάρχει κοχλιώδης δακτύλιος διὰ τῆς πρὸς τὰ δεξιὰ στροφῆς τοῦ ὁποῦ ἐπιταχύνεται ἡ πορεία τοῦ ἐκκρεμοῦς, ἐνῶ διὰ στροφῆς πρὸς τὰ ἀριστερά, αὕτη ἐλαττοῦται. Οὗτος εἰς τὸ κατώτατον ἄκρον φέρει 75 διαιρέσεις ἐκάστη τῶν ὁποίων ὑποδιαιρεῖται εἰς 5 μέρη διὰ βερνιέρου κεχαραγμένου ἐπὶ τοῦ στελέχους. Ἡ τιμὴ ἐκάστης στροφῆς τοῦ κοχλίου τούτου ἰσοδυναμεῖ πρὸς 38 δευτερόλεπτα. Διὰ τὰς μεγάλας μεταβολὰς τῆς πορείας ὑπάρχει ὀρειχάλκινος δρομεὺς κινητὸς κατὰ μῆκος τῆς ράβδου τοῦ ἐκκρεμοῦς. Ὁ δρομεὺς οὗτος στερεοῦται εἰς ὠρισμένην θέσιν διὰ σφιγκτήρος. Καταβιβάζοντες τὸν δρομέα ἐν ἑκατοστόμετρον κάτωθεν τῆς θέσεώς του ἔχομεν αὐξησιν τῆς πορείας κατὰ ἐν δευτερόλεπτον καὶ ἀντιστρόφως. Ἀνωθεν τοῦ

δρομέως υπάρχει σύστημα μετά δύο κοχλιωτών σφαιριδίων, τῶν ὁποίων ἡ προσέγγισις ἢ ἀπομάκρυνσις ἀπὸ τοῦ στελέχους τοῦ ἔκκρεμοῦς χρησιμεύει διὰ τὴν ἐξίσωσιν τοῦ εὗρους αἰωρήσεως τοῦ ἔκκρεμοῦς ἑκατέρωθεν τῆς μέσης θέσεως αὐτοῦ ⁽¹⁾.

Τὰ σπουδαιότερα μέρη τοῦ ἔκκρεμοῦς εἶναι οἱ συνδετήρες τῶν ἔλασμάτων K καὶ K' μετὰ τῶν τεμαχίων L καὶ J (βλ. σχῆμα εἰς τὸ τέλος τῆς ἐργασίας) ὅπως ἐπίσης καὶ ὁ πείρος P ὁ ὁποῖος διαπερᾷ :

1. Τὴν πλάκα N ἐκ βεβαμμένου χάλυβος.
2. Τὸ ἔλασμα K.
3. Τὸ τμήμα O ἐκ βεβαμμένου χάλυβος.
4. Τὸν σφιγκτήρα Q ὁ ὁποῖος συσφίγγει ὄλον τὸ σύστημα τῇ βοηθεῖα ἰσχυροῦ κοχλίου R.

Οὕτω τὰ ἐλατήρια K καὶ K' συμπιέζονται μετὰ τῶν χηλῶν τῶν τεμαχίων Q καὶ L, ἀντὶ νὰ κρέμανται ἀπὸ τοὺς πείρους P πρᾶγμα τὸ ὁποῖον θὰ ἐπέφερε βαθμὴδὸν μεγάλην ἀνωμαλίαν εἰς τὴν λειτουργίαν τοῦ ὄργανου. Διότι ὑπὸ τὴν ἐνέργειαν τοῦ ἀρκετὰ σημαντικοῦ βάρους τοῦ ἔκκρεμοῦς αἱ ὁπαὶ ἐξαρτήσεως τῶν ἐλατηρίων K, K' θὰ ἐπιμηκύνοντο καὶ τὸ μῆκος τοῦ ἔκκρεμοῦς σὺν τῷ χρόνῳ θὰ ἠῤῃξε.

β) Τροχίασμα μετὰ τοῦ κινητήρος καὶ τῶν δεικτῶν : — Τοῦτο ἀποτελεῖ τὸ σύνολον τῶν τροχῶν, ὀδωντωτῶν τροχίσκων καὶ ἐλατηρίων ἑνὸς ἔκκρεμοῦς ἐπὶ τῶν ὁποίων ἐνεργῶν ὁ κινητὴρ μεταβιβάζει τὴν κίνησιν εἰς τοὺς δείκτας τοῦ ὥρολογίου. Τὸ ὄλον τροχίασμα περικλείεται ἐντὸς μεταλλικοῦ περιβλήματος τὸ ὁποῖον φέρει πρὸς τὰ κάτω ἄνοιγμα διὰ τὴν αἰώρησιν τοῦ ἔκκρεμοῦς καὶ πρὸς τὰ δεξιὰ ἐπιμήκη σχισμὴν διὰ τὴν διόδον τῆς χορδῆς τοῦ κινητήρος, τῆς ὁποίας τὸ ἕν ἄκρον στηρίζεται σταθερῶς ἐπὶ τοῦ ἐσωτερικοῦ τοιχώματος τοῦ κιβωτίου. Εἰς τὸ ἕτερον ἄκρον αὐτῆς ὑπάρχει βᾶρος χρησιμεύον διὰ τὴν χόρδισιν τοῦ ὄργανου, ἡ ὁποία γίνεται ἅπαξ τοῦ μηνός.

γ) Ἐκκρουστικὸν ὄργανον τοῦ REID. — Ὡς γνωστόν, τὸ ἐνδιάμεσον ὄργανον μετὰ τοῦ κινητήρος καὶ τοῦ ρυθμιστοῦ εἶναι τὸ ἔκκρουστικὸν ὄργανον. Τοῦτο εἶναι τὸ λεπτότερον μέρος τοῦ ὥρολογιακοῦ μηχανισμοῦ τοῦ ἔκκρεμοῦς, καὶ δι' αὐτὸ κρίνομεν σκόπιμον νὰ τὸ περιγράψωμεν κάπως λεπτομερέστερον.

Τὸ ἔκκρουστικὸν ὄργανον ἀποτελεῖται ἀπὸ τὸν τροχὸν E τοῦ ὁποίου οἱ ὀδόντες ἔχουν τὸ εἰς τὸ τέλος τῆς ἐργασίας καταχωρούμενον σχῆμα. Πλακίδιον ἐκ χάλυβος S εἶναι ἐστερεωμένον διὰ δύο κοχλιῶν καὶ δύο ποδῶν εἰς τὸ ἄκρον τοῦ τεμαχίου L. Ἐπὶ τοῦ πλακιδίου αὐτοῦ εἶναι προσηρτημένα δύο ἐλατήρια T, τῶν ὁποίων τὰ ἄκρα εἶναι ἐφωδιασμένα μὲ σαπφείρους. Ἐπ' αὐτῶν ὀλισθαίνουν οἱ ὀδόντες τοῦ τροχοῦ E. Τὸ κέντρον τῆς κάμψεως τῶν ἐλατηρίων συμπίπτει εἰς τὸ υ.

¹⁾ Λεπτομερὴ περιγραφὴν τοῦ μέρους τούτου τοῦ ἔκκρεμοῦς, ὅπως ἐπίσης καὶ τῶν ἄλλων ἐξαρτημάτων τοῦ ὄργανου, βλ. B. Baillaud : Cours d'astronomie, Paris 1893, T. I. p. 155 ἔξ.

Εἰς τὸ αὐτὸ σημεῖον συμπίπτει καὶ τὸ κέντρον κάμψεως τῶν ἐλασμάτων K, K' . Διὰ τὰς περιορίσωμεν τὴν πίεσιν τὴν ἐξασκουμένην ἀπὸ τὰ ἐλατήρια T ἐπὶ τῶν ὀδόντων τοῦ τροχοῦ G , ἡ διαδρομὴ τῶν περιορίζεται ὑπὸ πείρων, οἱ ὁποῖοι εὐρίσκονται κάτωθεν τῶν ἄκρων τῶν σαπφείρων καὶ εἶναι κινητοὶ ἐντὸς τῶν ἀνοιγμάτων τὰ ὁποῖα ὑπάρχουν ἐπὶ τῶν πλακιδίων S . Οἱ χρυσοὶ οὗτοι πείροι εἰς τὸ κατώτερον σημεῖον ἐδράζονται ἐπὶ σαπφείρων ἐνσωματωμένων εἰς τὸ πλακίδιον S καὶ εἰς τὴν θέσιν τῶν ὀπῶν v, v' κατὰ τρόπον τοιοῦτον ὥστε νὰ μὴ ὑπάρχῃ ἐπαφὴ μεταξὺ τῶν πείρων καὶ τοῦ πλακιδίου. Καθ' ἑκάστην αἰώρησιν τοῦ ἐκκρεμοῦς τὸ ἄκρον ἐκάστου τῶν ἐλατηρίων T μεταβαίνει ἀπὸ ἐνὸς ὀδόντος εἰς τὸν ἐπόμενον. Τὸ ἐκκρεμὲς δέχεται ὥθην σχεδὸν ἀνεπαίσθητον, ἡ ὁποία εἶναι ἐπαρκὴς διὰ τὴν διατήρησιν τοῦ εὗρους τῶν αἰωρήσεων. Τοιουτοτρόπως αἱ αἰωρήσεις τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι ἰσόχρονοι καὶ ἡ κίνησις τοῦ κινητήρος ὁμαλή.

Τὸ ἐκκρουστικὸν ὄργανον τοῦ Reid τὸ ὁποῖον περιεγράψαμεν κινεῖται ἄνευ ἐλαίου.

Ὁ Δ. Αἰγινήτης ἀναφέρει ὅτι « τὸ FENON 55 εἶναι ἐξαίρετον ἐκκρεμὲς ⁽¹⁾ τοῦ ὁποῖου ἡ ἰσοστάθμισις εἶναι σχεδὸν τελεία καὶ ἡ πορεία του, κατόπιν πείρας 9 ἐτῶν, ἀρκετὰ κανονικὴ » πρᾶγμα τὸ ὁποῖον δικαιολογεῖ ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον λέγει ὁ Baillaud, περὶ τοῦ ἐκκρεμοῦς τύπου FENON, ὅτι τὸ ἐκκρουστικὸν σύστημα Reid εἶναι τὸ τελειότερον τῶν ἐν χρήσει ὑπαρχόντων ⁽²⁾.

1) D. Eginitis: La latitude de l'Observatoire d'Athènes Annales de l'Obs. Athènes, Vol. V. (1910) p. 40.

2) B. Baillaud: Μν. ἐργ. σελ. 162.

ΜΕΡΟΣ ΠΡΩΤΟΝ

Α'. ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ 1916 - 1926

Τὸ FENON 55 ἤρχισε χρησιμοποιούμενον ἀπὸ τὰς 2 Φεβρουαρίου 1900. Αἱ πρῶται ἐπὶ τῇ βάσει αὐτοῦ μεσημβριναὶ παρατηρήσεις ἐγένοντο ἀπὸ τὸ 1904, ἀλλὰ μέχρι τοῦ 1915, ἔνεκα διαφόρων λόγων, δὲν ἐξετελοῦντο αὐταὶ οὔτε συστηματικῶς, οὔτε βάσει ὠρισμένου προγράμματος. Ἀπὸ τοῦ ἔτους ὁμῶς τούτου μάλιστα δὲ ἀπὸ τοῦ 1916, ἤρχισεν ἡ κανονικὴ λειτουργία καὶ ἐκτέλεις τῶν μεσημβρινῶν παρατηρήσεων, ἀφοῦ προηγουμένως ὁ Μεσημβρινὸς Κύκλος Συγγροῦ ἐλύθη, ἐκαθαρίσθη καὶ προσδιωρίσθησαν ἐκ νέου ὅλαι αἱ σταθεραὶ αὐτοῦ. Οὕτω δύναται νὰ λεχθῇ ὅτι ἀπὸ τῆς ἐποχῆς ἐκείνης αἱ διὰ τοῦ τηλεσκοπίου τούτου γενόμεναι παρατηρήσεις πληροῦν τὰς ἀναγκαίας προϋποθέσεις διὰ τὴν ἐπιστημονικὴν μελέτην ὧν τῶν μετ' αὐτοῦ συνδεομένων ζητημάτων (²).

Δι' ὃ καὶ ἡμεῖς εἰς τὴν παρούσαν ἐργασίαν θὰ μελετήσωμεν τὸ FENON 55 κατὰ τὸ διάστημα 1916—1941.

I. Ἐπεξεργασία τῶν παρατηρήσεων καὶ χωρισμὸς εἰς μικρὰς περιόδους.

Ἡ ἀπόλυτος κατάστασις τοῦ ἐκκρεμοῦς FENON 55 ἐξήγετο ἐκ τῶν μεσημβρινῶν κατ' ὀρθὴν ἀναφορὰν παρατηρήσεων τῇ βοηθείᾳ τοῦ μεσημβρινοῦ Κύκλου Α. Συγγροῦ (P. Gautier 162 χ/μ, 2,10 μ.) ἐκτελουμένων διὰ τῆς μεθόδου ὁράσεως καὶ ἀκοῆς. Κατὰ κανόνα τὸ διάστημα μεταξύ δύο διαδοχικῶν προσδιορισμῶν τοῦ χρόνου διὰ τοῦ τηλεσκοπίου τούτου ἦτο 4—6 ἡμέραι.

Ἡ ἀπόλυτος κατάστασις τοῦ ὥρολογίου ὑπελογίζετο τῇ βοηθείᾳ τοῦ τύπου:

$$\Delta U = \alpha - (T + \tau)$$

ὅπου ΔU εἶναι ἡ ἀπόλυτος κατάστασις τοῦ ἐκκρεμοῦς, α ἡ ὀρθὴ ἀναφορὰ τοῦ ἀστέρος ἡ λαμβανομένη ἐκ τῶν ἀστρονομικῶν ἐφημερίδων, T ὁ χρόνος διαβάσεως τοῦ ἀστέρος διὰ τοῦ μεσημβρινοῦ καὶ τ τὸ ἀθροισμα τῶν διορθώσεων ἐκ τῆς ἐπιδράσεως τῶν σταθερῶν τοῦ ὀργάνου.

Αἱ διορθώσεις αὐταὶ τοῦ ὀργάνου ὑπελογίζοντο τῇ βοηθείᾳ τοῦ γνωστοῦ τύπου τοῦ Bessel:

1) Δ. Κωτσάκη: Μελέτη ἐπὶ τοῦ σφάλματος κλίσεως τ. Ὑ. Μεσημβρινοῦ Κύκλου Α. Συγγροῦ, Ἀθῆναι 1942, σελ. 11.

$$\tau = +m + n \epsilon \phi \delta + (c - \kappa) \tau \epsilon \mu \delta \begin{cases} \Theta.O. \\ \Theta.A. \end{cases}$$

δπου

$$m = \beta \sigma \nu \phi + \alpha \eta \mu \phi$$

$$n = \beta \eta \mu \phi - \alpha \sigma \nu \phi$$

τά δὲ α, β, c παριστάνουν ἀντιστοιχῶς τὰ σφάλματα ἀξιμουθίου, κλίσεως καὶ κατευθύνσεως τῆς διόπτρας, τὸ δὲ φ τὸ πλάτος τοῦ τόπου.

Τὸ κ εἶναι ἡ ἐπίδρασις τῆς ἡμερησίας ἀποπλανήσεως ἐπὶ τῆς ὠριαίας γωνίας, ἡ τιμὴ δὲ αὐτοῦ διὰ τὸ Ἀστεροσκοπεῖον Ἀθηνῶν εἶναι + 0,016s.

Συνήθως ἐγένετο μεσημβρινὴ παρατήρησις 10—15 θεμελιωδῶν ἀστέρων καὶ ὁ μέσος ὅρος τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τῶν ἐξαγομένων ἐξ ἐκάστου ἀστέρος, ἐλαμβάνετο ὡς ἀπόλυτος κατάστασις τοῦ ἐκκρεμοῦς. Αἱ ἀπόλυτοι αὗται καταστάσεις τοῦ ἀστρικοῦ ἐκκρεμοῦς ἀναφέρονται εἰς πολιτικὸν μέσον χρόνον (Greenwich) — ἐκφραζόμενον διὰ τὸ εὐκολώτερον τοῦ ὑπολογισμοῦ εἰς κλάσμα τῆς ἡμέρας — καὶ εἰς ἐκεῖνον ὅστις ἀντιστοιχεῖ εἰς τὸν μέσον ὅρον τῶν ἀστρικῶν χρόνων τῶν διαβάσεων τῶν ἀστέρων διὰ τοῦ μεσημβρινοῦ τῶν Ἀθηνῶν.

Ἡ μέση διάρκεια τῆς μεσημβρινῆς παρατηρήσεως πρὸς προσδιορισμὸν τοῦ χρόνου ἦτο συνήθως 2.30 — 3 ὥραι καὶ ἐκυμαίνετο μεταξύ 18h 30m — 21h 30m πολιτικοῦ χρόνου (Greenwich).

Κατὰ τὴν ἐπεξεργασίαν τοῦ ὕλικου τῶν παρατηρήσεων καὶ τὸν ὑπολογισμὸν τῶν διαφορῶν στοιχείων, ἐλήφθησαν ὑπ' ὄψιν ἅπασαι αἱ ἀπόλυτοι καταστάσεις τοῦ ἐκκρεμοῦς αἵτινες ὑπελογίσθησαν τῇ βοηθείᾳ τῶν τιμῶν κλίσεως αἱ ὁποῖαι προσδιωρίσθησαν διὰ τῆς ἐπιβατικῆς ἀεροστάθμης. Δὲν ἐλήφθησαν ὑπ' ὄψιν αἱ τιμαὶ τῆς ἀπολύτου καταστάσεως μερικῶν περιόδων καθ' ἃς ἐσημειώθησαν μικραὶ ἢ μεγάλα διακοπαὶ τῶν μεσημβρινῶν παρατηρήσεων. Αἱ διακοπαὶ αὗται προεκλήθησαν εἴτε λόγῳ καθαρισμοῦ τοῦ μεσημβρινοῦ τηλεσκοπίου ἢ διαρρυθμίσεων τῆς αἰθούσης, εἴτε λόγῳ ζημιῶν τοῦ μικρομέτρου, εἴτε καὶ ἔνεκα ἄλλων αἰτίων. Ἐπίσης ἀπερρίφθη καὶ ὠρισμένος ἀριθμὸς τιμῶν τῆς ἀπολύτου καταστάσεως, καθ' ὅσον ὁ γενόμενος ἔλεγχος ἔδειξεν ὅτι δὲν συμβιβάζονται πρὸς τὰς ἐκατέρωθεν καὶ ἐγγύς τιμὰς καὶ ὑπῆρχεν ὑπόνοια ὅτι αὗται ὀφείλονται εἰς σφάλματα παρατηρήσεως.

Ἐξ ἄλλου ὡς πρὸς τὴν χρησιμοποίησιν τῶν τιμῶν τῆς κλίσεως τοῦ ἄξονος περιστροφῆς τῶν ληφθεισῶν τῇ βοηθείᾳ τῆς ἀεροστάθμης ἔχομεν νὰ παρατηρήσωμεν τὰ ἀκόλουθα:

Ἐκ τῆς ἐπὶ τοῦ θέματος τούτου ἐργασίας τοῦ κ. Κωτσάκη πιστοποιεῖται ὅτι ὀφίσταται συστηματικὴ διαφορὰ μεταξύ τῶν τιμῶν κλίσεως τῶν προσδιοριζομένων διὰ τοῦ ὕδραργυρικοῦ κατόπτρου καὶ δι' ἀεροστάθμης. Μάλιστα ἡ ἐτησίᾳ διαφορὰ αὐτῶν κυμαίνεται κατὰ τὸ διάστημα 1917-1940, μεταξύ τῶν ἄκρων τιμῶν + 0,427s (1929) καὶ - 0,261s (1939). Τὴν παρουσίαν τῆς διαφορᾶς ταύτης τὴν ἀποδίδει εἰς σφάλματα τῆς ἀεροστάθμης καὶ ὡς ἐκ τούτου συνιστᾷ διὰ τὸν προσ-

διορισμόν τῆς τιμῆς τῆς κλίσεως τὴν χρησιμοποίησιν τοῦ ὑδραργυρικοῦ κατόπτρου (1).

Ἐπρεπε λοιπὸν νὰ ὑπολογισθοῦν ἐκ νέου ὅλαι αἱ ἀπόλυτοι καταστάσεις τοῦ FENON 55 βάσει τῶν τιμῶν κλίσεως τῶν προσδιορισθεῖσων τῇ βοήθειᾳ τοῦ κατόπτρου. Ἡ σχετικὴ ὁμῶς ἔρευνα τοῦ ὀλικοῦ τῶν παρατηρήσεων ἔδειξεν ὅτι εἰς τὴν σειρὰν τῶν τιμῶν τῶν ἀπολύτων καταστάσεων θὰ παρουσιάζοντο πλεῖστα κενὰ τὰ ὁποῖα θὰ ἐδυσκόλευον τὴν πλήρη μελέτην τῆς πορείας καὶ τῆς ἐν γένει συμπεριφορᾶς τοῦ ἐκκρεμοῦς. Διότι, πολλάκις, ὅταν ἐξετελοῦντο μεσημβριναὶ παρατηρήσεις πρὸς προσδιορισμόν τοῦ χρόνου, ἡ κλίσις τοῦ ἄξονος ἐλαμβάνετο μόνον δι' ἀεροστάθμης οὐχὶ δὲ καὶ διὰ ναδίου καὶ κατὰ συνέπειαν ὅλαι αὐταὶ αἱ παρατηρήσεις θὰ ἀπερρίπτοντο.

Οὐχ ἦττον ὁμῶς ἔπρεπε νὰ ἐξετάσωμεν περισσότερον συγκεκριμένως τὸ ζήτημα αὐτὸ καὶ πρὸς τοῦτο ἐζητήσαμεν νὰ χρησιμοποισώμεν τὰς τιμὰς κλίσεως διὰ κατόπτρου διὰ νὰ ἴδωμεν τὴν ἐπίδρασιν αὐτῶν ἐπὶ τῶν τιμῶν τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ FENON 55 καὶ τῶν πορειῶν αὐτοῦ καὶ ἀντιστοίχως νὰ ἐρευνήσωμεν τὸν ρόλον τὸν ὁποῖον θὰ ἠδύνατο νὰ παίξουν αὗται εἰς τὴν παρούσαν ἐργασίαν. Πρὸς τοῦτο ἐξελέξαμεν ὡς ἔτη ἐρεύνης ἐκεῖνα καθ' ἃ ἐσημειώθησαν αἱ μεγαλύτεραι ἐτήσιαι θετικαὶ ἢ ἀρνητικαὶ τιμαὶ τῆς διαφορᾶς κλίσεως β' - β (κάτοπτρον - ἀεροστάθμη) καὶ κατὰ συνέπειαν αἱ διορθώσεις τῶν τιμῶν τῶν ἀπολύτων καταστάσεων θὰ ἦσαν περισσότερον ἐκδηλοί. Καὶ τοιαῦτα εἶναι τὰ ἔτη 1929 (+0,427s) καὶ 1930 (+0,425s) καὶ ἀντιστοίχως τὰ ἔτη 1939 (-0,261s) καὶ 1940 (-0,241s) δηλ. τὰ ζεύγη ἐκεῖνα κατὰ τὰ ὁποῖα, καθὼς θὰ ἴδωμεν εἰς τὸ Β' μέρος τῆς παρούσης ἐργασίας, ἡ συμπεριφορὰ τῶν τιμῶν τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ ὥρολογίου παρουσιάζει πλεῖστας ὁσας ὁμοιότητας καὶ ἄλλας χαρακτηριστικὰς ἀναλογίας.

Οὕτως ὑπολογίσθησαν ἐκ νέου αἱ ἀπόλυτοι καταστάσεις τοῦ FENON 55 βάσει τῶν τιμῶν τῆς κλίσεως αἵτινες ἐλήφθησαν μετὰ τὴν βοήθειαν τοῦ κατόπτρου καὶ ἐσχηματίσθησαν οἱ εἰς τὸ τέλος τῆς παρούσης ἐργασίας ὑπάρχοντες πίνακες εἰς τοὺς ὁποίους καταχωροῦνται κατὰ σειρὰν: αἱ τιμαὶ τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ FENON 55 ὑπολογισθεῖσαι τῇ βοήθειᾳ τῶν τιμῶν κλίσεως δι' ἀεροστάθμης (ΔΥβ) καὶ ἀντιστοίχως διὰ κατόπτρου (ΔΥβ'), τὸ μέσον σφάλμα (Μ. Ε.) προσδιορισμοῦ τῆς ἀπολύτου καταστάσεως ὑπολογισθὲν βάσει τοῦ τύπου:

$$M. F. = \pm \sqrt{\frac{(\mu)}{\eta(\eta-1)}}$$

ὅπου η εἶναι ὁ καθ' ἐκάστην ἐσπέραν λαμβανόμενος ἀριθμὸς ἀστέρων, αἱ διαφοραὶ τῶν ἀπολύτων καταστάσεων, ὡς καὶ αἱ διαφοραὶ

1) Δ. Κωτσάκης: Μνημ. ἐργ. σ. 17.

τῶν τιμῶν κλίσεως διὰ κατόπτρου καὶ ἀεροστάθμης. Ἐκ τῶν πινάκων τούτων φαίνεται εὐκόλως ὅτι αἱ ἄκραι τιμαὶ τῶν β'-β καὶ ἀντιστοίχως τῶν ΔΥβ'-ΔΥβ εἶναι :

	Μεγίστη	Ἐλαχίστη	Διαφορὰ
β'-β ΔΥβ'-ΔΥβ	+0,58s (15 Ἀπρ. 1929) -0,24s (4 Φεβρ. 1929)	+0,26s (15 Φεβρ. 1929) -0,78s (27 Μαΐου 1929)	+0,32s +0,54s
β'-β ΔΥβ'-ΔΥβ	+0,53s (16 Ἰαν. 1930) -0,32s (27 Ἰαν. 1930)	+0,26s (1 Φεβρ. 1930) -0,68s (16 Ἰαν. 1930)	+0,27s +0,36s
β'-β ΔΥβ'-ΔΥβ	-0,17s (18 Ὀκτ. 1939) +0,61s (2 Ἰαν. 1939)	-0,48s (2 Ἰαν. 1939) +0,12s (24 Φεβρ. 1939)	+0,31s +0,49s
β'-β ΔΥβ'-ΔΥβ	-0,05s (12 Μαρτ. 1940) +0,53s (10 Ὀκτ. 1940)	-0,38s (19 Σεπτ. 1940) +0,06s (12 Μαρτ. 1940)	+0,33s +0,41s

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω συνάγεται ὅτι ἡ ἐπὶ τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐπίδρασις τῆς διαφορᾶς β'-β εἶναι ἀρκούντως σημαντικὴ καὶ ἀπολύτως λαμβανομένη, ὀλίγον μεγαλύτερα τῆς διαφορᾶς τῶν τιμῶν κλίσεως. Πάντως ἡ ἐπίδρασις αὕτη, καθ' ὅλον τὸ διάστημα, δὲν ὑπερβαίνει τὰς ἄκρας τιμὰς + 0,61s καὶ - 0,78s καὶ καθὼς ἐμφαίνουσιν τὰ διαγράμματα τῶν ἐτῶν 1929, 1930 καὶ 1939, 1940 δὲν παίζει οὐδένα οὐσιώδη ρόλον εἰς τὴν παροῦσαν ἔρευναν. Διὰ τοῦτο, ἡ ἑλλειψὶς προσδιορισμῶν τῆς κλίσεως διὰ κατόπτρου καὶ ἐπομένως ἡ χρησιμοποίησις τῶν τιμῶν τῆς ἀεροστάθμης, οὐδεμίαν ἐπίδρασιν ἐπιφέρει ἐπὶ τῶν ἐξαγομένων στοιχείων ἐφ' ὧν στηρίζεται ἡ ὅλη συμπεριφορὰ τῆς πορείας τοῦ FENON 55. Πρέπει ὅμως νὰ τονισθῇ ὅτι τὸ ζήτημα τῆς ἐμφανιζομένης διαφορᾶς τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ FENON 55 καὶ ἐπομένως τὸ πρόβλημα τοῦ ἀκριβοῦς προσδιορισμοῦ τοῦ χρόνου τῶν Ἀθηνῶν εἶναι ὡς εἰκὸς ἄκρως ἐνδιαφέρον καὶ οὐσιῶδες καὶ δεόν νὰ ἐξετασθῇ κεχωρισμένως, τοσοῦτο μᾶλλον ὅσῳ σχετίζεται ἀμέσως μὲ τὴν ἀκριβῆ τιμὴν τοῦ γεωγραφικοῦ μήκους καὶ τὴν παρουσιαζομένην διαφορὰν τῆς ἀπολύτου καταστάσεως τοῦ FENON 55 τὴν προσδιοριζομένην ἐκ μεσημβρινῶν παρατηρήσεων καὶ ἐκ τῆς λήψεως τῶν ὠριαίων σημάτων.

Ἐκ τῶν πραγμάτων ἠναγκάσθημεν νὰ διακρίνωμεν τὸ ὑπὸ μελέτην διάστημα εἰς δύο εἰδῶν τμήματα. Εἰς ἐκεῖνα εἰς τὰ ὁποῖα ἡ γραφικὴ ἀπεικόνισις τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι γραμμικὴ καὶ ἐκεῖνα εἰς τὰ ὁποῖα αὕτη παρίσταται ὑπὸ ἐξισώσεως ἀνωτέρου βαθμοῦ. Τὸ διάστημα τῆς πρώτης κατηγορίας ἐκτείνεται μεταξὺ τῶν ἐτῶν 1916—1926 καὶ 1938, ἐνῶ τὸ δεύτερον καλύπτει τὰ ὑπόλοιπα ἔτη 1926—1941.

Τὰ χρονικὰ διαστήματα τῆς πρώτης κατηγορίας τὰ ἐχωρίσαμεν ὡς ἀκολούθως :

I. — Περίοδος 27 Ιανουαρίου 1917 μέχρι 7 Μαρτίου 1918
(13 μήνες).

Κατ' αὐτὴν οὐδεμία ἐπέμβασις ἐγένετο ἐπὶ τοῦ ὄργανου.

Τοῦναντίον εἰς τὰς 9 Μαρτίου 1918 ὁ δείκτης τῶν δευτερολέπτων τοῦ FENON 55 ἐτέθη ἐν λεπτὸν πρὸς τὰ ἐμπρὸς διὰ νὰ ἐλαττωθῇ κατὰ τὸ ποσὸν τοῦτο ἢ ἀπόλυτος κατάστασις αὐτοῦ. Ἐν συνεχείᾳ τὴν 30ὴν Μαΐου, λόγῳ ἐπισκευῆς τοῦ δαπέδου τῆς μεσημβρινῆς αἰθούσης, ὁλόκληρον τὸ ἔκκρεμὸς ἐξήχθη ὑπὸ τοῦ μηχανικοῦ τοῦ Ἑθν. Ἀστεροσκοπείου J. Koenig καὶ ἀπετέθη εἰς τὴν Ὀργανοθήκην τοῦ Καταστήματος. Μετὰ τὸ πέρασ τῆς ἐπισκευῆς, καθαρισθέν, ἐπανετέθη εἰς τὴν θέσιν αὐτοῦ τὴν 27 Ἰουνίου 1918. Ἐπειδὴ κατὰ τὴν ἐκ τῆς μεσημβρινῆς αἰθούσης εἰς τὴν Ὀργανοθήκην μεταφορὰν του, μετεβλήθη τὸ μῆκος αὐτοῦ, ἐδέησε νὰ ἐλεγχθῇ τοῦτο τρίς ἕως ὅτου ἐπιτευχθῇ τὸ κανονικὸν μῆκος. Κατόπιν καὶ ἄλλων τινων ἐπεμβάσεων, τὸ ἔκκρεμὸς ἤρχισε νὰ λειτουργῇ κανονικῶς ἀπὸ τῆς 30ῆς Ἰουλίου 1918.

II. — Περίοδος 30 Ἰουλίου 1918 μέχρι 27 Δεκεμβρίου 1919
(17 μήνες).

Κατὰ τὴν περίοδον ταύτην οὐδεμία ἐπέμβασις ἐγένετο εἰς τὴν λειτουργίαν τοῦ ἔκκρεμοῦς.

Ἀντιθέτως τὸ ἔτος 1920 εἶναι διὰ τὸ FENON 55 ἔτος πολλῶν ἀνωμαλιῶν, διότι τὸ μὲν πρῶτον πεντάμηνον δὲν ἐγένοντο μεσημβριναὶ παρατηρήσεις καὶ ἐπομένως δὲν εἶχομεν ἀπολύτους καταστάσεις τοῦ ἔκκρεμοῦς, τὸ δὲ δεύτερον, διότι τοῦτο πολλάκις ἐκαθαρίσθη καὶ ἐτέθη εἰς νέαν ὥραν κατὰ τὰς κάτωθι ἡμερομηνίας :

α) 1-6-1920 ἐτέθη εἰς ἀκριβεστέραν ὥραν.

β) 24-7-1920 ἐκαθαρίσθη καὶ ἐτέθη εἰς νέαν ὥραν.

γ) 23-7-1920 ἕως 1-12-1920. Αἰμεσημβριναὶ παρατηρήσεις τῆς περιόδου ταύτης δὲν δύνανται νὰ ληφθοῦν σοβαρῶς ὑπ' ὄψιν διότι κατ' αὐτήν, ἐπειδὴ εἶχον θραυσθῇ δύο νήματα ἀράχνης τοῦ μικρομέτρου τοῦ μεσημβρινοῦ κύκλου Α. Συγγροῦ, παρουσιάζοντο ἀνωμαλῖαι.

δ) 9-5-1921 ἐθίγη καὶ ἐτέθη εἰς νέαν ὥραν.

III. — Περίοδος 12 Μαΐου 1921 μέχρι 27 Δεκεμβρίου 1921
(8 μήνες).

Οὐδεμία ἐπέμβασις ἐγένετο ἐπὶ τοῦ ὄργανου κατὰ τὴν περίοδον ταύτην.

Κατὰ τὰ ἔτη 1922—1924 ἐσημειώθησαν πολλαὶ ἐπεμβάσεις πρὸς διόρθωσιν τῆς πορείας τοῦ FENON 55 καὶ δι' αὐτὸ ἐκρίθη σκόπιμον νὰ μὴ μελετηθῇ ἡ συμπεριφορὰ τοῦ ἔκκρεμοῦς κατὰ τὰ ἔτη ταῦτα.

Αἱ ἐπεμβάσεις αὗται χρονολογικῶς εἶναι αἱ κάτωθι :

α) Τὰς ἀπογευματινὰς ὥρας τῆς 20-5-1922 τὸ ὄργανον ἐθίγη πρὸς ἰσοχρονισμὸν τῶν αἰωρήσεων τοῦ ἔκκρεμοῦς καὶ πρὸς ἐλάττωσιν τῆς ἡμερησίας πορείας του καὶ ἐτέθη εἰς νέαν ὥραν.

- β) 1-7-1922 ἐκαθαρίσθη καὶ ἐτέθη εἰς νέαν ὥραν.
- γ) 10-7-1922 ἐτέθη εἰς νέαν ὥραν.
- δ) 17-7-1922 ἐθίγη ἵνα ἐλαττωθῇ ἡ μεγάλη αὐτοῦ ἀρνητικὴ πορεία.
- ε) 19-7-1922 τὸ ἐκκρεμὲς θιγὲν τὴν 17-7 ὥρα 7 μ. μ. κατὰ 25 ὑποδιαίρέσεις πρὸς τὸ R ἔδειξε τὴν 18-7 ὥρα 9 μ. μ. μεταβολὴν + 10,68s. Πρὸς τοῦτο ἐθίγη τὴν 19 Ἰουλίου ὥρα 10 καὶ 30 π. μ. πρὸς τὸ A, κατὰ 17 ὑποδιαίρέσεις πρὸς ἐκμηδένισιν τῆς νέας πορείας του.
- στ) 23-10-1922 ἐθίγη ἐκ νέου.
- ζ) 1-9-1923 ἐθίγη ἵνα ἐλαττωθῇ ἡ ἀρνητικὴ του πορεία καὶ ἐτέθη εἰς νέαν ὥραν.
- η) 22-11-1924 ἐκαθαρίσθη καὶ ἠλλάγησαν τὰ ἔλαιά του.
- θ) Τὴν 13-12-1924 ἐθίγη πρὸς ἰσοχρονισμόν τῶν αἰωρήσεων του καὶ ἐλάττωσιν τῆς μεγάλης θετικῆς πορείας του.
- ι) Τὴν 10-1-1925 ἐθίγη πρὸς ἐλάττωσιν τῆς θετικῆς πορείας του.

IV. — Περίοδος 10 Ἰανουαρίου 1925 μέχρι 7 Μαρτίου 1926 (14 μῆνες).

Κατ' αὐτὴν οὐδεμία ἐπέμβασις ἐγένετο ἐπὶ τοῦ ὄργανου.

Τοῦναντίον α) εἰς τὰς 10-4-1925 τὸ FENON 55 ἐτέθη εἰς νέαν ὥραν.

β) Τὴν 28-6-1926 ἐσταμάτησε λόγῳ τοῦ ἐπισυμβάντος σεισμοῦ. Ἐτέθη εἰς νέαν ὥραν καὶ ἐθίγη πρὸς ἐλάττωσιν τῆς ἀρνητικῆς του πορείας.

γ) 30-8-1926. Λόγῳ ἀρκούντως ἰσχυρᾶς σεισμικῆς δονήσεως τὸ FENON 55 ἔπαυσε λειτουργοῦν, ἐθίγη δὲ πρὸς ἐλάττωσιν τῆς θετικῆς του πορείας καὶ ἐτέθη εἰς νέαν ὥραν.

V. — Περίοδος 13 Ἰανουαρίου 1938 μέχρι 30 Δεκεμβρίου 1938 (12 μῆνες).

Κατὰ τὴν περίοδον ταύτην οὐδεμία ἐπέμβασις ἐγένετο εἰς τὴν λειτουργίαν τοῦ ἐκκρεμοῦς.

* *

Ὁ χωρισμός τοῦ διαστήματος εἰς μικρὰς περιόδους καὶ ἡ μελέτη τῶν ἀφορώντων τὸ ὥρολόγιον ἐντὸς τῶν περιόδων αὐτῶν ἐπιβάλλεται ἐκ τῶν πραγμάτων, ἐνῶ συγχρόνως οὐδόλως μειώνει τὴν βαρύτητα καὶ ἀξίαν τῶν ἐξαγομένων. Διότι ἐκ τῆς θεωρίας εἶναι

γνωστή (1) ή επίδρασις πολλῶν μετεωρολογικῶν στοιχείων ἐπὶ τῆς ἡμερησίας πορείας (καὶ ἀντιστοίχως ἐπὶ τῆς μεταβολῆς αὐτῆς) τῶν ὥρολογίων.

Οὕτως οἱ M. Wolf καὶ E. Ernst μελετῶντες τὴν πορείαν τῶν τριῶν προτύπων καὶ ἀναλόγων πρὸς τὸ ἡμέτερον, ἐκκρεμῶν τοῦ Ἀστεροσκοπείου τοῦ Heidelberg (Riefler 204, Hohwü 41 καὶ Riefler 44) ἀρκοῦνται διὰ τὴν πλήρη μελέτην ὅλων αὐτῶν εἰς τὰ δεδομένα ἐνὸς μόνου ἔτους (2). Καὶ μεταγενεστέρως ὁ K. Heinemann διὰ πολλὰ ἐκ τῶν ἐκκρεμῶν τοῦ αὐτοῦ Ἀστεροσκοπείου ἐξετάζει περιόδους 12—14 μηνῶν (3). Ἐξ ἄλλου ἡ A. Miroljubova ἐρευνῶσα τὴν ἡμερησίαν πορείαν τοῦ ἀστρικοῦ ἐκκρεμοῦς Riefler 323 τοῦ Ἀστεροσκοπείου τῆς Μόσχας χωρίζει τὸ διάστημα 1917—1921 εἰς δύο περιόδους 20 καὶ 18 μηνῶν καὶ παραλείπει τὸ ἐν τῷ μεταξύ διάστημα τῶν 18 μηνῶν καθ' ὃ διεκόπη ἡ λειτουργία τοῦ ἐκκρεμοῦς (4).

Τὸν τοιοῦτον χωρισμὸν εἰς τὰ διάφορα Ἀστεροσκοπεῖα δὲν τὸν ἐπιβάλλουν μόνον ἡ ἐτησία ἐπάνοδος τῶν ἰδίων περίπου τιμῶν τῶν διαφόρων μετεωρολογικῶν στοιχείων. Τὸν ἐπιβάλλουν καὶ αἱ ἀναπόφευκτοι διακοπαὶ τῆς λειτουργίας τοῦ ὄργανου συνεπεία πλείστων λόγων, ὅποιοι εἶναι αἱ θεληματικαὶ ἢ μὴ ἐπεμβάσεις εἰς τὸ ὄργανον, αἱ βλάβαι ὠρισμένων μερῶν καὶ ἡ ἀνάγκη τῆς ἀντικαταστάσεως αὐτῶν, ἡ ἀνάγκη ἀλλαγῆς τῶν ἐλαίων καὶ τοῦ καθαρισμοῦ τοῦ μηχανισμοῦ, ἡ διακοπὴ λειτουργίας συνεπεία σεισμῶν κλπ. Τοιαύτας ἐπεμβάσεις ἀναφέρει ὁ K. Heinemann εἰς τὰ διάφορα ἐκκρεμῆ τοῦ Ἀστεροσκοπείου τοῦ Heidelberg (5) καὶ ἄλλοι.

Ὁ K. Müller παρατηρεῖ ὅτι τὸ ἐκκρεμὲς Riefler 256 (σταθερᾶς πιέσεως) ἀπὸ τοῦ 1911 εἶχεν ὑποστῇ 12 διακοπὰς, τὸ δὲ Riefler 353 ἀπὸ τοῦ 1917 μέχρι τοῦ 1934, 8 διακοπὰς (6). Ἡ δὲ A. Miroljubova ἐκτὸς τῶν διαφόρων αὐτῶν ἀναγκαστικῶν ἢ μὴ ἐπεμβάσεων εἰς τὸ ὄργανον, πολὺ ὀρθῶς παρατηρεῖ, ὅτι προκειμένου νὰ συγκρίνωμεν τὰ ἐξαγόμενα,

1) Βλ. F. Boquet: Les Observations Méridiennes. Théorie et Pratique, Paris 1909, Tom. I, p. 80 καὶ Σ. Πλακίδου: Μαθήματα Πρακτικῆς Ἀστρονομίας, Ἀθῆναι 1944 Σελ. 51.

2) M. Wolf-E. Ernst: Der Gang der Hauptuhren der Sternwarte. Veröff. Sternwarte zu Heidelberg. B. 6. No 7, 1913, S. 79.

3) K. Heinemann: Über die Gänge der Hauptuhren der Königstuhl Sternwarte, Veröff. Sternwarte zu Heidelberg, B. 8. No 8. 1927, S. 86.

4) Annie S. Miroljubova: Preliminary investigation on the daily-rate of the Riefler No 323 Clock of the Moscow Observatory (Russian Astronomical Journal, Moscow 1924, Tom. I, B. II, p. 96).

5) K. Heinemann: Μν. ἐργ. σελ. 85.

6) K. Müller: Untersuchungen über die luftdichten Pendeluhren der Hamburger Sternwarte in Bergedorf, Hamburg 1937, B. IV. No. 6, S. 115.

μενα τῆς ἡμερησίας πορείας ἑνὸς ἔκκρεμοῦς ἢ χρονομέτρου, ὁ χωρισμός τῶν δεδομένων εἰς μακρὰς περιόδους ἔχει τὸ μειονέκτημα ὅτι δὲν φέρει εἰς φῶς τὰς ἀκριβεῖς τιμὰς ὠρισμένων συντελεστῶν, οἱ ὁποῖοι μεταβάλλονται μετὰ τοῦ χρόνου καὶ ἐπομένως δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ἐξαχθοῦν συμπεράσματα ὥς πρὸς τὰς τυχόν ἐμφανιζομένας μεταβολὰς τῶν συντελεστῶν τούτων⁽¹⁾. Διὰ τοὺς αὐτοὺς καὶ δι' ἄλλους λόγους, τοὺς ὁποίους κατωτέρω θὰ ἀναπτύξωμεν, ὁ K. Müller διατρεῖ τὰ μελετώμενα διαστήματα εἰς ἐτήσια⁽²⁾. Τέλος ὁ N. Dneprovsky μελετῶν τὰ μὴ σταθερᾶς πίεσεως πρότυπα ἔκκρεμῇ Riefler 24 καὶ Riefler 352 τοῦ Κεντρικοῦ Ἀστεροσκοπείου τοῦ Poulkovo, χωρίζει τὸ διάστημα 1916—1924 εἰς περιόδους ἀκόμη μικροτέρας τοῦ ἔτους (3, 4, 5, 6 καὶ 8 μηνῶν) διὰ λόγους τοὺς ὁποίους ἀνωτέρω ἐμνημονεύσαμεν, ἀλλὰ εἰς μερικὰς περιπτώσεις καὶ διότι ἀπλῶς συνέβη μία αἰφνιδία καὶ ὀξεῖα μεταβολὴ εἰς τὴν πορείαν αὐτῶν⁽³⁾.

2. Μελέτη τῆς ἡμερησίας πορείας.

Ἡ ἔρευνα τῆς ἡμερησίας πορείας τοῦ ὥρολογίου κεχωρισμένων κατὰ τὰς 5 μνημονευθείσας περιόδους ἐγένετο πρὸς τὸν σκοπὸν ὅπως εὑρεθῇ, ὁ βαθμὸς τῆς ἐπιδράσεως τὴν ὁποίαν ἐξασκοῦν ἐπ' αὐτῆς ἡ θερμοκρασία, ἡ ἀτμοσφαιρική πίεσις καὶ ἡ παρέλευσις τοῦ χρόνου καὶ ἐπομένως ὅπως διαπιστωθῇ ἡ ποιότης τοῦ ὥρολογίου ἐπὶ τῇ ὑποθέσει ὅτι ἡ συνδέουσα τὰ στοιχεῖα ταῦτα σχέσις εἶναι γραμμικὴ. Δηλαδή ὁ ὑπολογισμὸς τῆς ἡμερησίας πορείας, δι' ἐκάστην περίοδον, ἐγένετο βάσει τοῦ ἀκολουθοῦντος τύπου:

$$g_0 + at + bT + cB - g = 0,$$

ἐνθα:

$$t = \frac{t_2 - t_1}{2} - t_0$$

εἶναι ὁ ἀριθμὸς τῶν ἡμερῶν, αἵτινες διέρρυσαν ἀπὸ τῆς στιγμῆς t_0 ,

$$T = \frac{\int_{t_1}^{t_2} T dt}{t_2 - t_1} - T_0$$

εἶναι τὸ ἄθροισμα τῶν μέσων θερμοκρασιῶν κατὰ τὸ χρονικὸν διάστημα $t_2 - t_1$,

1) A. S. Miroljubowa: Der Gang der Riefler's Uhr 323 im Zeitraum 1921—1928. Journal Astronomique de Russie, Moscow 1929, Tom. II, No. 2, S. 257.

2) K. Müller: Mv. ἐργ. σελ. 127 ἐξ.

3) N. Dneprovsky: On the rates of the Clocks Riefler 24 and Riefler 352 during the years 1916—1924, Bulletin de l'Observatoire Central à Poulkovo, Vol. XI, I, 1927, p. 46 ἐξ.

$$\int_{t_1}^{t_2} B dt$$

$$B = \frac{t_1}{t_2 - t_1} - B_0$$

είναι τὸ ἄθροισμα τῶν μέσων πιέσεων εἰς τὸ διάστημα $t_2 - t_1$

$$g = \frac{\Delta U_2 - \Delta U_1}{t_2 - t_1}$$

(ὅπου $\Delta U_2 - \Delta U_1$ εἶναι ἡ διαφορὰ τῶν καταστάσεων εἰς τὸ χρονικὸν διάστημα $t_2 - t_1$) εἶναι ἡ μέση ἡμερησία πορεία.

Τὰ g_0 , a , b καὶ c εἶναι συντελεσταί, καὶ δὴ g_0 εἶναι ἡ ἡμερησία πορεία τοῦ ἔκκρεμοῦς κατὰ τὴν ἀρχικὴν ἡμερομηνίαν, a ὁ συντελεστής τοῦ χρόνου, b καὶ c εἶναι ἀντιστοίχως ὁ θερμομετρικὸς καὶ βαρομετρικὸς συντελεστής. Ὡς ἀρχικὴ θερμοκρασία T_0 καὶ πίεσις B_0 , ἐκάστης περιόδου ἐλαμβάνοντο ἡ θερμοκρασία καὶ πίεσις τῆς ἀρχικῆς ἡμερομηνίας αὐτῆς:

Εἶναι προφανὲς ὅτι ὁ ὑπολογισμὸς τῶν τιμῶν τῶν συντελεστῶν a , b , c καὶ g_0 γίνεται βάσει στοιχείων, τὰ ὁποῖα προκύπτουν ἐκ τῶν ἀπολύτων καταστάσεων καὶ ἐκ τῶν πορειῶν αὐτῶν ἥτοι ἐκ στοιχείων τὰ ὁποῖα σημειοῦνται ἐντὸς ἐκάστης τῶν θεωρουμένων περιόδων. Ἐπομένως διὰ τοῦ τρόπου τούτου λαμβάνομεν πράγματι μίαν εἰκόνα τῶν φαινομένων τὰ ὁποῖα χαρακτηρίζουν τὸ μελετώμενον ἔκκρεμὸς ἐντὸς τῆς περιόδου ταύτης. Ἡ λύσις τῶν κανονικῶν ἐξισώσεων :

$$\begin{aligned} (\alpha\alpha) g_0 + (\alpha\beta) a + (\alpha\gamma) b + (\alpha\delta) c &= \alpha g \\ (\alpha\beta) g_0 + (\beta\beta) a + (\beta\gamma) b + (\beta\delta) c &= \beta g \\ (\alpha\gamma) g_0 + (\beta\gamma) a + (\gamma\gamma) b + (\gamma\delta) c &= \gamma g \\ (\alpha\delta) g_0 + (\beta\delta) a + (\gamma\delta) b + (\delta\delta) c &= \delta g \end{aligned}$$

καὶ ὁ ὑπολογισμὸς τῶν συντελεστῶν g_0 , a , b καὶ c ἔγινε διὰ τῆς μεθόδου τῶν ἐλαχίστων τετραγώνων. Ἴδου τὰ ἐπὶ μέρους ἀποτελέσματα :

Περίοδος I : Ἐκ τῶν 84 ἐξισώσεων τῆς περιόδου ταύτης (προσδιορισμὸς τοῦ χρόνου κατὰ μέσον ὅρον ἀνά 4,4 ἡμ.) ἐσχηματίσθησαν αἱ κάτωθι κανονικαὶ ἐξισώσεις :

$$\begin{aligned} 84,0000 g_0 + 38,6108 a - 833,1600 b + 167,7200 c &= + 14,2338 \\ 38,6108 g_0 + 24,8185 a - 341,4911 b + 33,2304 c &= + 6,8946 \\ -833,1600 g_0 - 341,4911 a + 11977,7880 b - 2439,0414 c &= - 121,1045 \\ 167,7200 g_0 + 33,2304 a - 2439,0414 b + 1376,6442 c &= + 18,0692 \end{aligned}$$

Διὰ τῆς λύσεως τοῦ συστήματος αὐτοῦ ἐλάβομεν τὰς τιμὰς τῶν συντελεστῶν :

$$\begin{aligned} g_0 &= + 0,235858 \\ a &= - 0,023484 \\ b &= + 0,003995 \\ c &= - 0,008008 \end{aligned} \quad (A)$$

Περίοδος II : Ἐκ τῶν 71 ἐξισώσεων τῆς περιόδου αὐτῆς (μέσον διάστημα προσδιορισμοῦ τοῦ χρόνου 7,1 ἡμ.) εἶχομεν τὰς κάτωθι κανονικὰς ἐξισώσεις :

$$\begin{aligned} 71,0000 \ g_0 + 46,6374 \ a + 468,4700 \ b - 113,3500 \ c &= - 16,4117 \\ 46,6374 \ g_0 + 43,5762 \ a + 336,7027 \ b - 77,7822 \ c &= - 11,4791 \\ 468,4700 \ g_0 + 336,7027 \ a + 5490,0251 \ b - 693,3023 \ c &= - 107,9997 \\ - 113,3500 \ g_0 - 77,7822 \ a - 693,3023 \ b + 537,6681 \ c &= + 25,2801 \end{aligned}$$

Ἐξ αὐτῶν δὲ ἐλάβομεν τὰς ἀκολουθοῦσας τιμὰς τῶν ἀγνώστων :

$$\begin{aligned} g_0 &= - 0,204958 \\ a &= - 0,056577 \\ b &= + 0,000892 \\ c &= - 0,003185 \end{aligned} \quad (B)$$

Περίοδος III : Αἱ κανονικαὶ ἐξισώσεις αἵτινες προέκυψαν ἐκ τῶν 37 ἐξισώσεων τῆς περιόδου ταύτης (προσδιορισμὸς τοῦ χρόνου κατὰ μέσον ὅρον ἀνὰ 6,2 ἡμ.) εἶναι αἱ ἀκόλουθοι :

$$\begin{aligned} + 37,0000 \ g_0 + 10,7601 \ a + 36,0100 \ b - 9,7600 \ c &= + 12,6505 \\ + 10,7601 \ g_0 + 4,1843 \ a + 34,4829 \ b - 13,0293 \ c &= + 3,9385 \\ + 36,0100 \ g_0 + 34,4829 \ a + 1276,2909 \ b - 328,9139 \ c &= + 21,9181 \\ - 9,7600 \ g_0 - 13,0293 \ a - 328,9139 \ b + 286,3298 \ c &= - 7,3878 \end{aligned}$$

Αἱ τιμαὶ δὲ τῶν ἀγνώστων ἐκ τῆς λύσεως τοῦ ἀνωτέρω συστήματος εἶναι :

$$\begin{aligned} g_0 &= + 0,311881 \\ a &= + 0,082406 \\ b &= + 0,004550 \\ c &= - 0,006187 \end{aligned} \quad (Γ)$$

Περίοδος IV : Ἐκ τῶν 137 ἐξισώσεων (προσδιορισμὸς τοῦ χρόνου κατὰ μέσον ὅρον ἀνὰ 3,3 ἡμ.) ἔχομεν τὰς ἐξῆς κανονικὰς ἐξισώσεις :

$$\begin{aligned} + 137,0000 \ g_0 + 69,5104 \ a - 1403,0700 \ b + 66,6400 \ c &= - 55,0279 \\ + 69,5104 \ g_0 + 50,2161 \ a - 766,5022 \ b + 79,8162 \ c &= - 28,5402 \\ - 1403,0700 \ g_0 - 766,5022 \ a + 20512,4903 \ b - 2518,2977 \ c &= + 629,3671 \\ + 66,6400 \ g_0 + 79,8162 \ a - 2518,2977 \ b + 2365,8844 \ c &= - 79,2063 \end{aligned}$$

Ἡ λύσις δὲ αὐτῶν μᾶς ἔδωκε τὰς ἀκολουθοῦσας τιμὰς τῶν συντελεστῶν :

$$\begin{aligned} g_0 &= - 0,356074 \\ a &= + 0,036744 \\ b &= + 0,005371 \\ c &= - 0,018966 \end{aligned} \quad (Δ)$$

Περίοδος V: Ἐκ τῶν 79 ἐξιώσεων (μέσον διάστημα προσδιορισμοῦ τοῦ χρόνου 4,4 ἡμ.) ἐσχηματίσαμεν τὰς ἀκολουθούς κανονικάς ἐξιώσεις :

$$\begin{aligned} &+ 79,0000 \text{ go} + 40,4779 \text{ a} - 736,0900 \text{ b} + 332,9100 \text{ c} = + 8,6069 \\ &+ 40,4779 \text{ go} + 24,9868 \text{ a} - 403,8784 \text{ b} + 171,6392 \text{ c} = + 3,5961 \\ &- 736,0900 \text{ go} - 403,8784 \text{ a} + 10523,2437 \text{ b} - 4100,7051 \text{ c} = - 60,1091 \\ &+ 332,9100 \text{ go} + 171,6392 \text{ a} - 4100,7051 \text{ b} + 2301,5513 \text{ c} = + 21,9983 \end{aligned}$$

Αἱ προσδιορισθεῖσαι δὲ τιμαὶ τῶν ἀγνώστων εἶναι :

$$\begin{aligned} \text{go} &= + 0,270748 \\ \text{a} &= - 0,189150 \quad (\text{E}) \\ \text{b} &= - 0,000237 \\ \text{c} &= - 0,015921 \end{aligned}$$

3. Κριτικὴ τῆς ἐφαρμοσθείσης μεθόδου.

Προτοῦ εἰσέλθωμεν εἰς τὴν συζήτησιν ἐπὶ τῶν ἡμετέρων ἐξαγομένων εἶναι ἀνάγκη ὅπως ὑποβάλωμεν εἰς κριτικὴν τὴν χρησιμοποιηθεῖσαν μέθοδον καὶ ἐξετάσωμεν τὴν ἀκρίβειαν τῶν ἐξαγομένων τὰ ὅποια αὕτη δύναται νὰ μᾶς δώσῃ.

Ἐκ τῶν γραφικῶν παραστάσεων τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ PENON 55 κατὰ τὰς 5 περιόδους, φαίνεται ὅτι αὗται δύνανται νὰ ἐκφρασθοῦν διὰ γραμμικῶν σχέσεων, ἥτοι ὅτι αὗται ἀναλυτικῶς παρίστανται δι' ἐξιώσεων πρώτου βαθμοῦ ὡς πρὸς τὸν χρόνον καὶ τὰς ἀπολύτους καταστάσεις τοῦ ὥρολογίου. Ἐπειδὴ ὅμως ἡ ἐκάστοτε ἀπόλυτος κατάστασις τοῦ ἐκκρεμοῦς δὲν ἡμπορεῖ νὰ χαρακτηρίσῃ τὴν ποιότητα αὐτοῦ, δεόν νὰ μελετῶνται αἱ πορεῖαι ἢ ἀκόμη καὶ αἱ μεταβολαὶ τῶν πορειῶν ἐν συνδυασμῷ πρὸς τοὺς παράγοντας οἱ ὅποιοι προσδιορίζουν τὰς μεταβολὰς ταύτας. Διότι ὡς παρατηρεῖ (1) ὁ H. Kienle εἶναι σκόπιμον νὰ διερευνῶνται αἱ ἡμερήσιαι πορεῖαι προκειμένου νὰ εὕρωμεν τὸ εἶδος τῶν ἐπιδράσεων τῶν διαφόρων παραγόντων ἐπὶ τῆς πορείας τοῦ ὥρολογίου. Σημειωτέον ἐν τούτοις, ὅτι προηγουμένως ὁ B. Wanach εἶχεν ἐκφράσει τὴν ἀμφιβολίαν καὶ τὸν φόβον τοῦ ὡς πρὸς τὴν ἀκρίβειαν τῶν ἐξαγομένων ὅταν χρησιμοποιοῦνται αἱ πορεῖαι ἐνὸς ὥρολογίου πρὸς ἐξαγωγήν τῶν συντελεστῶν θερμοκρασίας καὶ πιέσεως, προκειμένου μάλιστα περὶ πολυετῶν σειρῶν προσδιορισμῶν τοῦ χρόνου. Δι' αὐτὸ καὶ ἐπρότεινε τὴν μελέτην τῶν μεταβολῶν τῶν πορειῶν τοῦ ὥρολογίου (2).

1) H. Kienle: Untersuchungen über Pendeluhrn mit besonderer Berücksichtigung der beiden luftdichten Riefleruhrn, Riefler 23 und Riefler 33, der K. Sternwarte zu München. Neue Annalen der K. Sternwarte zu München 5, Heft 2. καὶ B. Wanach: Astr. Nachrichten 167 S. 65.

2) B. Wanach: Über die Ausgleichung von Uhrgängen, Astr. Nachrichten, B. 167 (1904), S. 65.

Ἡ ἔκφρασις τῆς πορείας συναρτῆσει τῆς θερμοκρασίας εἶναι ὡς γνωστὸν παραβολὴ (1) ἀλλ' ὡς πρώτη προσέγγις καὶ χωρὶς οὐσιώδη μεταβολὴν τῶν ἐξαγομένων λαμβάνεται (2) συνήρως ἡ εὐθεῖα γραμμὴ. Ὁ E. F. Van de Sande Bakhuyzen π. χ. ἠρεύνησε τὸ ζήτημα τοῦτο καὶ κατέληξεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι εἶναι πολὺ ἀμφίβολος ὁ προσδιορισμὸς τοῦ συντελεστοῦ τῆς δευτέρας δυνάμεως τῆς θερμοκρασίας, ὅταν μάλιστα αὕτη εἶναι κάτωθεν τοῦ μηδενός, δι' ὃ καὶ ἐχρησιμοποίησε κυρίως τὸν γραμμικὸν τύπον διὰ τὴν ἔκφρασιν τῆς ἐπιδράσεως τῆς θερμοκρασίας ἐπὶ τῆς πορείας τοῦ ἔκρεμοῦς Hohwü 17 τοῦ Ἀστεροσκοπεῖου τοῦ Leyden (3). Ἐξ ἄλλου καὶ ὁ W. Doberck μελετήσας τὴν πορείαν τοῦ ἀστρικοῦ ἔκρεμοῦς τοῦ Ἀστεροσκοπεῖου τοῦ Hongkong κατὰ διαστήματα μὴ ὑπερβαίνοντα τὸ ἔτος, προσδιώρισε τοὺς συντελεστὰς τῶν δευτέρων δυνάμεων τῆς θερμοκρασίας, ἀλλ' αἱ ἀριθμητικαὶ αὐτῶν τιμαὶ περιορίζονται εἰς τὸ ἑκατοντάκις χιλιοστών ἢ συνηθέστερον εἰς τὸ ἑκατομμυριοστὸν, οὕτως ὥστε νὰ προκύπτῃ ἡ εὐλογος ἀπορία ἂν καὶ κατὰ πόσον εἶναι πρακτικῶς σκόπιμος ἡ εἰσαγωγή τοῦ ὅρου τούτου εἰς τὸν τύπον τὸν ἐκφράζοντα τὴν πορείαν τοῦ ὥρολογίου (4).

Ἀλλὰ καὶ ἡ ἐπὶ τῆς ἡμερησίας πορείας ἐπίδρασις τῆς βαρομετρικῆς πίεσεως ἐκφράζεται ὡσαύτως γραμμικῶς ὑποτιθεμένου ὅτι ἡ θερμοκρασία μένει σταθερά. Αἱ δύο αὗται γραμμικαὶ σχέσεις συμπτύσσονται συνήθως εἰς μίαν καὶ οὕτως ἔχομεν τὴν χρησιμοποιηθεῖσαν ἤδη ἐξίσωσιν πρὸς ὑπολογισμὸν τῆς ἐκάστοτε πορείας τοῦ ὥρολογίου. Ὁ ὑπολογισμὸς τῶν σταθερῶν τῆς ἐξισώσεως τῶν πορειῶν ἐγένετο διὰ τῆς μεθόδου τῶν ἐλαχίστων τετραγώνων, ὑποτιθεμένου πάντοτε ὅτι ἡ συνδέουσα τὴν κατὰστασιν, τὸν χρόνον, τὴν θερμοκρασίαν καὶ τὴν βαρομετρικὴν πίεσιν σχέσις, εἶναι πρώτου βαθμοῦ ὡς πρὸς τὰς μεταβολὰς ταύτας, ἥτοι τῆς μορφῆς:

$$go + at + bT + cB - g = 0 \quad (1)$$

Ἐὰν ὑποτεθῇ ὅτι ἡ σχέσις ἡ συνδέουσα τὰ μνημονευθέντα στοιχεῖα εἶναι πράγματι γραμμικὴ καὶ ἡ κατανομή τῶν ἡμερομηνιῶν τῶν προσδιορισμῶν τοῦ χρόνου ἐντελῶς συμμετρικὴ, ἂν δηλ. αἱ ἀπόλυτοι καταστάσεις τοῦ ἔκρεμοῦς ἀπέχωσιν ἀλλήλων κατ' ἴσα χρονικὰ δια-

1) K. Graff: Grundriss der geographischen Ortsbestimmung, Berlin 1941, S. 98 καὶ Σ. Πλακίδου: Μν. ἐργ. σελ. 51.

2) A. Miroljubowa: Μν. ἐργ. σελ. 98 καὶ N. Dneprovsky Μν. ἐργ. σελ. 46.

3) E. F. Van de Sande Bakhuyzen: On the yearly periodicity of the rates of the standard — clock of the Observatory at Leyden Hohwü 17, Amsterdam 1902, p. 20.

4) W. Doberck: The Time-Service of the Hongkong Observatory, The Observatory, vol. XVIII (1895) p. 298.

στήματα, τότε δύνανται τὰ μεταξύ των διαστήματα νὰ εἶναι μεγάλα καὶ ἐπομένως αἱ ἐξισώσεις τῶν συνθηκῶν νὰ εἶναι ὀλιγάριθμοι, χωρὶς οἱ προσδιοριζόμενοι συντελεσταὶ g_0, a, b, c νὰ ἐπηρεάζωνται ἐξ αὐτοῦ. Ἐὰν ὅμως ἡ σχέσις δὲν εἶναι ἐντελῶς γραμμικὴ καὶ κυρίως ἔὰν ἡ διασπορὰ τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι μεγάλη ὥς πρὸς τὴν μέσην εὐθείαν ἐπὶ τῆς ὁποίας δεχόμεθα ὅτι κατὰ προσέγγισιν κεῖνται ὅλαι αἱ ἀπόλυτοι καταστάσεις τοῦ ὥρολογίου, τότε εἶναι ἀναγκαῖος ὁ μέγας ἀριθμὸς τῶν ἐξισώσεων τῶν συνθηκῶν. Μὲ ἄλλους λόγους τότε χρειάζονται πυκναὶ παρατηρήσεις προσδιορισμοῦ τοῦ χρόνου. Καὶ τοῦτο ἐπειδὴ διὰ τοῦ μεγάλου ἀριθμοῦ τῶν ἐξισώσεων τῶν συνθηκῶν αὐξάνει ὁ βαθμὸς ἀκριβείας τῶν προσδιοριστέων συντελεστῶν, ἀρκεῖ μόνον τὸ χρονικὸν διάστημα εἰς ὃ ἀναφέρονται αὗται νὰ μὴ εἶναι μέγα. Διότι ὥς ὀρθῶς σημειώνει⁽¹⁾ ὁ K. Müller, ὅσον τὰ λαμβανόμενα διαστήματα εἶναι μεγαλύτερα, τόσον ἐπισφαλεῖς εἶναι αἱ τιμαὶ τῶν συντελεστῶν —ἐπειδὴ αὗται μεταβάλλονται μετὰ τοῦ χρόνου— καὶ ἐν τοιαύτῃ περιπτώσει ἡ μετὰ τοῦ διαστήματος αὐξήσις τῶν ἐξισώσεων τῶν συνθηκῶν δὲν ἐπιφέρει βελτίωσιν εἰς τὴν ἀκρίβειαν τῶν προσδιοριστέων συντελεστῶν. Διὰ τὸν λόγον αὐτὸν διαιρεῖ οὗτος τὸ μελετώμενον διάστημα 1912—1934 εἰς περιόδους 2 ἐτῶν καὶ αὐτὰς πάλιν τὰς ὑποδιαιρεῖ εἰς μικροτέρας, ἥτοι εἰς περιόδους ἑνὸς περίπου ἔτους καὶ ἐντὸς αὐτῶν ἰσοσταθμίζει τὰς γενομένας παρατηρήσεις.

Ὡς πρὸς τὸ ζήτημα τῆς μελέτης, οὐχὶ τῶν πορειῶν, ἀλλὰ τῶν μεταβολῶν τῶν πορειῶν ἐνὸς ὥρολογίου ὅπως ἐπρότεινεν ὁ Wanach⁽²⁾ οἱ εἰδικοὶ ἐρευνηταὶ ἔχουν ἐν προκειμένῳ ἀντιθέτους ἀντιλήψεις. Οὗτως οἱ Wolf — Ernst καὶ ὁ Heinemann εἰς τὰς μνημονευθείσας ἐργασίας των λαμβάνουν ὑπ' ὄψιν τὰς πορείας τοῦ ὥρολογίου καὶ ἐν συνεχείᾳ μελετοῦν τὰς μεταβολὰς τῶν πορειῶν, σύμφωνα μὲ τὸν τύπον:

$$T\Delta b + B\Delta c - u = 0 \quad (2)$$

ὅπου T καὶ B εἶναι οἱ αὐτοὶ συντελεσταὶ μὲ τοὺς τοῦ τύπου (1) καὶ u τὰ ὑπολοιπόμενα σφάλματα, ἐνῶ Δb καὶ Δc παριστοῦν τὰς προσδιοριστέας διορθώσεις εἰς τοὺς συντελεστὰς θερμοκρασίας καὶ πιέσεως. Ἀκολούθως ὑπολογίζεται ἡ μέση μεταβολὴ τῆς πορείας e ἀπὸ ἑνα διαστήματος εἰς τὸ ἐπόμενον καὶ οὕτως ἐλέγχεται τελικῶς ἡ ποιότης τῶν ἐκκρεμῶν. Ὁ Dneprovsky χρησιμοποιεῖ τὴν σχέσιν:

$$\Delta G = \alpha \Delta t + \beta \Delta T$$

ἐνθα Δt εἶναι ἡ διαφορὰ τῶν θερμοκρασιῶν αἵτινες ἀντιστοιχοῦν εἰς τὰς χρονικὰς στιγμὰς ἐκ τῶν ὁποίων ἐξήχθη ἡ πορεία, καὶ ΔT ἡ διαφορὰ τῶν δύο αὐτῶν χρόνων.

Ἀντιθέτως ἡ Mirolubowa εἰς ἀμφοτέρας τὰς ἐργασίας της δὲν ἐφαρμόζει τὴν πρότασιν τοῦ Wanach, μολονότι σημειοῖ ὅτι προκειμέ-

1) K. Müller: Μν. ἐργ. σελ. 119.

2) B. Wanach: Μν. ἐργ. σελ. 70.

νου νά κρίνῳμεν περὶ τῆς ποιότητος ἐνὸς ὥρολογίου, εἶναι σκόπιμον νά μελετᾶται ἡ μεταβολὴ τῆς πορείας. Ὁ K. Müller ἔχων ὑπ' ὄψει τὴν μέθοδον τοῦ Wanach καὶ ἐξετάζων διεξοδικῶς αὐτήν, προτιμᾷ νά χρησιμοποιήσῃ, εἰς τὴν βαρυσήμαντον αὐτοῦ ἐργασίαν, κατὰ κανόνα, τὰς πορείας τῶν ὥρολογίων.

Εἶναι ἐνδιαφέρον τὸ πρόβλημα τοῦτο ὅπερ ἔρευνᾷ ὁ Müller καὶ τὸ ὁποῖον σχετίζεται μὲ τὴν κατ' ἀρχὴν δυνατότητα τῆς ἐφαρμογῆς τῆς μεθόδου τῶν ἐλαχίστων τετραγώνων. Ὁ Wanach ἐκφράζει τὴν γνώμην ὅτι κατὰ τὴν χρησιμοποίησιν τῆς μεθόδου τῶν ἐλαχίστων τετραγώνων θὰ ἦτο προτιμώτερον αἱ ἐξισώσεις τῶν σφαλμάτων νά περιέχουν, οὐχὶ τὰς πορείας, ἀλλὰ τὰς ἐκ μεσημβρινῆς παρατηρήσεως ἀπολύτους καταστάσεις τοῦ ὥρολογίου. Διότι ὅταν εἰς τὸν τύπον (1) χρησιμοποιοῦμεν τὰς πορείας, ἐναπομένουν εἰς τὰς ἐξισώσεις τῶν σφαλμάτων, διαφοραὶ αἱ ὁποῖαι δὲν πληροῦν τὰς ἀπαιτήσεις τῆς μεθόδου τῶν ἐλαχίστων τετραγώνων, ἥτις, ὥς γνωστόν, στηρίζεται ἐπὶ τῆς προϋποθέσεως ὅτι πρέπει αὐταὶ νά ἔχουν τυχαῖον χαρακτῆρα (1). Διὰ τοιούτους λόγους εἰσάγει εἰς τὴν ἔρευναν τῶν ἀφορώντων εἰς τὰ ὥρολόγια τὴν χρησιμοποίησιν τῶν μεταβολῶν τῆς ἡμερησίας πορείας. Ὁ Kienle ἐξ ἄλλου λαβὼν ὑπ' ὄψιν του κατὰ τὴν ἰσοστάθμισιν εἰς παλαιὰ ὥρολόγια τὰς ἀπολύτους καταστάσεις δὲν κατέληξεν ἐν γένει εἰς ἱκανοποιητικὰ ἐξαγόμενα (2), ἐνῶ ἄλλοι εἰς ὥρολόγια τύπου Shortt κατάρθωσαν νά εὑρουν τύπον ὅστις ἐκφράζει τὴν ἀπόλυτον κατάστασιν αὐτῶν.

Ὁ Müller ἔχων ὑπ' ὄψει τοῦ ὅλα τὰ συμπεράσματα αὐτὰ καὶ ὑποβάλλων εἰς αὐστηράν κριτικὴν τὸ πλούσιον ὕλικόν τοῦ Ἀστεροσκοπείου τοῦ Hamburg διαφωνεῖ πρὸς τὴν ἀνωτέρω πρότασιν τοῦ Wanach καὶ μετὰ διεξοδικήν, θεωρητικὴν καὶ πρακτικὴν ἔρευναν τοῦ ζητήματος συμπεραίνει τὰ ἀκόλουθα, μὲ τὰ ὁποῖα καὶ συμφωνοῦμεν πλήρως: «Αἱ προϋποθέσεις τῆς μεθόδου τῶν ἐλαχίστων τετραγώνων δὲν πληροῦνται οὔτε διὰ τὰς καταστάσεις, οὔτε διὰ τὰς πορείας, οὔτε διὰ τὰς μεταβολὰς τῶν πορειῶν. Τὰ σφάλματα ἐνὸς ἐκάστου ἐκ τῶν τριῶν αὐτῶν μεγεθῶν δὲν εἶναι ἀνεξάρτητα ἀλλήλων. Ἐκτὸς τούτου τὰ μέσα σφάλματα τῶν καταστάσεων καὶ τῶν πορειῶν αὐξάνουν μετὰ τοῦ χρόνου καὶ λόγῳ τῆς ἀπ' ἀλλήλων ἐξαρτήσεως τῶν σφαλμάτων δὲν εἶναι δυνατὴ μία ἀναγωγὴ ἐπὶ ἴσης ἀκριβείας, διὰ χρησιμοποίησεως βαρῶν. Τὰ σφάλματα τῶν μεταβολῶν τῶν πορειῶν δεικνύουν τοῦλάχιστον τυχαῖον τρόπον ἐκδηλώσεων (συμπεριφορᾶς). Ἀλλ' ἡ ἰσοστάθμισις τῶν μεταβολῶν τῶν πορειῶν ἔχει τὸ σοβαρώτατον μειονέκτημα, ὅτι οἱ ἀριθμοὶ ποὺ περιέχονται εἰς τὰς ἐξισώσεις τῶν συνθηκῶν καὶ οἱ ὁποῖοι ἀποτελοῦν τὴν βάσιν τῆς ἰσοσταθμίσεως, εἶναι πολὺ μικροὶ καὶ δι' αὐτό, ἡ εὐρεσις τῶν ἀγνώστων καθίσταται πολὺ ἀβεβαία. Ἐπειδὴ ἐξ ἄλλου κατὰ τὴν ἰσοστάθμισιν τῶν καταστάσεων,

1) B. Wanach: Μν. ἐργ. σελ. 67.

2) H. Kienle: Μν. ἐργ. σελ. 26.

λόγω τοῦ πολὺ συστηματικοῦ χαρακτηῆρος τῆς συμπεριφορᾶς τοῦ σφάλματος τῆς καταστάσεως, παρεμποδίζεται ἡ εὕρεσις τῶν ἀγνώστων, φίνεται ὅτι ἡ ἰσοστάθμισις τῶν πορειῶν εἶναι ἡ περισσότερον πλεονεκτική* (1).

Ἐὰν ἡθέλομεν ἀκολουθῆσαι τὴν μέθοδον τοῦ Wanach ἔπρεπεν ἐν πρώτοις νὰ προσδιορίσωμεν τὰς τιμὰς τῶν Δb καὶ Δc καὶ τῇ βοηθείᾳ αὐτῶν νὰ εὕρωμεν τὰς τελικὰς τιμὰς τῶν συντελεστῶν b καὶ c διὰ νὰ ἐκφράσωμεν ἀναλυτικῶς τὰς ἐξισώσεις τῆς πορείας τοῦ FE-NON 55 (βλ. κατωτέρω πίνακα Α). Ἄλλ' ἡ μέθοδος αὕτη δὲν σταματᾷ μέχρις ἐδῶ. Διότι προκειμένου νὰ ἐξετασθῇ ἡ ποιότης τοῦ ἐκκρεμοῦς, χρησιμοποιεῖται ὁ τύπος:

$$\varepsilon = \pm \sqrt{\frac{\sum \Delta^2}{\text{ἀρ. ἐξισ.}}} \quad (3)$$

ὅστις μᾶς δίδει τὸ μέσον σφάλμα τῆς μεταβολῆς τῆς πορείας ἐνὸς ὥρολογίου ἀπὸ τὴν δεδομένην στιγμήν t_1 μέχρι τῆς ἐπομένης t_2 . Μὲ ἄλλους λόγους ἡ μέση μεταβολὴ τῆς πορείας εἰς ἰσοῦται πρὸς τὴν τετραγωνικὴν ρίζαν τοῦ ἀριθμητικοῦ μέσου τῶν τετραγώνων τῶν διαφορῶν ἀνὰ δύο διαδοχικῶν ἀνηγμένων πορειῶν. Εὐρίσκοντες τὴν ἀριθμητικὴν τιμὴν τῆς παραστάσεως (3) ἔχομεν ἐν μέτρον προκειμένου νὰ κρίνωμεν περὶ τῆς ποιότητος τοῦ ὥρολογίου, καὶ εἰς τὴν πρᾶξιν, λαμβάνομεν τὴν καλουμένην ἀβεβαιότητα τῆς πορείας (Gangunsicherheit) δηλ. ἕναν ἰδανικὸν ἀριθμὸν, ὅστις κατ' οὐσίαν δὲν μᾶς δίδει τίποτε τὸ πρακτικῶς χρησιμοποιήσιμον καὶ μόνον θεωρητικὴν ἀξίαν δύναται νὰ ἔχη.

Ἐξ ἄλλου προκειμένου νὰ εὕρωμεν τὴν τιμὴν μιᾶς ἀπολύτου καταστάσεως τῇ βοηθείᾳ ἐνὸς κανόνος προεκβολῆς (extrapolation) ὅταν μᾶς δίδεται ἡ πορεία ἐνὸς ὥρολογίου ἡ ὁποία μεταβάλλεται μετὰ τοῦ χρόνου, δυνάμεθα νὰ ὑπολογίσωμεν ἐκ τοῦ χρόνου t_1 ἕως τὸν χρόνον t_2 , τὴν συνολικὴν πορείαν ἐκ τοῦ ἀκολουθοῦ τύπου:

$$G t_2 - t_1 = (t_2 - t_1) g_0 + \sum_{t_1}^{t_2} g t + \sum_{t_1}^{t_2} (\text{ἀρχ. θερμ.} - \text{θερμ. ἡμ.}) b + \sum_{t_1}^{t_2} (\text{ἀρχ. πιεσ.} - \text{πιεσ. ἡμ.}) c \quad (4)$$

ὅπου $(t_2 - t_1)$ σημαίνει τὸν ἐνδιάμεσον χρόνον εἰς ἡμέρας, g_0 τὴν ἡμερησίαν πορείαν τὴν ἀναχθεῖσαν εἰς τὴν ἀρχικὴν θερμοκρασίαν καὶ πίεσιν καὶ ἀντιστοιχοῦσιν εἰς ὠρισμένην ἀρχικὴν στιγμήν t_0 . Ἐπὶ πλέον $g t$ παρίστανται τὴν εἰς χρόνον t ἐπιφερομένην ἐπὶ τοῦ g_0 διόρθωσιν τῆς μεταβολῆς τῆς πορείας μὲ μόνην τὴν συνθήκην ὅτι πρέπει ἡ πόσότης αὕτη νὰ εἶναι μηδέν, ὅταν $t = t_0$. Τὰ b καὶ c παρίστανται τοὺς μνημονευθέντας συντελεστὰς τῆς θερμοκρασίας καὶ πίεσεως.

1) K. Müller: Mn. ἐργ. σ. 154.

Ἡ ἀνωτέρω μεταβολή τῆς πορείας ἐξάγεται ἐκ τοῦ τύπου :

$$gt = a (t - t_0) \quad (5)$$

ὅπου a εἶναι ὁ συντελεστής τῆς ἡμερησίας πορείας καὶ $t - t_0$ τὸ χρονικὸν διάστημα τὸ ὁποῖον παρήλθε ἀπὸ τὴν ἀρχικὴν ἡμερομηνίαν. Τὸ ἄθροισμα τῶν μεταβολῶν τῶν πορειῶν εἰς ἓν διάστημα δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως :

$$\sum_{t_1}^{t_2} gt = \int_{t_1}^{t_2} a (t - t_0) dt \quad \text{τὴν ὁποίαν ὁλοκληρώνοντες ἔχομεν :$$

$$\sum_{t_1}^{t_2} gt = a \left(\frac{t_2 + t_1}{2} - t_0 \right) (t_2 - t_1)$$

Ἐξ αὐτῆς εὐρίσκεται ἡ τιμὴ $\sum_{t_1}^{t_2} gt$, ὅπου a , t_0 , t_1 καὶ t_2 εἶναι τὰ ἀνωτέρω ἀναφερθέντα στοιχεῖα (¹).

Εἰς τὴν ἡμετέραν ὁμῶς ἐργασίαν, δι' οὗς λόγους ἀνεπτύξαμεν ἤδη, δὲν θὰ χρησιμοποιήσωμεν τοὺς τύπους (3) καὶ (4). Διότι, ἐκτὸς τῶν ἄλλων, ἡμεῖς ἐνταῦθα δὲν εἶναι δυνατόν νὰ μελετήσωμεν πολλὰ συγχρόνως ἐκκρεμῇ καὶ κατὰ συνέπειαν δὲν κάμνομεν σύγκρισιν τῆς ποιότητος μεταξὺ των ἢ καὶ πρὸς ἄλλο πρότυπον τοῦ ἡμετέρου Ἀστεροσκοπεῖου. Καὶ ἐπὶ πλέον διότι δὲν δυνάμεθα νὰ συγκρίνωμεν τὸ ἰδικόν μας ἐκκρεμὲς μετ' ἐκκρεμῇ ἄλλων Ἀστεροσκοπεῖων εἰς τὰ ὁποῖα εἶναι διάφοροι αἱ συνθήκαι ἐγκαταστάσεως ὥς καὶ οἱ μετεωρολογικοὶ ὅροι ὑφ' οὗς ταῦτα εὐρίσκονται καὶ λειτουργοῦν. Ἀκόμη δὲ καὶ διότι εἰς πολλὰ ἐκ τῶν ξένων Ἀστεροσκοπεῖων τὰ ἐκκρεμῇ εἶναι σταθερᾶς πίεσεως ἢ καὶ θερμοκρασίας, ἐνῶ εἰς ἄλλα ἢ θερμοκρασία καὶ ἡ πίεσις λαμβάνονται δι' ὀργάνων εὐρισκομένων ἐντὸς τῶν κιβωτίων τῶν ἐκκρεμῶν καὶ εἰς ὠρισμένας θέσεις τῶν διαφόρων μερῶν τοῦ ὀργάνου ἢ εὐρίσκονται ταῦτα ὑπὸ εἰδικᾶς συνθήκας.

4. Τελικὰ ἐξαγόμενα.

Ἔνεκα τῶν ἀνωτέρω λόγων ἐκρίναμεν σκόπιμον νὰ προσδιορίσωμεν μόνον τὰς διορθώσεις τῶν συντελεστῶν θερμοκρασίας Δb καὶ πίεσεως Δc συμφώνως τῷ τύπῳ (2) καὶ τὰς τιμὰς αὐτάς νὰ τὰς προσθέσωμεν ἀλγεβρικῶς εἰς τὰ b καὶ c διὰ νὰ εὕρωμεν τὰς τελικὰς τιμὰς αὐτῶν. Πρέπει ὁμῶς νὰ παρατηρήσωμεν — πρᾶγμα τὸ ὁποῖον ἐπιβεβαιοῦται καὶ ἐκ τῆς πράξεως — ὅτι ἡ πρόσθεσις αὕτη τῶν Δb καὶ Δc δὲν θὰ ἐπιφέρει οὐσιώδη τινα ἀλλαγὴν εἰς τὴν τιμὴν τῶν ἀνωτέρω συντελεστῶν, διότι αἱ προσδιορισθησόμεναι ἀριθμητικαὶ τιμαὶ

1) Βλ. M. Wolf-E. Ernst: *Mn. ἔργ.* σ. 81.

αὐτῶν εἶναι πολὺ μικραί, ἐφ' ὅσον μάλιστα περιορίζονται εἰς ἀριθμοὺς οὔτινες ἀναφέρονται εἰς τὸ δεκάκις χιλιοστὸν τῆς μονάδος καὶ πέραν αὐτοῦ. Ἀλλὰ προέβημεν εἰς τὸν προσδιορισμὸν τῶν τιμῶν τούτων διὰ τὴν κάπως πληρεστέραν ἀπὸ θεωρητικῆς ἀπόψεως ἐξέτασιν τοῦ ζητήματος, οὐχὶ βεβαίως ἀπὸ τῆς ἀπόψεως τῶν πρακτικῶν ἐξαγομένων.

Οἱ σχετικοὶ ὑπολογισμοὶ γενόμενοι τῇ βοηθείᾳ τῆς μεθόδου τῶν ἐλαχίστων τετραγώνων, ἔδωσαν τὰς τιμὰς τῶν Δb καὶ Δc ἐξ αὐτῶν δὲ καὶ ἐκ τῶν τιμῶν τῶν στοιχείων g_0 , a , b , c τῶν διδομένων ἐκ τῶν σχέσεων (Α), (Β) . . (Ε) ἐσχηματίσθησαν αἱ ἐξισώσεις τῆς πορείας τοῦ FENON 55 αἱ καταχωρούμεναι εἰς τὸν ἀκόλουθον πίνακα Α :

ΠΙΝΑΞ Α

Εξισώσεις τῆς πορείας τοῦ FENON 55

I. Περίοδος 1917 — 1918 :

$$\Delta b = + 0,0000 \ 776 \qquad \Delta c = + 0,0000 \ 970$$

$$G = + 0,235858s - 0,023484s \text{ (ἡμερ. — 1917,16) } + 0,004073s \text{ (+ 8,39° — } \tau) \\ - 0,007911s \text{ (755,00 mm — } p) \qquad (5A)$$

II. Περίοδος 1918 — 1919 :

$$\Delta b = - 0,0000 \ 203 \qquad \Delta c = + 0,0000 \ 277$$

$$G = - 0,204958s - 0,056577s \text{ (ἡμερ. — 1918,58) } + 0,000872s \text{ (+ 26,17° — } \tau) \\ - 0,003157s \text{ (750,20 mm — } p) \qquad (5B)$$

III. Περίοδος 1921 :

$$\Delta b = + 0,0000 \ 232 \qquad \Delta c = + 0,0002 \ 007$$

$$G = + 0,311881s + 0,082406s \text{ (ἡμερ. — 1921,36) } + 0,004573s \text{ (+ 22,56° — } \tau) \\ - 0,005986s \text{ (751,50 mm — } p) \qquad (5Γ)$$

IV. Περίοδος 1925 — 1926 :

$$\Delta b = + 0,0000 \ 731 \qquad \Delta c = - 0,0000 \ 220$$

$$G = - 0,356074s + 0,035744s \text{ (ἡμερ. — 1925,03) } + 0,005444s \text{ (+ 6,84° — } \tau) \\ - 0,0'8988s \text{ (753,30 mm — } p) \qquad (5Δ)$$

V. Περίοδος 1938 :

$$\Delta b = - 0,0000 \ 142 \qquad \Delta c = - 0,0000 \ 175$$

$$G = + 0,270748s - 0,189150s \text{ (ἡμερ. — 1938,04) } - 0,002251s \text{ (+ 12,00° — } \tau) \\ - 0,015939s \text{ (756,00 mm — } p) \qquad (5Ε)$$

Αἱ ἀνωτέρω ἐξισώσεις δίδουν ἱκανοποιητικὰ ἐξαγόμενα μόνον ὅταν ἰσχύουν αἱ προϋποθέσεις ὑπὸ τὰς ὁποίας ὑπελογίσθησαν οἱ συντελεσταὶ g_0 , a , b , c . Ἡ στιγμιαία δηλ. πορεία τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐξαρ-

τάται κυρίως ἐκ τῶν δύο ἀπολύτων καταστάσεων αὐτοῦ ἐκ τῆς διαφοράς τῶν ὁποίων αὕτη ἐξήχθη καὶ ἐπομένως διὰ νὰ εἶναι ἀκριβὴς καὶ νὰ προσεγγίξῃ τὴν ἀληθῆ, ἀνάγκη ὅπως εἶναι γνωστὰ καὶ ληφθῶν ὑπ' ὅψιν ὅλαι αἱ κατὰ τοὺς χρόνους προσδιορισμοὶ τῶν ἀπολύτων καταστάσεων ἐπιδράσεις ἐπὶ τοῦ ὄργάνου. Εἰς τὴν περίπτωσιν ταύτην εὐρίσκομεν μὲ μεγάλην ἀκρίβειαν τὸν ἀληθῆ χρόνον τοῦ τόπου. Ἀλλ' ὥς γνωστόν, δὲν εἶναι δυνατόν νὰ ληφθῶν ὑπ' ὅψιν ὅλαι αἱ ἐπὶ τοῦ ὥρολογίου ἐπιδράσεις καὶ μάλιστα νὰ ἐλεγχθῶν αὗται, καὶ δι' αὐτό, εἰς τὸ τελικόν ἐξαγόμενον θὰ παρουσιάζεται πάντοτε μία ὠρισμένη ἀπόκλισις. Εἰς τοὺς ἀνωτέρω τύπους εἶχομεν ὑπ' ὅψει τὴν θερμοκρασίαν καὶ τὴν πίεσιν, ἀπεκλείσθησαν ὅμως, ὡς εἰκός, πλεῖσται ἀπότομοι ἀνωμαλῖαι προκαλούμεναι ἐκ διαφόρων ἄλλων αἰτίων ὅπως π. χ. λόγω σεισμῶν, ἀλλὰ ἀκόμη καὶ λόγω ἐκτάκτων βαρομετρικῶν μεταβολῶν καὶ ἀντιστοίχως θερμομετρικῶν ἀναστροφῶν. Ἐπομένως θὰ ἡδύνατο νὰ λεχθῇ, ὅτι διὰ τῶν σχέσεων τούτων προσεγγίζομεν ἐκάστοτε τὴν πραγματικὴν ἀλλ' ἄγνωστον πάντοτε ἐξίσωσιν τῆς πορείας τοῦ ὥρολογίου — ἀλλ' ὅπως δεικνύουν αἱ γενόμεναι δοκιμαὶ αἱ σχετικαὶ ἀποκλίσεις κυμαίνονται ἐντὸς πολὺ περιορισμένων ὁρίων καὶ δὲν ἀφίστανται αἰσθητῶς τῶν ἀντιστοίχων ἀποκλίσεων ξένων Ἀστεροσκοπείων.

Ἐάν ὡς τύπους ὑπολογισμοῦ μιᾶς καταστάσεως τοῦ FENON 55 εἰς ἓν οἰονδήποτε ἐκ τῶν ἄνω χρονικῶν διαστημάτων χρησιμοποιοῦσμεν ἀντιστοίχως τὰς ἐξισώσεις (5A) — (5E), δηλ. τὴν (1) ἀντὶ τῆς σχέσεως (4) εἰς τὴν ὁποίαν εἰσέρχεται ἡ μεταβολὴ τῆς πορείας, τὸ σφάλμα τὸ ὁποῖον γίνεται εἰς τὰ προκύπτοντα ἐξαγόμενα εἶναι μικρότερον τῶν σφαλμάτων τοῦ ὄργάνου τὰ ὁποῖα εἰσέρχονται εἰς τοὺς ὑπολογισμοὺς προκειμένους νὰ εὐρεθῶν αἱ τιμαὶ τῶν ἀπολύτων καταστάσεων καὶ ἀντιστοίχως τῶν πορειῶν τοῦ ὥρολογίου. Ἐπομένως ἡ μὴ χρησιμοποίησις τοῦ τύπου (4) οὐδεμίαν οὐσιώδη βλάβην ἐπέφερον εἰς τὰ ἡμέτερα ἐξαγόμενα καὶ εἰς τὴν πρᾶξιν δὲν ἐπῆλθε καμμία αἰσθητὴ μεταβολή. Ἐξ ἄλλου καὶ οἱ τύποι (5A) — (5E) πληροῦν τὰς ἀρχικὰς συνθήκας εἰς τὰς ὁποίας ὑπόκειται καὶ ὁ (4) καὶ συνεπῶς ὁ κατὰ προεκβολὴν (extrapolation) ὑπολογισμὸς μιᾶς ἀπολύτου καταστάσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς ἐντὸς τῶν θεωρουμένων διαστημάτων, ἐφ' ὅσον ταῦτα δὲν εἶναι μεγάλα, καθὼς φαίνεται ἐκ τῆς πράξεως, μᾶς δίδει ἀποτελέσματα ἀρκούντως ἱκανοποιητικά.

Χάριν συνολικῆς θεωρήσεως καὶ συγκρίσεως τῶν τιμῶν τῶν συντελεστῶν τοῦ χρόνου, τῆς θερμοκρασίας καὶ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως ὡς καὶ τῶν μέσων ἀρχικῶν ἡμερησίων πορειῶν τοῦ ἐκκρεμοῦς κατὰ τὰς περιόδους I — V, ἐσχηματίσθη ὁ πίναξ B. Εἰς αὐτὸν ἐπρωτάχθησαν αἱ περίοδοι ἐκεῖναι καθ' ἃς ἡ ἡμερησία πορεία εἶναι θετική. Θεωροῦμεν περιττὸν ν' ἀναφέρωμεν ὅτι, ὡς ἐμφαίνεται ἐκ τῶν προηγούμενων, ἡ ἀλλαγὴ τοῦ σημείου τοῦ go, ὀφείλεται εἰς τὰς ἐκάστοτε θεληματικὰς ἢ μὴ ἐπεμβάσεις ἐπὶ τοῦ ὄργάνου.

ΠΙΝΑΞ Β

**Περιέχων τὰς τιμὰς τῶν συντελεστῶν τῶν ἐξισώσεων τῆς
πορείας τοῦ FENON 55**

	Περίοδος	g ₀	a	b	c
I	1917—1918	+ 0,235858	— 0,023484	+ 0,004073	— 0,007911
III	1921	+ 0,311881	+ 0,082406	+ 0,004573	— 0,005986
V	1938	+ 0,270748	— 0,189150	— 0,000251	— 0,015939
II	1918—1919	— 0,204958	— 0,056577	+ 0,000872	— 0,003157
IV	1925—1926	— 0,356074	+ 0,036744	+ 0,005444	— 0,018988

Συμφώνως πρὸς τὰ δεδομένα τοῦ πίνακος τούτου ὁ συντελεστής τῆς βαρομετρικῆς πιέσεως ἔχει εἰς ὅλας τὰς περιόδους ἀρνητικὴν τιμὴν, ἐνῶ τὰ σημεῖα τῶν δύο ἄλλων συντελεστῶν, δηλ. τῆς θερμοκρασίας καὶ τοῦ χρόνου δὲν παρουσιάζουν κανέν κοινόν χαρακτηριστικόν, ὥστε νὰ δύναται ἐξ αὐτοῦ νὰ συναχθῇ οἰαδήποτε σχέσεις συνδέουσα τὰ στοιχεῖα ταῦτα. Αἱ τιμαὶ τῶν συντελεστῶν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως εἶναι κατ' ἀπόλυτον τιμὴν μεγαλύτεραι τῶν τῆς θερμοκρασίας, ἀλλ' οἱ δεῦτεροι συγκρινόμενοι πρὸς ἀλλήλους ὑπόκεινται εἰς πολὺ μεγαλυτέρας μεταβολὰς ἐντὸς τῶν δύο ομάδων τῶν πέντε περιόδων, παρ' ὅτι παρουσιάζουν αἱ τιμαὶ τῶν συντελεστῶν τῆς πιέσεως. Ἡ κριτικὴ αὕτη γίνεται βεβαίως μὲ τὰς ἐπιφυλάξεις τὰς ὁποίας ἐπιβάλλει τὸ γεγονός ὅτι αἱ συγκρινόμεναι περίοδοι ἀπέχουν πολὺ ἀλλήλων καὶ κατὰ τὸ διάστημα αὐτὸ ἐγένοντο διάφοροι ἐπεμβάσεις εἰς τὸ ὄργανον οὕτως ὥστε ἡ πορεία τοῦ ν' ἀλλάξη φορὰν. Οὐχ' ἦτον ὁμοῦ ἡ κριτικὴ αὕτη ἐνδείκνυται νὰ γίνῃ εἰς τὴν προκειμένην περίπτωση καὶ τὰ σχετικὰ ἐξαγόμενα ἐνέχουν πιθανῶς γενικώτερον ἐνδιαφέρον (1).

Ἐξ ἄλλου συγκρίνοντες μεταξύ των, τὰς τιμὰς τῶν συντελεστῶν ὅλων τῶν περιόδων, συνάγομεν τὸ συμπέρασμα ὅτι αὗται δὲν ἀφίστανται ἀλλήλων εἰς τρόπον ὥστε τὰ εἴμεθα εἰς θέσιν νὰ τὰς δεχθῶμεν ὅλας ὡς ἀκριβεῖς. Ἐάν μάλιστα παραβάλωμεν τὰς τιμὰς ταύτας πρὸς τὰ τιμὰς τὰς ὁποίας δίδουν οἱ Wolf - Ernst καὶ Heinemann διὰ τὸ Ἀστεροσκοπεῖον τῆς Αἰδελβέργης καὶ ἡ Mirolubowa διὰ τὸ Ἀστεροσκοπεῖον τῆς Μόσχας, βλέπομεν ὅτι αἱ τιμαὶ αἱ ὁποῖαι συνάγονται ἐκ τῶν προσδιορισμῶν τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ ἡμετέρου ὁργάνου εἶναι κατὰ κανόνα, ἀπολύτως λαμβανόμεναι, αἰσθητῶς μικρότεραι καὶ ἐφ' ὅσον αὗται ἀποτελοῦν μέτρων διὰ τὴν ποιότητα τοῦ ὥρολογίου, εἶναι ἐξαιρετικῶς ἱκανοποιητικά. Ἰδιαιτέρως αἱ τιμαὶ

(1) Βλ. Ἀνάλογον σύγκρισιν καὶ εἰς μνημονευθεῖσαν ἐργασίαν K. Müller: σ. 145—146.

τῶν συντελεστῶν συμφωνοῦν πρὸς τὰ ἐξαγόμενα τῶν Wolf - Ernst καὶ Heinemann.

Τέλος ἔὰν ἠθέλωμεν κάμει μία σύγκρισιν τῶν πέντε περιόδων μεταξύ των, προκειμένου νὰ κρίνωμεν τὴν συμπεριφορὰν τοῦ προτύπου ἡμῶν ἔκκρεμοῦς, καταλήγομεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι : Ἡ ἐξίσωσις τῆς πορείας τοῦ FENON 55 εἶναι καλλιτέρα καὶ τὴν περίοδον II, ἔπειτα ἔρχεται ἡ περίοδος V, ἀκολουθεῖ ἡ III καὶ τελευταία εἶναι ἡ περίοδος IV. Ἐὰν ᾔτο δυνατόν νὰ γίνῃ σύγκρισις τῆς πορείας τοῦ ἡμετέρου ὥρολογίου πρὸς τὴν τῶν προμνημονευθέντων ἔκκρεμῶν, μολονότι αἱ συνθῆκαι λειτουργίας αὐτοῦ εἶναι διάφοροι (εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ Ἀστεροσκοπείου τῆς Μόσχας αἱ κυμάνσεις τῆς πίεσεως εἶναι αἱ αὐταί, ἂν μὴ μεγαλύτεραι τῶν ἡμετέρων) θὰ συνήγετο τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ συμπεριφορὰ τοῦ FENON 55 εἶναι ἐν γένει καλλιτέρα τῆς τῶν ἔκκρεμῶν R. 44, R. 204, H. 41, R. 380 καὶ DK 52 τοῦ Ἀστεροσκοπείου τοῦ Heidelberg (1) καὶ τοῦ R 323 τοῦ Ἀστεροσκοπείου τῆς Μόσχας (*).

1) M. Wolf - E. Ernst: *Mv. ἐγγ.* σ. 84 καὶ K. Heinemann: *Mv. ἐγγ.* σ. 87.

2) A. Mirslubowa: Der Gang der Riefler's Uhr 323 im Zeitraum 1921 — 1928, *Journal Astronomique de Russie*, Moscow 1929, T. II, No. 2, S. 262 — 264.

ΜΕΡΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΝ

Β'. ΕΡΕΥΝΑ ΤΟΥ ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΟΣ 1926 - 1941

Κατά τὸ πρῶτον διάστημα (1916 — 1926), ὅπως ἐμνημονεύθη ἤδη, ἐσημειώθησαν πλεῖστοι διακοπαὶ τῆς λειτουργίας τοῦ ἐκκρεμοῦς λόγῳ καθαρισμῶν, ἐργασιῶν εἰς τὴν αἴθουσαν, μετακινήσεων τοῦ ὑπεδάφους καὶ ἀποτόμων μεταβολῶν τῆς πορείας αὐτοῦ. Διὰ τοὺς λόγους τούτους καθὼς ἐπίσης καὶ διότι κατ' αὐτὴν διεκόπτετο ἐπὶ ἀρκετοὺς μῆνας ὁ προσδιορισμὸς τοῦ χρόνου — καὶ ἀντιστοίχως τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ ἐκκρεμοῦς — παρελήφθησαν μερικὰ χρονικὰ διαστήματα καὶ κατὰ συνέπειαν καθίστατο ἀπολύτως ἀδύνατος ἡ συνολικὴ θεώρησις τῶν φαινομένων ποὺ συνοδεύουν τὴν ὅλην συμπεριφορὰν τοῦ FENON 55. Τὸ ἀντίθετον ἀκριβῶς συμβαίνει μὲ τὸ διάστημα 1926 - 1941. Διότι τὸ κύριον χαρακτηριστικὸν ὅπερ τὸ διακρίνει, εἶναι ἡ τακτικὴ ἐκτέλεσις παρατηρήσεων πρὸς προσδιορισμὸν τοῦ χρόνου, ἡ ἐμφανὴς βελτίωσις τῶν φαινομένων τὰ ὁποῖα παρουσιάζουν αἱ σταθεραὶ τοῦ ὀργάνου αἱ εἰσερχόμεναι εἰς τὴν εὐρεσιν τοῦ χρόνου (1), ἡ συνεχὴς καὶ λεπτομερὴς παρακολούθησις τῶν φαινομένων τοῦ ἀστρικοῦ τούτου ἐκκρεμοῦς καὶ ἐπομένως ἡ πλήρης εἰκὼν τὴν ὁποίαν ἐμφανίζει ἡ καμπύλη τῶν ἡμερησίων ἀπολύτων καταστάσεων αὐτοῦ

Κατὰ συνέπειαν καὶ ἡ εἰκὼν τὴν ὁποίαν παρουσιάζει ἡ γραφικὴ παράστασις τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ FENON 55 κατὰ τὸ διάστημα 1926 - 1941 (ἐξαιρέσει μικροῦ τμήματος κατὰ τὸ 1937 - 1938) ἐπέβαλε τὸν χωρισμὸν καὶ τὴν ἰδιαιτέραν μελέτην καὶ ἔρευναν τῶν ἀφορώντων εἰς τὴν πορείαν αὐτοῦ καὶ ἰδίᾳ τὴν πιθανὴν αἰτίαν ἡ ὁποία προκαλεῖ τὰς μεταβολὰς αὐτῆς. Τὸ χρονικὸν τοῦτο διάστημα περιλαμβάνον 15 συνεχῆ ἔτη, κατὰ τὴν διάρκειαν τῶν ὁποίων μόνον τρεῖς διεκόπη ἡ λειτουργία τοῦ ἐκκρεμοῦς καὶ τοῦτο διὰ νὰ ἀλλαγοῦν τὰ ἔλαια καὶ ἐπὶ τῇ εὐκαιρίᾳ ταύτῃ νὰ διορθωθῇ ἡ ἀπόλυτος κατάστασις αὐτοῦ, εἶναι ἀρκετὰ μακρὸν ὥστε νὰ πληροῖ τὰς προϋποθέσεις αἰτινες ἀπαιτοῦνται διὰ τὴν λεπτομερεστέραν σπουδὴν τῶν ἀφορώντων τὸ ὑπὸ μελέτην ὥρολόγιον (2). Ὡς εἵπομεν εἰς τὸ Α'. μέρος, προκειμένου νὰ μελετηθῇ ἡ πορεία τοῦ ἐκκρεμοῦς ὅταν αὕτη ἔχει μεταβολὴν γραμμικοῦ χαρακτῆρος ἔδει νὰ ληφθῶσιν σχετικῶς βραχέα χρονικὰ διαστή-

(1) Δ. Κωτσάκης: Μν. ἐργ. σελ. 22.

(2) Πρβ. Μνημ. ἐργασίας: Mirolubowa, Dneprovsky, Wolf-Ernest Heinemann, Doberck.

ματα, δι' οὓς λόγους ἐκεῖ ἐξεθέσαμεν. Προκειμένου ὁμως περί τῆς σπουδῆς τῶν μεταβολῶν τῆς πορείας, ὅταν αὐται παρουσιάζωσι περιοδικὸν χαρακτήρη, ἡ ἔκτασις τῶν θεωρουμένων διαστημάτων δεόν νά εἶναι μακροτέρα καὶ καθορίζεται ἐν γένει ὑπὸ τῆς περιόδου τοῦ φαινομένου.

Πρὸς καλλιτέραν καὶ συστηματικωτέραν μελέτην τῆς πορείας τοῦ ὥρολογίου παρεστάθησαν γραφικῶς αἱ ἀπόλυτοι καταστάσεις αὐτοῦ αἵτινες ἀναφέρονται εἰς τὰς ἡμέρας καθ' ἃς, τῇ βοιθείᾳ τοῦ μεσημβρινοῦ τηλεσκοπίου, ἐγένετο προσδιορισμὸς τοῦ χρόνου. Αἱ γραφικαὶ αὐταὶ παραστάσεις ἐχαράχθησαν οὕτως ὥστε ἡ τετμημένη νά παριστάνη τὸν χρόνον εἰς ἡμέρας καὶ ἡ τεταγμένη τὴν τιμὴν τῆς ἐκαστοτε ἀπολύτου καταστάσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς (*). Οὕτως ἐλήφθη τὸν διάγραμμα Α ὅπερ χωρίζεται εἰς 4 τμήματα ἅτινα περιλαμβάνουν τὰς περιόδους α'.) 1926 — 1928, β'.) 1928 — 1932, γ'.) 1932 — 1937, δ'.) 1937 — 1941. Ἡ διαίρεσις αὕτη ἐπεβλήθη λόγῳ τῶν σημειωθεῖσων διακοπῶν εἰς τὴν λειτουργίαν τοῦ ἐκκρεμοῦς.

Ἡ λεπτομερὴς καὶ προσεκτικὴ παρακολούθησις τῶν γραφικῶν παραστάσεων τῶν ἀπ' αὐτῶν καταστάσεων τοῦ FENON 55 μᾶς διδὲι τὰ ἀκόλουθα χαρακτηριστικὰ αὐτῶν τὰ ὅποια καὶ σημειώνομεν κεχωρισμένως.

1. Μικροχρόνιος καὶ ἐτησίαι κύμανσις

Ἀπὸ τῆς 31ης Αὐγούστου 1926, ὅτε ἡ κατάστασις ἦτο $-0,15s$ σημειοῦται αὐξήσις μὲ περιοδικὴν ἐτησίαν κύμανσιν, μέχρι τῆς 15. Ἰουνίου 1928, ὁπότε εἶχομεν ἀπόλυτον κατάστασιν $+45,26s$.

Τὴν 16ην Ἰουνίου 1928 ἐγένετο ἀλλαγὴ ἐλαίων καὶ τὸ ἐκκρεμὲς ἐτέθη εἰς νέαν ὥραν (ἀπόλυτος κατάστασις $-0,15s$). Μετὰ τὸν καθαρισμόν παρατηρεῖται συνεχὴς αὐξήσις τῆς τιμῆς τῆς ἀπολύτου καταστάσεως αὐτοῦ, μὲ περιοδικὴν ἐτησίαν κύμανσιν, μέχρι τῆς 24 Ἰουνίου 1932, ὁπότε αὕτη ἦτο $+41,98s$ (Περὶ τὴν 11ην Ἀπριλίου ἡ ἀπόλυτος κατάστασις ἦτο $+44,55s$).

Εἰς τὰς 25 Ἰουνίου 1932 ἠλλάγησαν τὰ ἔλαια τοῦ ἐκκρεμοῦς καὶ ἐτέθη εἰς νέαν ὥραν (ἀπόλυτος κατάστασις $+9,51s$). Ἀπὸ τὰς 25 Ἰουνίου 1932 σημειοῦται πτώσις εἰς τὴν τιμὴν τῆς ἀπολύτου καταστάσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς, μὲ περιοδικὴν κύμανσιν ἐντὸς τοῦ ἔτους, μέχρι τῆς 2ας Ἀπριλίου 1937 ὁπότε ἔφθασε εἰς $-77,86s$.

Τὴν 5ην Αὐγούστου 1937 ἔγινεν ἀλλαγὴ ἐλαίων καὶ τὸ ἐκκρεμὲς εἶχεν ἀπόλυτον κατάστασιν $-0,30s$. Ἐκτοτε παρατηρεῖται αὐξήσις τῆς τιμῆς τῆς ἀπολύτου καταστάσεως αὐτοῦ μέχρι τῆς 17ης Δεκεμβρίου 1941 (ἀπόλυτος κατάστασις $+87,15s$). Διὰ τὴν μορφήν τῆς παραστάσεως ταύτης περὶ τὴν ἡμερομηνίαν τῆς διορθώσεως τοῦ 1937

(*) Εἰς τὰ διευκρινήματα τῶν ἐτῶν 1923, 1930, 1939, 1940 ἔχουν προστεθεῖ καὶ αἱ ἀπόλυτοι καταστάσεις ὑπολογισθεῖσαι ἐκ τῶν διὰ ναδιῶ ληφθεισῶν τιμῶν κλίσεως.

δέον νά σημειωθῇ τὸ ἑξῆς: Πρὸ τῆς διορθώσεως αἱ γραφικαὶ παραστάσεις τῶν ἀπολύτων καταστάσεως τῶν ἔτων 1936 καὶ 1938, δεικνύουν ἀπότομον πτώσιν καὶ ἡ μορφή των ὁμοιάζει μᾶλλον πρὸς εὐθείαν. Μετὰ τὴν διόρθωσιν δηλ. τὸ ἥμισυ τοῦ 1937 καὶ ὁλόκληρον τὸ 1938 ἡ ἄνοδος εἶναι πολὺ ἀπότομος, καὶ ἡ καμπύλη προσεγγίζει τὴν εὐθείαν. Ἡ τοιαύτη μορφή τῆς παραστάσεως τοῦ 1938 εἶναι αἰσθητὴ τοσοῦτο μᾶλλον ὥσθ κατὰ τὰ ἐπόμενα ἔτη 1939, 1940 καὶ 1941 ἡ συμπεριφορὰ αὕτη τῆς καμπύλης αἰφνιδίως ἐξαφανίζεται.

Ἐὰν ἐξαιρέσωμεν τοὺς τέσσαρας μῆνας τοῦ 1926, καθ' οὓς δὲν σημειοῦται ἐμφανὲς κύμανσις, κατὰ τὰ ὑπόλοιπα ἔτη παρουσιάζεται σαφεστάτη περιοδικὴ μεταβολὴ τῆς καμπύλης τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τῆς ὁποίας τὰ μέγιστα καὶ ἐλάχιστα καταχωροῦνται εἰς τὸν κατωτέρω πίνακα Γ. Εἰς αὐτὸν περιλαμβάνονται ἐπὶ πλέον καὶ τὰ εὖρη τῶν ἔτων ἐκείνων καθ' ἃ ἐγένετο ἀλλαγὴ ἐλαίων καὶ διορθώσις τῆς ἀπολύτου καταστάσεως τοῦ ἔκκρεμοῦς.

Ἐὰν παρατηρήσωμεν τὴν μορφήν τῆς καμπύλης ἐκάστου ἔτους, θὰ ἴδωμεν ὅτι αὕτη παρουσιάζει κυρτότητα εἰς τὸ διάστημα τὸ περιλαμβανόμενον μεταξὺ τῶν μηνῶν Φεβρουαρίου—Ἀπριλίου καὶ ἐπομένως κατ' αὐτὸ σημειοῦται μέγιστον. Τὸ φαινόμενον τοῦτο εἶναι αἰσθητὸν, καὶ μὲ ὀξύτητα μάλιστα, κατὰ τὰ ἔτη 1927, 1928, 1929, 1930, 1931, 1932, 1933, 1934, 1935 μολὶς αἰσθητὸν κατὰ τὰ ἔτη 1936, 1937 καὶ 1938 (διότι κατ' αὐτά, καθὼς ἤδη ἀνεφέραμεν εἶναι περίπου εὐθεῖα) καὶ τὰ ἔτη 1939, 1940, 1941.

Δευτερεύουσα κυρτότης τῆς καμπύλης τῶν ἀπολύτων καταστάσεων σημειοῦται κατὰ τοὺς μῆνας Ἰούλιον—Σεπτέμβριον καθ' ὅλα σχεδὸν τὰ ἔτη καὶ δὴ ὡς ἀκολουθῶς: Σαφῶς κατὰ τὰ ἔτη 1927, 1929, 1930, 1931, 1933, 1934, 1939 καὶ ὄχι τόσον σαφῶς κατὰ τὰ ἔτη 1935, 1936, 1940.

Καὶ ἡ μορφή τῆς καμπύλης τῶν ἀπολύτων καταστάσεων πρὸ καὶ μετὰ τὴν διακοπὴν τοῦ ἔτους 1928 καθὼς καὶ τὸ τμήμα τῆς ἰδίας καμπύλης, πρὸ τῆς διακοπῆς τοῦ 1932 εἶναι ἀνάλογος τῆς τοῦ ἔτους 1927 καὶ τῆς περιόδου 1929—1931. Ἐπίσης τὸ ἕτερον τμήμα τοῦ ἔτους 1932 καὶ τὸ πρῶτον τοῦ ἔτους 1937 ὁμοιάζει κατὰ τὸ μᾶλλον καὶ ἥττον μὲ τὸ τῆς περιόδου 1933—1936. Τέλος τὸ μετὰ τὴν διόρθωσιν τμήμα τοῦ ἔτους 1937 ἀκολουθεῖ τὴν χαρακτηριστικὴν μορφήν τοῦ ἔτους 1938. Διὰ τῶν παρατηρήσεων καὶ πιστοποιήσεων τούτων ἐνισχύονται καὶ τὰ γραφόμενα κατωτέρω σχετικῶς πρὸς τὰ χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα τῶν ἀντιστοίχων τριῶν μεγάλων διαστημάτων.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω προκύπτει ὅτι κατὰ τὸ θεωρούμενον χρονικὸν διάστημα ἡ ἀπόλυτος κατάστασις τοῦ ἔκκρεμοῦς ἀκολουθεῖ δύο εἰδῶν μεταβολάς: Μίαν μακροχρόνιον καὶ ἑτέραν περιοδικὴν ἐντὸς τοῦ ἔτους. Ἡ μακροχρόνιος δὲν δύναται νὰ χαρακτηρισθῇ πράγματι ὡς αἰωνία, διότι καὶ αὕτη παρουσιάζει στοιχεῖα ἐκ τῶν ὁποίων θὰ ἠδύνατο νὰ χαρακτηρισθῇ ὡς περιοδική. Τὸ διάστημα 1926—1941 ὅπερ καλύπτουν αἱ παρατηρήσεις εἶναι σχετικῶς μικρὸν ὥστε νὰ μὴ δύναται νὰ συμ-

ΠΙΝΑΞ Γ

Ἐτήσιαι μέγισται καὶ ἐλάχισται τιμαὶ τῆς ἀπολύτου καταστάσεως τοῦ FENON 55 κατὰ τὸ διάστημα 1927 — 1941

Ἔτος	Μεγίστη	Ἐλάχιστη	Εὖρος	Παρατηρήσεις
1927	28 Δεκ. + 23,37ς	3 Ἰαν. + 4,79ς	+ 18,48ς	
1928	15 Ἰουν. + 45,26ς 16 Ἰουν. — 0,15ς	9 Ἰαν. + 25,63ς 4 Δεκ. — 12,68ς	+ 19,63ς + 12,53ς	Πρὸ τῆς διορθώσ. Μετὰ τὴν διόρθ.
(Διόρθωσις τῆς 16 Ἰουνίου : ἐλάττωσις κατὰ 45, 41ς)				
1929	25 Ἀπρ. + 11,70ς	4 Φεβ. — 0,93ς	+ 12,63ς	
1930	11 Μαρ. + 21,67ς	3 Ἰαν. + 11,09ς	+ 10,58ς	
1931 (δευτ.)	23 Δεκ. + 28,19ς 15 Ἀπρ. + 25,89ς	14 Ἰαν. + 19,66ς 14 Ἰαν. + 19,66ς	+ 8,53ς + 6,23ς	
1932	11 Ἀπρ. + 44,55ς 3 Αὐγ. + 10,46ς	2 Ἰαν. + 29,42ς 12 Δεκ. + 0,12ς	+ 15,13ς + 10,34ς	Πρὸ τῆς διορθώσ. Μετὰ τὴν διόρθ.
(Διόρθωσις τῆς 25 Ἰουνίου : ἐλάττωσις κατὰ 32, 47ς)				
1933	4 Ἀπρ. + 7,70ς	23 Δεκ. — 12,73ς	+ 20,43ς	
1934	27 Φεβ. — 6,33ς	28 Δεκ. — 21,57ς	+ 15,24ς	
1935	27 Μαρ. — 17,21ς	17 Δεκ. — 33,66ς	+ 16,45ς	
1936	9 Ἰαν. — 35,02ς	5 Δεκ. — 66,42ς	+ 31,40ς	
1937	4 Φεβ. — 57,90ς 29 Δεκ. + 11,88ς	2 Αὐγ. — 77,86ς 5 Αὐγ. — 0,30ς	+ 19,96ς + 12,18ς	Πρὸ τῆς διορθώσ. Μετὰ τὴν διόρθ.
(Διόρθωσις τῆς 5 Αὐγούστου : αὐξήσις κατὰ 77, 56ς)				
1938	30 Δεκ. + 53,50ς	13 Ἰαν. + 15,25ς	+ 38,25ς	
1939	15 Δεκ. + 64,64ς	3 Ἰαν. + 53,98ς	+ 10,66ς	
1940	30 Δεκ. + 83,43ς	22 Ἰαν. + 71,29ς	+ 12,14ς	
1941	31 Μαρ. + 90,61ς	18 Νοεμ. + 82,80ς	+ 7,81ς	

πληρωθῇ ἓνα κύμα τῆς μακροχρονίου ταύτης μεταβολῆς καὶ ἐπομένως νὰ συναχθοῦν ἀσφαλῆ ὡς πρὸς τὴν κύμανσιν ταύτην συμπεράσματα. Πάντως ἐκ τῶν δεδομένων τὰ ὁποῖα ἔχομεν εἰς τὴν διάθεσιν μας συνάγεται ὅτι τὸ μὲν μέγιστον τοῦ μεγάλου αὐτοῦ κύματος σημειοῦται τὸ ἔτος 1932 τὸ δὲ ἐλάχιστον τὸ 1937. Ἐπὶ τοῦτοις καὶ μεθ' ἄλλας τὰς ἀνωτέρω ἐπιφυλάξεις πρέπει νὰ σημειώσωμεν ὅτι εἶναι σαφὴς ὁ περιοδικὸς χαρακτὴρ τῆς μεταβολῆς ταύτης, χωρὶς νὰ εἴμεθα βέβαιοι περὶ τῆς ἀκριβοῦς τιμῆς τοῦ χρόνου τῆς περιόδου καὶ τοῦ εὗρους τῆς κυμάνσεως.

Πρὸς τούτοις πρέπει ἀκόμη νὰ παρατηρήσωμεν ὅτι, τόσον τὰ σημειούμενα μέγιστα καὶ ἐλάχιστα ἐντὸς τῶν διαφόρων ἐτῶν ὅσον καὶ τὰ εὐρη τῆς κυμάνσεως δὲν ἀποκλείεται νὰ ᾔσαν κάπως διάφορα ἂν δὲν ὑπῆρχε ἡ μακροχρόνιος κύμανσις. Διότι ἡ τελευταία αὕτη, ὡς εἶναι φυσικόν, ἐπιδρά εἰς τρόπον ὥστε νὰ μεταβάλλῃ τὴν μορφὴν τῶν ἐτησίων ἐκδηλώσεων τῆς καμπύλης τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ ἔκκρεμοῦς.

Οἱ J. Jackson καὶ W. Bowyer μελετῶντες τὰ δύο ἔκκρεμῇ Shortt No 3 καὶ 11 τοῦ Ἀστεροσκοπείου τοῦ Greenwich (τῶν ὁποίων ἡ θερμοκρασία δὲν ὑπέκειτο εἰς ταχείας μεταβολάς), αὐτὰ καθ' ἑαυτά, ἐν συγκρίσει πρὸς ἄλληλα καὶ πρὸς τρίτον, εὐρίσκουν ἐνδιαφέροντα ἐξαγόμενα ὡς πρὸς τὴν συμπεριφορὰν τῶν πορείων αὐτῶν ⁽¹⁾. Ἡ ἀντιπαραβολὴ τῶν ἐξαγομένων ἀμφοτέρων τῶν ἔκκρεμῶν πρὸς ἄλληλα, ἔδειξεν ὅτι ἡ σχετικὴ μεταβολὴ τῶν πορείων αὐτῶν δὲν εἶναι γραμμικὴ καὶ ἐπομένως ἡ ἐπιτάχυνσις τοῦ ἐνὸς ὥρολογίου ὡς πρὸς τὸ ἕτερον δὲν εἶναι ὁμαλὴ. Ἡ λεπτομερὴς μελέτη καὶ σύγκρισις τῶν ἔκκρεμῶν τούτων ἀπέδειξεν ὅτι αἱ ἀνωμαλῖαι εἰς τὰς ἀπολύτους καταστάσεις καὶ ἀντιστοίχως εἰς τὰς πορείας αὐτῶν δύνανται νὰ ἐξηγηθοῦν, τοῦτο μὲν τῇ ἐπιδράσει τῆς θερμοκρασίας, τοῦτο δὲ διὰ μιᾶς αἰωνίας μεταβολῆς εἰς τὴν περίοδον τῆς αἰωρήσεως καὶ συγχρόνως διὰ μιᾶς ἄλλης ὀφειλομένης πάλιν εἰς τὴν θερμοκρασίαν μολοντί αἱ δύο αὐταὶ αἰτίαι δὲν εἶναι εὐκόλον νὰ διαχωρισθοῦν. Αἱ τιμαὶ τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τὸς ὁποίας ὑπολογίζουν τῇ βοηθείᾳ τοῦ κατωτέρω τύπου προσδιορίζοντες τοὺς ἀντιστοίχους συντελεστὰς αὐτοῦ :

$$\Delta U = \Delta U_0 + g_0 t + at^2 + \beta \int_0^t T dt$$

ἀποδεικνύουν ὅτι δὲν συμφωνοῦν ἀκριβῶς μὲ τὰ ἐξαγόμενα τῶν παρατηρήσεων, ἐξ αὐτῶν δὲ συνάγουν ὅτι ἡ αἰωνία μεταβολὴ τῆς πορείας δὲν εἶναι ὁμαλὴ.

Εἶναι προφανές ὅτι τὰ ἐξαγόμενα ταῦτα τῶν Jackson καὶ Bowyer εὐρίσκονται εἰς μεγάλην συμφωνίαν πρὸς τὰ ἡμέτερα καὶ ἐπομένως στηρίζεται περισσότερο ἢ θέσις τὴν ὁποίαν ἀνωτέρω ὑπεστηρίξαμεν ὡς πρὸς τὴν συμπεριφορὰν τοῦ ἔκκρεμοῦς FENON 55 κατὰ τὸ διάστημα 1926—1941, ἰδίᾳ δὲ ὡς πρὸς τὴν παρουσίαν δύο διαφόρων κυμάνσεων τῆς καμπύλης τῶν ἀπολύτων καταστάσεων.

2. Σύγκρισις τῶν περιόδων πρὸς ἀλλήλας.

Ἡ διαπιστωθεῖσα ἐτησίᾳ μεταβολὴ εἰς τὴν γραφικὴν παράστασιν τῆς ἐκάστοτε ἀπολύτου καταστάσεως τοῦ ἔκκρεμοῦς ὑποδεικνύει

1) J. Jackson and W. Bowyer: The Shortt Clocks at the Royal Observatory, Greenwich, M. N. Vol. LXXXVIII (1928) p. 465-481,

τὴν ὑπαρξίν σχέσεως μεταξὺ ταύτης καὶ ὠρισμένων μετεωρολογικῶν στοιχείων. Σαφὴς ἐνδείξεις τῆς ὑφισταμένης σχέσεως εἶναι αἱ παρουσιάζόμεναι αἰσθηταὶ μεταβολαὶ τῆς καμπύλης τῶν ἀπολύτων καταστάσεων εἰς τὰς δύο ἀντιθέτους ἐποχὰς τοῦ ἔτους ἥτοι τὸν χειμῶνα καὶ τὸ θέρος. Δι' αὐτὸ ἐνδείκνυται ἡ κατωτέρω συστηματικωτέρα μελέτη καὶ ἔρευνα τοῦ φαινομένου τούτου καὶ ἡ σύγκρισις τῶν περιόδων πρὸς ἀλλήλας.

Ἐὰν λάβωμεν τὰ διαγράμματα τῶν καταστάσεων τοῦ FENON 55 τῶν πλήρων ἐτῶν, δηλαδὴ τὰ χρονικὰ ἐκεῖνα διαστήματα κατὰ τὰ ὁποῖα οὐδεμία ἐπέμβασις ἔγινεν εἰς αὐτό, θὰ παρατηρήσωμεν ὅτι ἔχουν τὰ ἀκόλουθα γενικὰ χαρακτηριστικὰ γνωρίσματα.

β) Διαγράμματα τῶν ἐτῶν 1929—1931 (*). Ἡ μορφή τῆς μεταβολῆς τῆς καμπύλης τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ ἐκκρεμοῦς εἶναι ἡ αὐτὴ καὶ εἰς τὰ τρία ἔτη. Ἦτοι ταχεῖς αὐξήσεις τῆς τιμῆς τῆς ἀπολύτου καταστάσεως ἀπὸ τοῦ Ἰανουαρίου μέχρι τοῦ Ἀπριλίου (πρωτεῦον μέγιστον)· μετὰ ταῦτα ἐλαφρὰ πτώσις καὶ ἔπειτα δευτερεῦον μέγιστον κατὰ μῆνα Αὐγουστον· νέα ἐλαφρὰ πτώσις καὶ εἴτα ἄνοδος μέχρι τέλους τοῦ ἔτους. Τὰ ἐλάχιστα σημειοῦνται κατὰ τοὺς μῆνας Ἰούνιον καὶ Ὀκτώβριον ἢ Νοέμβριον.

Ἐὰν συγκρίνωμεν πρὸς ἀλλήλους τοὺς κλάδους τῆς ἀνόδου θὰ ἴδωμεν ὅτι ἡ ταχύτης ἀνόδου ἐλαττοῦται ἀπὸ τοῦ 1929 πρὸς τὸ 1931.

*Ἦτοι:

$$\tau = \frac{\text{Διαφορὰ τῶν δύο ἄκρων τιμῶν τῆς ἀπολύτ. καταστ.}}{\text{Διαφορὰς τοῦ χρόνου}} = \frac{\Delta U_2 - \Delta U_1}{t_2 - t_1}$$

$$\tau = \frac{+ 17,94s}{103} = + 0,174s \quad (1929)$$

$$\tau = \frac{+ 10,58s}{67} = + 0,158s \quad (1930)$$

$$\tau = \frac{+ 6,23s}{91} = + 0,068s \quad (1931)$$

Τὸ ἀντίθετον συμβαίνει κατὰ τοὺς μῆνας Νοέμβριον καὶ Δεκέμβριον, ὅτε ἡ ταχύτης ἀνόδου αὐξάνει παρερχομένων τῶν ἐτῶν.

(*) Ἡ πρώτη (α) περίοδος περιλαμβάνει μόνον τὸ ἔτος 1927, ἡ γραφικὴ δὲ παράστασις τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ ὥρολογίου ὁμοιάζει πολὺ πρὸς τὴν τῆς δευτέρας περιόδου (1929—1931) μὲ μόνην τὴν διαφορὰν ὅτι δὲν ἐμφανίζεται σαφῶς δευτερεῦον μέγιστον καὶ ἐλάχιστον. Ἐπειδὴ δὲ περιλαμβάνει μόνον ἓν πλήρες ἔτος, δι' αὐτὸ δὲν τὴν καταχωροῦμεν ἰδιαιτέρως.

Ἡ ταχύτης ἀνόδου κατὰ τὸ ἔτος τοῦτο εἶναι:

$$\tau = \frac{+ 12,70s}{78} = + 0,163s \quad (1927)$$

*Ητοι :

$$\tau = + \frac{1,47s}{31} = + 0,047s \quad (1929)$$

$$\tau = + \frac{2,88s}{48} = + 0,060s \quad (1930)$$

$$\tau = + \frac{5,03s}{55} = + 0,091s \quad (1931)$$

Ἡ ἔτησίᾳ αὐξησις τῆς ἀπολύτου καταστάσεως τοῦ ἔκκρεμοῦς κατὰ τὰ ἔτη ταῦτα καταχωρεῖται εἰς τὸν πίνακα Δ.

ΠΙΝΑΞ Δ

Περιέχων τὴν ἔτησίαν συνολικὴν αὐξήσιν καὶ μείωσιν
τῆς ἀπολύτου καταστάσεως κατὰ τὰ ἔτη 1927—1941

Ἔτος	Ἀρχὴ	Τέλος	Τέλ.-ἀρχ.	Παρατηρήσεις
1927	3 Ἰαν. + 4,79s	28 Δεκ. + 23,27s	+ 18,48s	Ἐτησίᾳ Ἀνοδος
1929	12 Ἰαν. — 6,35s	16 Δεκ. + 9,31s	+ 15,66s	» »
1930	3 Ἰαν. + 11,09s	17 Δεκ. + 18,42s	+ 7,33s	» »
1931	14 Ἰαν. + 19,66s	23 Δεκ. + 28,19s	+ 8,53s	» »
1933	2 Ἰαν. + 3,06s	30 Δεκ. — 12,00s	— 15,06s	Ἐτησίᾳ Κάθοδος
1934	3 Ἰαν. — 12,25s	28 Δεκ. — 21,57s	— 9,32s	» »
1935	3 Ἰαν. — 21,24s	17 Δεκ. — 33,66s	— 12,42s	» »
1936	9 Ἰαν. — 35,02s	17 Δεκ. — 65,43s	— 30,41s	» »
1938	13 Ἰαν. + 15,25s	30 Δεκ. + 53,50s	+ 38,25s	Ἐτησίᾳ Ἀνοδος
1939	2 Ἰαν. + 54,14s	15 Δεκ. + 64,64s	+ 10,50s	» »
1940	22 Ἰαν. + 71,29s	30 Δεκ. + 83,43s	+ 12,14s	» »
1941	21 Ἰαν. + 85,56s	17 Δεκ. + 87,15s	+ 1,59s	» »

γ) Διαγράμματα τῶν ἐτῶν 1933—1936. Ἡ μορφή τῶν γραφικῶν παραστάσεων τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ FENON 55 κατὰ τὰ ἔτη 1933, 1934, 1935 καὶ 1936 εἶναι διάφορος τῆς τῆς προηγουμένης περιόδου. Παρατηρεῖται βεβαίως καὶ ἐνταῦθα κατὰ τοὺς πρώτους μῆνας ἐκάστου τῶν ἐτῶν τούτων ἐλαφρὰ ἄνοδος ὥστε νὰ σημειοῦται μέγιστον (Φεβρουάριον ἢ Μάρτιον) ἀλλ' ἡ τάσις αὕτη τῆς ἀνόδου ἐλαττοῦται οὕτως ὥστε κατὰ τὸ 1936 νὰ ἐξαφανίζεται αὕτη πλήρως. Ἀλλὰ τὸ οὐσιώδες εἶναι ὅτι μετὰ τὸ μέγιστον σημειοῦται ταχεῖα μείωσις τῆς τιμῆς τῆς ἀπολύτου καταστάσεως, εἰς τρόπον ὥστε ἡ γραφικὴ παράστασις μέχρι τέλους τοῦ ἔτους νὰ ἔχη τὰ χαρακτηριστικὰ τοῦ κλάδου τῆς καθόδου. Βεβαίως διακρίνεται κατὰ ἴου-

νιον ἢ Ἰούλιον μικρά τις κοιλότης (ἐλάχιστον) καὶ μετ' αὐτὴν κυρτότης, ἀλλ' ἡ ἐλάττωσις τῆς τιμῆς τῆς ἀπολύτου καταστάσεως ἐξακολουθεῖ μὲ ταχὺν ρυθμὸν μέχρι τέλους τοῦ ἔτους. Μόνον τὸν Δεκέμβριον ἐμφανίζεται μικρά τις ἀνοδος.

Ἡ συνολικὴ ἐτησίᾳ ἐλάττωσις περιέχεται εἰς τὸν πίνακα Δ. Καθὼς φαίνεται καὶ ἐξ αὐτοῦ τὸ 1936 ἡ ταχύτης καθόδου, ἐν συγκρίσει μὲ τὰ ἄλλα ἔτη, εἶναι πολὺ μεγάλη. Εἰς τὴν μεγάλην δὲ αὐτὴν ταχύτητα πτώσεως πρέπει νὰ ἀποδώσωμεν τὴν πλήρη ἐξαφάνισιν τῆς ἀνόδου καὶ ἀντιστοίχως τῆς καθόδου κατὰ τοὺς πρώτους μῆνας τοῦ ἔτους τούτου. Δηλαδή τὸ αἷτιον ὅπερ προκαλεῖ τὴν περιοδικὴν κύμανσιν ὑφίσταται ἀλλὰ ἐξαφανίζεται μέσα εἰς τὰ ἄλλα αἷτια τὰ ὁποῖα παρουσιάζονται ἐντονότερα. Ἡ ταχύτης ἀνόδου κατὰ τοὺς πρώτους μῆνας ἐκάστου τῶν ἐτῶν τούτων εἶναι :

$$\tau = \frac{+ 4,64s}{92} = + 0,050s \quad (1933)$$

$$\tau = \frac{+ 5,44}{64} = + 0,085 \quad (1934)$$

$$\tau = \frac{+ 4,03}{83} = + 0,049 \quad (1935)$$

$$\tau = 0,000 \quad (1936)$$

δ) Διαγράμματα τῶν ἐτῶν 1938—1941. Αἱ γραφικαὶ παραστάσεις τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ ἔκκρεμοῦς κατὰ τὰ ἔτη 1938, 1939, 1940 καὶ 1941 διαφέρουν τῶν τῆς προηγουμένης περιόδου. Διότι κατ' αὐτὴν σημειοῦται ἐκ νέου αὐξήσις τῆς ἐτησίᾳς τιμῆς τῆς ἀπολύτου καταστάσεως (Βλ. πιν. Δ).

Τὸ 1938 ἡ ταχύτης ἀνόδου εἶναι μεγάλη δι' ὃ κατὰ Μάρτιον σημειοῦται ἐλαφρὰ κυρτότης διδουσα τὴν ἐντύπωσιν μεγίστου, ἀλλ' εὐθὺς ἀμέσως συνεχίζεται ἡ αὐξήσις εἰς τρόπον ὥστε νὰ παρουσιάζεται ἡ μορφή τοῦ διαγράμματος ὡς εὐθεῖα γραμμὴ. (*) Κατὰ τὰ ἔτη ὁμῶς 1939, 1940 καὶ 1941 ἐπανέρχεται σχεδὸν ἡ μορφή τὴν ὁποίαν ἐμφανίζουν αἱ παραστάσεις τῶν ἐτῶν 1929, 1930 καὶ 1931. Ὑπάρχει δηλαδή πλήρης ὁμοιότης (ἐκτὸς ἐλαφρῶν ἀποκλίσεων κατὰ τὸ 1941) μεταξὺ τῶν πρώτων καὶ δευτέρων γραφικῶν παραστάσεων τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ ἔκκρεμοῦς. Ἡ ταχύτης ἀνόδου πρὸς τὸ μέγιστον, ἐξαιρέσει τοῦ ἔτους 1938 τὸ ὁποῖον ἐμελετήθη ἤδη εἰς τὸ πρῶτον μέρος τῆς παρούσης ἐργασίας εἶναι :

$$\tau = \frac{+ 8,60s}{66} = + 0,130s \quad (1939)$$

$$\tau = \frac{+ 9,03}{92} = + 0,098 \quad (1940)$$

$$\tau = \frac{+ 5,05}{69} = + 0,073 \quad (1941)$$

(*) Ἀπὸ τῆς ἀπόψεως ταύτης ὁμοιάζει ἐν μέρει πρὸς τὴν μορφήν τῆς παραστάσεως τοῦ 1936, ἥτοι τοῦ πρὸ τῆς διορθώσεως ἔτους.

*Ητοι μέγιστα κατά μήνα 'Απρίλιον, ελάχιστα τὸν 'Ιούλιον, δευτερεῦον μέγιστον κατὰ Σεπτέμβριον καὶ εἴτα ἄνωδος. Τὰ κατ' 'Οκτώβριον καὶ Νοέμβριον ελάχιστα δὲν ἐμφανίζονται τόσον σαφῶς εἰς τὴν τελευταίαν περίπτωσιν.

Ἐὰν συγκρίνωμεν πρὸς ἀλλήλας τὰς τιμὰς τῶν ἐτησίων συνολικῶν μεταβολῶν τῆς ἀπολύτου καταστάσεως τοῦ FENON 55 ἐντὸς τῶν τριῶν ομάδων τῶν ἐτῶν 1929 — 1931, 1933 — 1936 καὶ 1938 — 1941, ὅπως αὐτὰ δίδονται εἰς τὸν πίνακα Δ, ἔχομεν νὰ διαπιστώσωμεν τὰ ἑξῆς: Κατὰ τὸ πρῶτον ἔτος ἐντὸς ἑκάστης ομάδος, ἡ τιμὴ τῆς ἀντιστοίχως δευτέρου ἔτους καὶ ἡ δευτέρα κάτι τι μεγαλυτέρα τῆς τοῦ τρίτου ἔτους. Ὅσον ἀφορᾷ τὸ τέταρτον ἔτος ὅπερ περιέχουν αἱ δύο τελευταῖαι ομάδες, δὲν δυνάμεθα νὰ συναγάγωμεν τίποτε τὸ θετικόν, τοσοῦτο μᾶλλον ὅσῳ εἰς αὐτὰ περιέχονται τὰ ἔτη 1936 καὶ 1938 ἅτινα ἤδη παρουσιάζουν αἰσθητὰς ἀποκλίσεις ὡς πρὸς ὅλα τὰ ἄλλα ἔτη τῆς περιόδου 1926—1941.

Αἱ κοιναὶ χαρακτηριστικαὶ ιδιότητες τὰς ὁποίας παρουσιάζουν αἱ τρεῖς ομάδες τῶν ἐτῶν 1929—1931, 1933 — 1935 καὶ 1939 — 1941 καὶ περὶ τῶν ὁποίων ἔγινε ἀνωτέρω λόγος, μᾶς ὡδήγησεν εἰς τὸ νὰ προσθέσωμεν ἀντιστοίχως τὰς ἀπολύτους καταστάσεις τῶν ἀντιστοίχων μηνῶν τῶν ἐτῶν ἑκάστης ομάδος καὶ οὕτω νὰ σχηματίσωμεν τὸν πίνακα Ε. Εἰς αὐτὸν καταχωροῦνται αἱ μέσαι μηνιαῖαι τιμαὶ τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ ἐκκρεμοῦς καὶ παραπλεύρως, ἐντὸς παρενθέσεως, ὁ ἀριθμὸς τῶν κατὰ μήνα γενομένων προσδιορισμῶν τοῦ χρόνου. Ἀκολουθῶς δίδονται δι' ἑκάστην ομάδα αἱ μέσαι μηνιαῖαι τιμαὶ τῆς ἀπολύτου καταστάσεως τοῦ FENON 55 βάσει τῶν ὁποίων ἐχαράχθησαν τὰ διαγράμματα Β, Γ, καὶ Δ.

Ἡ μελέτη τῶν παραστάσεων τούτων μᾶς ὡδηγεῖ εἰς τὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα, ἅτινα συνδυάζονται ἀρκούντως πρὸς τὰ προηγουμένως διαπιστωθέντα, ἀποτελοῦν ὁμως ἐν ταύτῳ γενικώτερα καὶ μονιμότερα ἐξαγόμενα χαρακτηρίζονται τὴν ἐξεταζομένην περίοδον.

1) Κατὰ τὸ διάστημα 1929 — 1931 σημειοῦνται δύο μέγιστα, τὸ πρωτεῦον κατὰ μήνα 'Απρίλιον καὶ τὸ δευτερεῦον κατὰ μήνα Αὐγουστον καὶ δύο ελάχιστα, τὸν 'Ιούνιον (δευτερεῦον) καὶ τὸν 'Οκτώβριον (πρωτεῦον).

2) Συγγενὴς πρὸς τὴν μεταβολὴν ταύτην εἶναι καὶ ἡ κατὰ τὸ διάστημα 1939 — 1941 συμπεριφορὰ τῆς ἀπολύτου καταστάσεως. Κατ' αὐτὴν τὰ μέγιστα συμβαίνουν τοὺς μήνας 'Απρίλιον (πρωτεῦον) καὶ Αὐγουστον (δευτερεῦον), τὰ δὲ ελάχιστα τὸν 'Ιούλιον (δευτερεῦον) καὶ Νοέμβριον (πρωτεῦον).

3) Κατὰ τὸ χρονικὸν διάστημα 1933—1935 σημειοῦται ἐν μέγιστον τὸν μήνα Μάρτιον, ἔκτοτε δὲ καὶ μέχρι τέλους τοῦ ἔτους διήκει ὁ κλάδος καθόδου μὲ μικρὰν κύμανσιν· κατὰ τὸν μήνα Αὐγουστον ἐκδηλοῦται δευτερεῦον μέγιστον καὶ ὡς εἶναι φυσικὸν ελάχιστα τοὺς μήνας 'Ιούνιον καὶ Νοέμβριον,

Αί περιοδικαί αὐταὶ ἐκδηλώσεις εἰς τὰς ἀπολύτους καταστάσεις καὶ ἐπομένως καὶ εἰς τὰς πορείας τοῦ FENON 55 ἐντὸς τοῦ ἔτους, ὡς ἐλέχθη ἤδη, ἔχουν τὴν αἰτίαν τῶν εἰς φαινόμενα τὰ ὁποῖα ἐμφανίζονται περιοδικῶς ἐντὸς τοῦ ἰδίου χρονικοῦ διαστήματος. Καὶ τοιαῦτα φαινόμενα εἶναι πρωτίστως ἡ βαρομετρικὴ πίεσις καὶ ἡ θερμοκρασία.

Ἐκ τῶν δύο τούτων στοιχείων οἱ J. Jackson καὶ W. Bowyer στρέφουν περισσότερο τὴν προσοχὴν τῶν εἰς τὴν θερμοκρασίαν (διότι τὴν ἀτμοσφαιρικὴν πίεσιν προσπαθοῦν νὰ τὴν διατηρήσουν περίπου σταθεράν) καὶ συνάγουσιν τὸ συμπέρασμα ὅτι εἰς ἀμφότερα τὰ ἐκκρεμῇ Shortt 3 καὶ 11 ἐκδηλοῦται σαφῶς ὁ θερμομετρικὸς παράγων. Καὶ γενικώτερον εὐρίσκουσιν ὁμοιόμορφον ἐπίδρασιν ἐπὶ τῆς πορείας τῶν ὥρολογίων συνεπείᾳ μηχανικῶν διαταραχῶν αὐτῶν ὅταν ἀντιστοίχως ἔχομεν μεταβολὰς εἰς τὴν αἴθουσαν εἰς τὴν ὁποίαν ταῦτα εἶναι ἐγκατεστημένα (1). Ἀνάλογον ἐπίδρασιν καὶ τῆς βαρομετρικῆς πιέσεως προσδιορίζουν ἄλλοι ἐρευνῆται (2).

Πρὸς τὴν κατεύθυνσιν αὐτὴν τῆς ἐρευνῆς ἐστρέψαμεν καὶ ἡμεῖς τὴν προσοχὴν μας. Καὶ διὰ νὰ καταστῇ εὐκόλος ἡ σύγκρισις τῶν μετεωρολογικῶν αὐτῶν στοιχείων μὲ τὴν πορείαν τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ ἐξεταζομένου ὥρολογίου, ἐχαράχθησαν τὰ διαγράμματα τῆς πορείας τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πιέσεως καὶ θερμοκρασίας, σὶ χρησιμοποιηθεῖσαι δὲ τιμαὶ ἐξήχθησαν ἐκ τῶν μέσων μηνιαίων τιμῶν τῶν ἀντιστοίχων μηνῶν ἐκάστου χρονικοῦ διαστήματος. Αἱ ἡμερήσιαι τιμαὶ τῆς πιέσεως ὑπελογίσθησαν τῇ βοηθείᾳ τοῦ τύπου:

$$\frac{\beta_1 + \beta_2 + \beta_3}{3}$$

ὅπου β_1 , β_2 , β_3 , εἶναι τὰ ἀναγνώσματα τοῦ βαρομέτρου τὰ σημειωθέντα κατὰ τὰς ὥρας τῶν παρατηρήσεων 8,14 καὶ 21 (καὶ ἀπὸ τοῦ 1930 τὴν 20 ὥρ.) καὶ ἀναχθέντα εἰς θερμοκρασίαν 0°.

Ἐάν τώρα συγκρίνωμεν τὴν καμπύλην τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ ἐκκρεμοῦς πρὸς τὴν καμπύλην τῶν μέσων μηνιαίων βαρομετρικῶν πιέσεων, θὰ διαπιστώσωμεν ἀναμφιβόλως τὴν ὑπαρξιν σχέσεως μεταξύ τῶν δύο τούτων στοιχείων. Διότι τὰ ἐλάχιστα τῶν βαρομετρικῶν πιέσεων συμπίπτουσιν ἐν γένει μὲ τὰ μέγιστα τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ FENON 55 καὶ ἀντιστοίχως τὰ μέγιστα τῆς πιέσεως μὲ τὰ ἐλάχιστα τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ ὥρολογίου. Ἡ σχέσις εἶναι σαφεστέρα καὶ πλέον ἐμφανὴς κατὰ πρῶτον λόγον εἰς τὸ διάγραμμα Β (τῶν ἐτῶν 1929—1931) καὶ ἀκολούθως εἰς τὸ διάγραμμα Δ (τῶν ἐτῶν 1932—1941). Δὲν εἶναι ὅμως ἐμφανὴς εἰς τὸ διάγραμμα Γ. Τοῦτο δὲ πιθανώτατα ὀφείλεται εἰς τὸ ὅτι κατὰ τὴν περίοδον 1933—1935 ἡ ἡμερησία πορεία τοῦ ἐκκρεμοῦς ὡς καὶ ἡ μεταβολὴ αὐτῆς εἶναι ἀρνητικὴ καὶ κατὰ ποσὸν πολὺ μεγαλυτέρα τῶν ἄλλων περιόδων, λόγῳ τῆς ἐπιδράσεως ἄλλων αἰτίων τὰ ὁποῖα καλύπτουσιν τὰς ἐτησίας κυμάνσεις τῆς καμπύλης.

1) J. Jackson — W. Bowyer: Μν. ἐργ. σ.λ. 480.

2) Βλ. παρὰ F. Boquet: Μν. ἐργ. σελ. 78,

ΠΙΝΑΞ Ε

Έτος	Ιανουαρ.	Φεβρ.	Μάρτιος	Απρίλιος	Μάιος	Ιούνιος	Ιούλιος	Αύγουστ.	Σεπτέμ.	Όκτώβρ.	Νοέμβρ.	Δεκέμβρ.
1929	(3) — 5.37	(3) + 0.86	(5) + 8.74	(8) + 11.12	(9) + 10.88	(12) + 9.76	(12) + 9.93	(12) + 10.07	(8) + 9.01	(8) + 8.54	(7) + 8.12	(4) + 8.93
1930	(6) + 13.14	(7) + 17.11	(1) + 21.16	(8) + 20.43	(10) + 18.34	(9) + 17.41	(11) + 17.03	(12) + 17.75	(10) + 17.11	(9) + 16.07	(5) + 16.99	(2) + 18.47
1931	(4) + 20.18	(9) + 22.85	(1) + 24.05	(5) + 25.81	(4) + 24.70	(2) + 22.97	(3) + 23.51	(6) + 23.97	(4) + 23.58	(6) + 23.15	(8) + 24.10	(7) + 27.22
M.O.	+ 9.32	+ 13.61	+ 17.98	+ 19.12	+ 17.97	+ 16.71	+ 16.83	+ 17.26	+ 16.57	+ 15.92	+ 16.40	+ 18.21
1933	(4) + 3.85	(6) + 5.71	(6) + 7.06	(7) + 7.29	(9) + 3.97	(12) + 0.24	(16) — 1.13	(15) — 2.49	(14) — 5.16	(17) — 7.20	(10) — 10.98	(10) — 12.00
1934	(10) — 11.32	(9) — 7.82	(2) — 6.82	(9) — 9.20	(7) — 11.17	(12) — 13.48	(12) — 14.67	(10) — 15.26	(12) — 16.83	(14) — 18.88	(10) — 20.59	(4) — 20.96
1935	(7) — 20.02	(7) — 19.49	(4) — 17.31	(7) — 17.97	(14) — 20.52	(14) — 22.08	(15) — 23.06	(15) — 25.03	(9) — 26.90	(10) — 29.49	(4) — 31.43	(4) — 33.39
M.O.	— 9.16	— 7.20	— 5.69	— 6.63	— 9.24	— 11.77	— 12.95	— 14.26	— 16.30	— 18.52	— 21.00	— 22.12
1939	(11) + 55.32	(4) + 59.27	(5) + 62.91	(6) + 62.99	(5) + 62.14	(6) + 60.94	(9) + 61.16	(6) + 62.40	(6) + 62.81	(12) + 62.37	(6) + 62.64	(1) + 64.64
1940	(2) + 71.31	(1) + 71.42	(6) + 76.56	(4) + 79.70	(7) + 79.54	(7) + 79.13	(11) + 79.04	(5) + 79.61	(10) + 79.86	(7) + 80.19	(4) + 80.12	(3) + 81.40
1941	(1) + 85.56	(2) + 87.21	(3) + 90.05	(1) + 89.00	(4) + 88.71	(5) + 88.17	(3) + 87.45	(4) + 85.98	(3) + 84.69	(1) + 83.65	(1) + 82.80	(1) + 87.15
M.O.	+ 70.73	+ 72.63	+ 76.51	+ 77.23	+ 76.80	+ 76.98	+ 75.88	+ 76.00	+ 75.79	+ 75.40	+ 75.19	+ 77.73

Οὕτω πιστοποιεῖται καὶ ἐντεῦθεν τὸ ὑπὸ τῆς θεωρίας προβλεπόμενον ἀποτέλεσμα καθ' ὃ ἡ μικρὰ ἢ μεγάλη ἀντίστασις τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος μεταβάλλει ἀναλόγως τὸ ἔργον τῆς βαρύτητος ἐπὶ τοῦ ἐκκρεμοῦς καὶ ἐπομένως τὴν στατικὴν αὐτοῦ ροπήν. Καὶ ἐκ τῆς ὅλης αὐτῆς ἀλληλεπιδράσεως πηγάζει τελικῶς μία ἐπιβράδυνσις ἢ ἐπιτάχυνσις τοῦ ὥρολογίου ὅταν αὐξάνῃ ἢ ἐλαττωῖται ἡ πυκνότης τοῦ περιέχοντος μέσου.

Συσχετίζοντες ἐξ ἄλλου τὴν καμπύλην τῶν θερμοκρασιῶν, τὰ στοιχεῖα τῆς ὁποίας ἀρχικῶς ἐξήχθησαν βάσει τοῦ τύπου :

$$\frac{\theta_1 + \theta_2 + \theta_3}{3}$$

ὅπου θ_1 , θ_2 , θ_3 , εἶναι αἱ παρατηρηθεῖσαι θερμοκρασίαι κατὰ τὰς ὥρας 8,14 καὶ 21 (καὶ ἀπὸ τοῦ 1930 τὴν 20 ὥρ.), πρὸς τὴν τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ FENON 55 διαπιστοῦμεν τὰ ἀκόλουθα :

Κατὰ τὰ διαστήματα 1929—1931 καὶ 1939—1941 αἱ μέγισται θερμοκρασίαι συμπίπτουν ἐν γένει μὲ τὰς ἐλαχίστας τιμὰς τῆς ἀπολύτου καταστάσεως. Ὁ κλάδος ἀνόδου τῆς θερμοκρασίας καθυστερεῖ κατὰ 2 μῆνας τοῦ κλάδου ἀνόδου τῆς τιμῆς τῆς ἀπολύτου καταστάσεως καὶ βαίνει παραλλήλως αὐτοῦ, ἐνῶ ἐξ ἄλλου οἱ κλάδοι καθόδου τῆς θερμοκρασίας κατὰ τοὺς φθινοπωρινοὺς μῆνας ἀντιστοιχοῦν εἰς κλάδους ἀνόδου τῆς τιμῆς τῆς ἀπολύτου καταστάσεως καὶ ἐπομένως ἀκολουθοῦν ἀντιθέτους δρόμους. Ἡ τοιαύτη ἐπίδρασις τῆς θερμοκρασίας ἐπὶ τῆς ἡμερησίας πορείας τοῦ ἐκκρεμοῦς ἀναφέρεται εἰς ὅλον ἐν γένει τὸν μηχανισμόν καὶ κυρίως εἰς τὰ ἔλαια (1). Διότι ὥς γνωστὸν διὰ μίαν σταθερὰν θερμοκρασίαν ἡ πορεία τοῦ ὥρολογίου αὐξάνει μετὰ τοῦ χρόνου, ἡ αὐξησις ὅμως αὕτη ἐπιταχύνεται μετὰ τῆς πτώσεως τῆς θερμοκρασίας καὶ ἐπιβραδύνεται ὅταν ἡ θερμοκρασία αὐξάνῃ.

Ἀκόμη θὰ ἠδύνατο τὰ λεχθῇ ὅτι διαφαίνεται σχέσις τις καθ' ἣν κατὰ τοὺς μῆνας τῶν ἴσων θερμοκρασιῶν καὶ κυρίως μεταξύ τῶν μηνῶν Μαΐου — Ἰουνίου καὶ ἀντιστοίχως Ὀκτωβρίου — Σεπτεμβρίου, ἔχομεν ἴσας τιμὰς τῆς ἀπολύτου καταστάσεως τοῦ ἐκκρεμοῦς (2).

Κατὰ τὸ διάστημα τῶν ἀρνητικῶν πορειῶν, ἥτοι κατὰ τὰ ἔτη 1933—1936, ὅπως καὶ διὰ τὴν πίεσιν, οὕτω καὶ διὰ τὴν θερμοκρασίαν δὲν ὑπάρχει καμμία ἐμφανῆς ἀλληλοεξάρτησις μεταξύ τῶν στοιχείων τούτων.

Ἐκ τῶν ἀνωτέρω λοιπὸν φαίνονται σαφῶς τὰ αἷτια ἅτινα προκαλοῦν τὸν ἐτήσιον περιοδικὸν χαρακτῆρα τῶν κυμάνσεων τῆς καμ-

1) F. Boquet: ἐνθ. ἄνωτ, σ. 79—81 καὶ G. Cellérier: Etude numerique des concours de compensation de Chronomètres, Genève 1887, p. 9.

2) Βλ. καὶ E. F. Van de Sande Bakhuizen: Μν. ἐργ. σελ. (10) 3.

πύλης τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ FENON 55 κατὰ τὸ διάστημα 1926 — 1941, δηλαδή ἡ ἐπίδρασις τῆς θερμοκρασίας καὶ τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως. Τὸ ὅτι δὲ παρουσιάζεται καθ' ὅλα τὰ ἔτη ἡ καὶ τὰς κεχωρισμένας ομάδας τῶν ἐτῶν ἡ κοινὴ αὕτη ἐπίδρασις, δικαιολογεῖται ἐξ ὧσιν ἐν τοῖς προηγουμένοις ἔχομεν εἶπει. Ἐκεῖνο τὸ ὁποῖον θὰ ἔπρεπε τώρα νὰ προστεθῇ εἶναι ὅτι, αἱ ἐπὶ τοῦ μηχανισμοῦ τοῦ ὥρολογίου ἐπιδράσεις τῶν μετεωρολογικῶν παραγόντων διὰ διαφόρους λόγους δὲν εἶναι πάντοτε αἱ αὐταί, ὅπως π. χ. δεικνύει ἡ σύγκρισις, τὴν ὁποίαν κάμνει ὁ K. Müller, τοῦ ἔκκρεμοῦς Broeking 864 μὲ τὰ δύο Shortt 3 καὶ 11 τοῦ Ἀστεροσκοπεῖου τοῦ Greenwich. Κατ' αὐτὴν ἐμφανίζονται πλείσται παραλλαγαὶ καὶ μόνον τὸ Shortt 11 εὐρίσκει συγκρίσιμον μὲ τὴν καμπύλην τῶν ἀπολύτων καταστάσεων τοῦ Broeking 864. (1).

Ὅλοι αἱ ἀνωτέρω διαπιστώσεις καθὼς καὶ τὸ γεγονὸς ὅτι αἱ μεταβολαὶ τῆς ἡμερησίας πορείας τοῦ FENON 55 κυμαίνονται περὶ τὴν τιμὴν 0,24s ἥτοι εἶναι περίπου ἕγγυς τοῦ ὁρίου τὸ ὁποῖον ἐπιδιώκει ἡ σημερινὴ τεχνικὴ τῶν ἔκκρεμῶν(?) μᾶς ἄγουν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι τὸ ὥρολόγιον τοῦτο, κατ' ἀρχήν, ἔχει πλεονεκτήματα τὰ ὁποῖα ἐκ πρώτης ὄψεως δὲν ἀνεμένοντο ἐξ αὐτοῦ, ἂν ληφθῇ ὑπ' ὄψιν ἡ συμπεριφορὰ του κατὰ τὸ διάστημα 1916 — 1926 καὶ αἱ ἐν γένει συνθήκαι ὑφ' ἃς τοῦτο εὐρίσκεται καὶ λειτουργεῖ. Διότι κατὰ τὸ διάστημα 1926 — 1941 παρουσίασεν ὅλας ἐκείνας τὰς ἐνδείξεις αἵτινες τὸ κατατάσσουσιν μεταξύ τῶν ἀρκούντως ὑπολογισίμων ἔκκρεμῶν τὰ ὁποῖα χρησιμοποιοῦνται εἰς τὰ διάφορα Ἀστεροσκοπεῖα διὰ μεσημβρινὰς παρατηρήσεις πρὸς προσδιορισμὸν τοῦ ἀστρικοῦ χρόνου.

3. Προτεινόμεναι βελτιώσεις καὶ θέματα πρὸς περαιτέρω ἔρευναν.

Ἐξ ὧλων τῶν ἀνωτέρω φαίνεται σαφῶς ὅτι τὸ FENON 55, παρὰ τοὺς δυσμενεῖς ὁρους ὑφ' οὓς εἶναι τοποθετημένον καὶ ὑπὸ τοὺς ὁποῖους λειτουργεῖ, ὅχι μόνον δὲν ὑστερεῖ ἄλλων ἀναλόγων ἀστρονομικῶν ἔκκρεμῶν, ἀλλ' ἐν πολλοῖς καὶ παρουσιάζει πλεονεκτήματα τὰ ὁποῖα δὲν δεικνύουν πολλὰ ἐξ αὐτῶν. Ἐφ' ὅσον δὲ τοῦτο εἶναι τὸ πρότυπον ἔκκρεμὲς τοῦ Ἀστεροσκοπεῖου Ἀθηνῶν καὶ τὸ μόνον ἐν Ἑλλάδι ὁπερ χρησιμοποιεῖται διὰ τὸν προσδιορισμὸν τοῦ ἀκριβοῦς χρόνου καὶ ἐπομένως τοῦ γεωγραφικοῦ μήκους, προτείνομεν ὅπως μελλοντικῶς ληφθοῦν ὑπ' ὄψιν μερικὰ μέτρα, ἔχοντες πάντοτε πρὸ ὀφθαλμῶν τὴν προϋπόθεσιν τὴν ὁποίαν πολὺ ὀρθῶς τονίζουν ὁ Boquet καὶ ὁ Hayn. Ἦτοι: Ὁ καλλίτερος τρόπος προσδιορισμοῦ τῶν διαφόρων συντελεστῶν οἵτινες ἐπιδροῦν ἐπὶ τῆς πορείας τοῦ ὥρολογίου εἶναι νὰ ἐξαλείφωνται αἱ αἰτίαι αἵτινες προκαλοῦν τὰς διαταραχὰς παρὰ νὰ διορθώνωνται αἱ παρατηρήσεις ἐκ τῶν ἀποτελεσμάτων τὰ ὁποῖα δημιουρ-

1) K. Müller: Μν. ἐργ. σ. 138.

2) Σ. Πακίδου: Μν. ἐργ. σ. 50.

γούν αἱ αἰτίαι ἢ ἐπειδὴ τοῦτο δὲν εἶναι πάντοτε δυνατόν νὰ καθίστανται αἱ ἐπιδράσεις αὐτῶν ὅσον τὸ δυνατόν μικρότεραι.

Καὶ εἰς ἐφαρμογὴν τῆς ἀρχῆς αὐτῆς δύνανται νὰ ληφθοῦν ὅψιν τὰ ἀκόλουθα:

1) Τὸ ἐκκρεμὲς θὰ ἦτο προτιμώτερον νὰ τοποθετηθῇ εἰς αἶθουσαν, διάφορον τῆς αἰθούσης τῶν μεσημβρινῶν παρατηρήσεων ὑπὸ σταθεράν, κατὰ μέσον ὄρον, θερμοκρασίαν, ὁπότε ἡ μεταβολὴ τῆς πορείας θὰ ἦτο περισσότερον ἱκανοποιητικὴ. Διότι ἡ μεσημβρινή, αἶθουσα εἰς τὴν ὁποίαν εἶναι τώρα ἐγκατεστημένον τὸ ὄργανον, κατὰ τὴν διάρκειαν τῶν παρατηρήσεων, ἐφ' ὅσον ἐπὶ 3 — 4 ὥρας μένει ἀνοικτὴ, ἀποκτᾷ σχεδὸν τὴν θερμοκρασίαν τοῦ ὑπαίθρου, ἐνῶ κατὰ τὰς ἄλλας ὥρας τοῦ εἰκοσιτετραώρου παραμένουσα κλειστὴ ἔχει ἐντελῶς διάφορον θερμοκρασίαν. Οὕτως ἔχομεν ἀποτόμους μεταβολὰς θερμοκρασίας. Διὰ τοῦτο ἂν δὲν δύναται νὰ γίνῃ ἡ μεταφορὰ εἰς ἄλλην αἶθουσαν, εἶναι ἐπιτακτικὴ ἡ διαρρύθμισις τῆς στέγης ὅταν ἀκόμη ληθῇ ὅψιν ὅτι αὕτη εἶναι ἐκ σιδηρελάσματος καὶ ὥς ἐκ τοῦτου αἱ μεταβολαὶ τῆς θερμοκρασίας αὐτῆς καὶ ἀντιστοίχως αἱ ἐπιδράσεις ἐπὶ τοῦ ἐκκρεμοῦς μεγάλαι καὶ ἀναπόφευκτοι.

2) Εὐκταῖον θὰ ἦτο νὰ προμηθευθῇ τὸ Ἀστεροσκοπεῖον τρία ὥρολόγια σταθερᾶς πιέσεως καὶ θερμοκρασίας διὰ λόγους ἀμοιβαίου ἐλέγχου. Ἡ τοῦλάχιστον δύο τοιαῦτα, ὡς τρίτου χρησιμοποιουμένου τοῦ FENON 55 ὁπότε θὰ ἔδει τοῦτο νὰ κλεισθῇ ἐντὸς ἀεροστεγοῦς κλωβοῦ, ὅπως συνιστᾷ ὁ εἰδικὸς ἐπὶ τῶν ζητημάτων αὐτῶν Newcomb καὶ κάμουν πλεῖστα Ἀστεροσκοπεῖα, ὁπότε τὰ ἐπιτυχανόμενα ἀποτελέσματα θὰ εἶναι ἀρκούντως ἱκανοποιητικὰ (ἐκκρεμὴ σταθερᾶς πιέσεως καὶ θερμοκρασίας Shortt, Leroy, Kiefler κ.λ.π.). Ὁ δὲ Boquet κρίνων ἐπὶ τοῦ προκειμένου τὰ σχετικὰ ἐξαγόμενα προσθέτει ὅτι ὁ τρόπος αὐτὸς τῆς προφυλάξεως «εἶναι ὁ πλέον ἀσφαλὴς διὰ νὰ ἀπαλλάξωμεν τὸ ἐκκρεμὲς ἀπὸ τὴν ἐπίδρασιν τῶν μεταβολῶν τῆς πιέσεως» (1).

Ἀλλῶς τε τὸ ἔργον τὸ προκαλούμενον ὑπὸ τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος ἐμελετήθη ἀπὸ μακροῦ, ἤδη ἀπὸ τῆς ἐποχῆς τῶν Buat, Bessel, Stokes, G. Defforges κ.λ.π. ὥστε νὰ εἶναι πολὺ γνωστὴ ἡ ὅλικὴ ἐπίδρασις τῶν μεταβολῶν τῆς πυκνότητος αὐτοῦ ἐπὶ τῆς λειτουργίας τοῦ ὥρολογίου (2) καὶ ἐπομένως λόγῳ ἀνεπαρκοῦς προφυλάξεως γίνονται αἰσθηταὶ μεταβολαὶ τῶν πορειῶν τοῦ ὥρολογίου, ὅπως τὸ παρουσίασε πολὺ σαφῶς εἰς τὴν περίπτωσιν τοῦ Ἀστεροσκοπεῖου τῶν Παρισίων ὁ F. Tisserand.

3) Σκόπιμον ἐπίσης θὰ ἦτο νὰ μελετηθῇ καὶ ἡ ὑγρασία τῆς αἰθούσης. Διότι μολονότι αὕτη δὲν παίζει οὐσιώδη ρόλον εἰς τὴν ἔρευναν

1) F. Boquet: *Mn. ἔργ.* σ. 78.

2) Ch. Ed. Guillaume: *Pression Atmosphérique et Chronometrie*, Extrait du Bull. Soc. Astr. de France. Paris, Avril 1904, καὶ F. Tisserand: *Bull. Astronomique* T. XIII P. 225.

τῆς πορείας ἑνὸς ἔκκρεμοῦς, ἐν τούτοις αἱ ἀπότομοι μεταβολαί τῆς ἐνεργοῦν ἐπὶ τῆς πορείας καὶ τῆς ἐν γένει συμπεριφορᾶς τοῦ ἡμετέρου ἔκκρεμοῦς FENON 55. Καὶ εἶναι γεγονὸς ὅτι ἐν Ἀθήναις παρὰ τὴν φημιζομένην ξηρασίαν τοῦ κλίματος, αὕτη εἶναι, σχετικῶς, ἀρκετὰ μεγάλη καὶ τὸ σπουδαιότερον ὅτι ὑπόκειται ἀπὸ ἡμέρας εἰς ἡμέραν εἰς ἀποτόμους μεταβολάς (1).

4) Νὰ μελετηθῇ συστηματικῶς τὸ εὖρος τῆς αἰωρήσεως τοῦ ἔκκρεμοῦς πρὸς διαπίστωσιν τυχόν περιοδικῶν ἢ μὴ μεταβολῶν αὐτοῦ ὡς καὶ τῶν αἰτίων αὐτῶν.

* * *

Περαίνων τὴν ἐργασίαν ταύτην καθῆκον μου θεωρῶ ὅπως ἐκφράσω τὰς εὐχαριστίας μου πρὸς τὸ Συμβούλιον τοῦ Ἐθνικοῦ Ἀστεροσκοπεῖου Ἀθηνῶν τὸ ὁποῖον εὐηρεστήθη νὰ ἐγκρίνῃ τὴν ἔκδοσιν τῆς ἀνὰ χεῖρας πραγματείας εἰς τὴν σειρὰν τῶν Ὑπομνημάτων αὐτοῦ, καθὼς καὶ πρὸς πάντας οἵτινες συνετέλεσαν εἰς τὴν ἀρτιωτέραν ἐκτύπωσιν αὐτῆς.

1) Α. Ν. Λεῖβαθηνοῦ: Κλιματογραφία τῆς Ἑλλάδος, (Γ'. Ὑγρασία) Ἀθῆναι 1938 σελ. 71.

ΠΙΝΑΞ

Τὸν τιμὴν τῶν ἀπελὺτων καταστάσεων τοῦ FENON 55, τῶν ἐτῶν 1929, 1930, 1939, 1940 τῶν ὑπελογισθεῖσάν
τῇ βοηθείᾳ τῆς κλίσεως προδιορισθείσης δι' ἀεροστάθμης καὶ κατόπτρου.

Ἡμερομ.	ΔΥβ	ΔΥβ'	M. F.	ΔΥβ'— ΔΥβ	β'—β	Ἡμερομ.	ΔΥβ	ΔΥβ'	M. F.	ΔΥβ'— ΔΥβ	β'—β
1929											
Ἰαν. 12	-6.24	-6.70	+0.032	-0.46	+0.36	Ἰαν. 6	+9.52	+8.93	+0.023	-0.59	+0.47
18	-5.66		0.033			7	9.48	8.94	0.033	0.54	0.42
22	-3.88	-4.35	0.007	0.47	0.37	10	9.46	8.94	0.040	0.52	0.41
Φεβρ. 9	+1.22	+0.88	0.026	0.34	0.26	12	9.75	9.32	0.014	0.43	0.34
15	2.51	2.18	0.023	0.33	0.26	15	9.79	9.27	0.038	0.52	0.41
Μαρτ. 9	6.97	6.60	0.036	0.37	0.29	17	9.82	9.30	0.034	0.52	0.40
13	8.04		0.014			19	9.86	9.32	0.035	0.54	0.42
19	8.90	8.49	0.017	0.41	0.32	21	10.05	9.55	0.023	0.50	0.39
21	9.46	8.88	0.015	0.58	0.40	27	9.78	9.26	0.029	0.52	0.41
28	10.51	9.87	0.013	0.64	0.40	Ἰουλ. 1	9.88	9.31	0.023	0.57	0.44
Ἀπρ. 2	10.81		0.023			3	9.76	9.27	0.023	0.49	0.38
3	10.83	10.18	0.039	0.65	0.49	5	9.87	9.37	0.025	0.50	0.42
5	10.48	9.84	0.033	0.64	0.50	8	10.01	9.56	0.014	0.45	0.44
13	11.03	10.36	0.030	0.67	0.53	10	10.20	9.69	0.022	0.51	0.40
15	11.14	10.40	0.038	0.74	0.57	12	9.98	9.44	0.025	0.54	0.42
25	11.70	10.98	0.020	0.72	0.56	17	10.00	9.47	0.021	0.53	0.42
29	11.55	10.96	0.023	0.59	0.55	19	10.15	9.52	0.023	0.63	0.49
Μαῖου 10	11.52	10.88	0.022	0.64	0.47	23	9.95	9.44	0.027	0.51	0.40
16	11.12		0.038			25	9.81	9.32	0.025	0.49	0.39
22	10.63	10.08	0.028	0.55	0.51	27	9.81	9.32	0.045	0.49	0.38
24	10.38	9.68	0.037	0.70	0.53	30	9.97	9.47	0.018	0.50	0.39
27	10.56	9.78	0.038	0.78	0.52	Ἀὐγ. 2	10.10	9.60	0.011	0.50	0.39
30	10.09	9.40	0.027	0.69	0.54	3	10.14	9.62	0.015	0.52	0.41
Ἰουν. 1	10.04	9.35	0.029	0.69	0.53	5	9.88	9.29	0.022	0.59	0.45
3	9.64	9.10	0.040	0.54	0.42	8	9.96	9.42	0.041	0.54	0.43
						9	9.95	9.46	0.039	0.49	0.44

Αὐγ.	14	+10.21	+	9.71	+0.015	-0.50	+0.39	Ὀκτ. 10	+8.62	+8.17	+0.029	-0.45	+0.36
	16	10.22		9.70	0.025	0.52	0.40	17	8.60	8.02	0.027	0.58	0.46
	19	10.06		9.67	0.042	0.39	0.31	22	8.76	8.28	0.019	0.48	0.37
	21	10.23		9.79	0.036	0.44	0.34	30	8.18	7.65	0.031	0.53	0.42
	23	10.32		9.68	0.023	0.64	0.50	31	8.21	7.72	0.027	0.49	0.38
Σεπτ.	3	9.66		9.01	0.015	0.65	0.51	Νοέμ. 1	8.19	7.67	0.028	0.52	0.40
	7	9.37		8.76	0.012	0.61	0.48	4	8.23	7.67	0.045	0.56	0.44
	10	9.14		8.57	0.011	0.57	0.45	11	8.21	7.71	0.027	0.50	0.39
	12	9.06		8.62	0.010	0.44	0.35	15	7.84	7.31	0.032	0.53	0.42
	16	9.07		8.56	0.019	0.51	0.40	21	7.74	7.25	0.029	0.49	0.38
	19	8.75		8.30	0.031	0.45	0.35	26	8.27	7.82	0.038	0.45	0.35
	20	8.64		8.14	0.023	0.50	0.39	28	8.33	7.86	0.029	0.47	0.36
Ὀκτ.	30	8.37		7.90	0.022	0.47	0.40	Δεκ. 2	8.56	8.04	0.031	0.52	0.40
	1	8.61		8.15	0.018	0.46	0.36	10	8.98	8.49	0.031	0.49	0.38
	3	8.68		8.21	0.023	0.47	0.36	12	8.87	8.39	0.023	0.48	0.40
	9	8.68		8.23	0.017	0.45	0.35	16	9.31	8.80	0.023	0.51	0.40

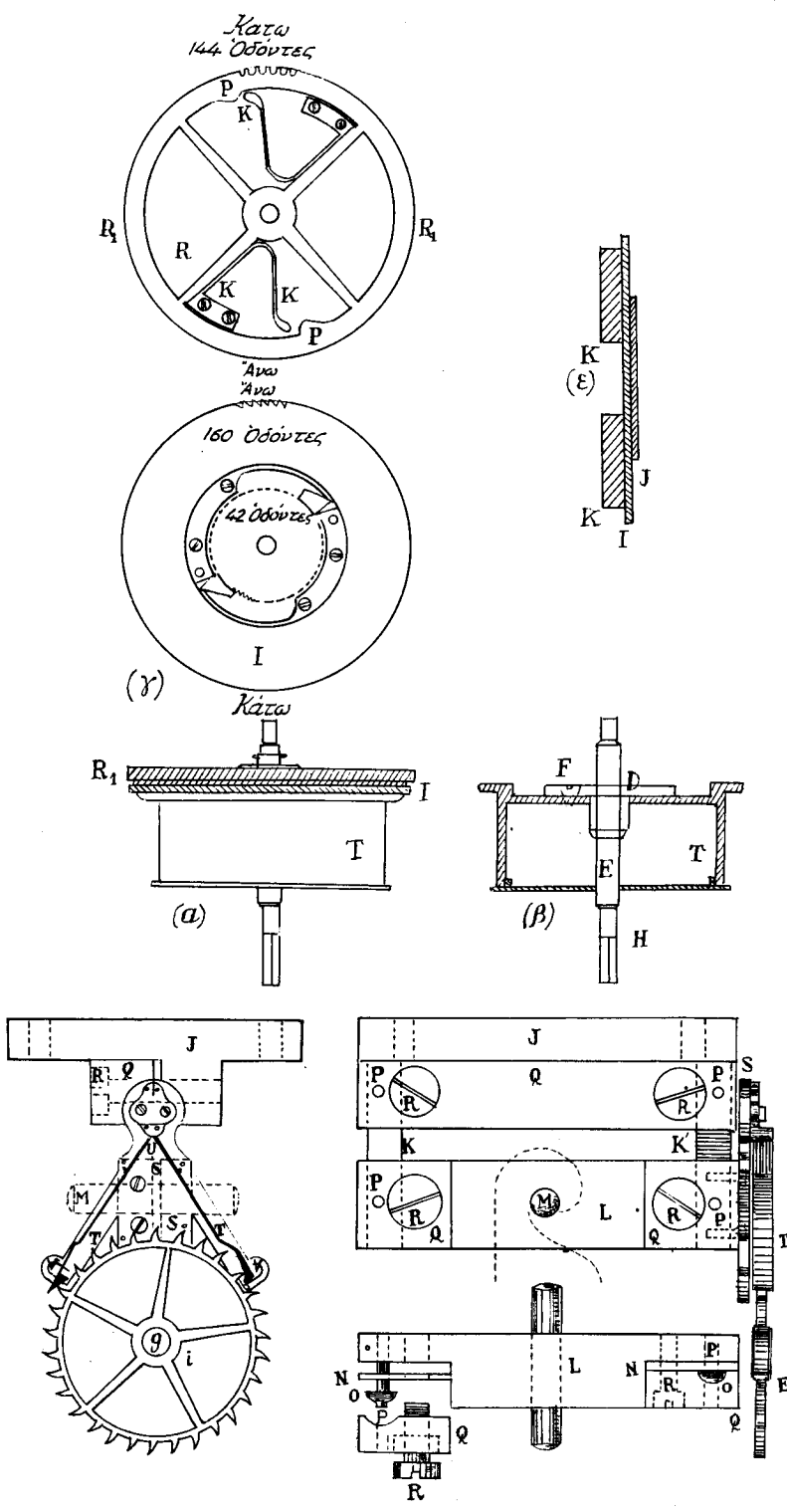
1930	Μαρτ. 11	+21.67	+21.14	+0.027	-0.53	+0.33
	14	20.93	20.61	0.043	0.32	0.25
	17	21.27	20.68	0.016	0.59	0.46
	20	21.18		0.034		
Ἀπρ.	1	21.04		0.038		
	3	21.00	20.39	0.032	0.61	0.47
	7	20.99		0.018		
	24	19.73		0.034		
	25	19.75	19.26	0.030	0.49	0.41
	28	19.62	19.01	0.024	0.61	0.47
Μαῖον	1	19.57	18.99	0.043	0.58	0.46
	5	19.31	18.77	0.037	0.54	0.42
	8	19.31	18.65	0.037	0.66	0.49
	15	18.36	17.79	0.025	0.57	0.45

1930	Μαρτ. 11	+0.37	-0.62	+0.034	+10.47	+11.09
	14	0.41	0.52	0.031	11.30	11.82
	17	0.45	0.58	0.033	12.04	12.62
	20	0.53	0.68	0.023	12.41	13.09
	1	0.42	0.54	0.024	14.04	14.58
	3	0.30	0.32	0.028	15.31	15.63
	7	0.26	0.33	0.030	15.34	15.67
	24	0.50	0.64	0.032	15.25	15.89
	25	0.47	0.55	0.023	15.30	15.85
	28			0.028	16.48	16.48
	1			0.030	17.00	17.00
	5		0.54	0.024	18.79	19.33
	8			0.024		19.58
Μάρτ.	4	0.33	0.35	0.036	20.42	20.77

Μάτρων	17	+18.20	+17.69	+0.019	-0.51	+0.40	Αβγ.	22	+17.73	+17.23	+0.015	-0.50	+0.39
19	18.12	17.53	0.020	0.59	0.44	0.41		25	17.65	17.12	0.022	0.53	0.41
22	17.84	17.36	0.034	0.48	0.38	0.36		27	17.67	17.02	0.020	0.65	0.51
28	17.58	17.12	0.019	0.46	0.36	0.36		29	17.49	17.00	0.039	0.49	0.38
30	17.63	17.12	0.028	0.51	0.40	0.40	Σεπτ.	1	17.54	16.99	0.024	0.55	0.43
2	17.41		0.032				3	3	17.46	16.88	0.024	0.58	0.45
4	17.81		0.035				6	6	17.42	16.84	0.040	0.58	0.45
10	17.80	17.28	0.047	0.52	0.41	0.41	9	9	17.28	16.71	0.024	0.57	0.44
12	17.78	17.25	0.025	0.53	0.41	0.41	11	11	17.13	16.62	0.016	0.51	0.40
16	17.48	16.90	0.026	0.58	0.46	0.46	13	13	17.13	16.53	0.023	0.60	0.47
18	17.42	16.87	0.037	0.55	0.43	0.43	16	16	17.15		0.025		
23	17.11	16.47	0.026	0.64	0.50	0.50	18	18	16.80		0.030		
26	16.82		0.022				20	20	16.92	16.29	0.024	0.63	0.49
30	16.92	16.39	0.013	0.53	0.41	0.41	26	26	16.30	15.72	0.024	0.58	0.45
2	16.78		0.023				3	3	16.22	15.62	0.021	0.60	0.47
4	16.78		0.026				6	6	16.33	15.73	0.021	0.60	0.47
7	16.81	16.29	0.039	0.52	0.41	0.41	8	8	16.31	15.69	0.033	0.62	0.48
9	16.91	16.39	0.036	0.52	0.41	0.41	10	10	16.23	15.68	0.020	0.55	0.43
11	16.82	16.43	0.019	0.39	0.30	0.30	14	14	16.13	15.61	0.021	0.52	0.30
14	16.91		0.022				15	15	16.16		0.016		
18	17.09	16.56	0.016	0.53	0.41	0.41	17	17	16.10	15.54	0.049	0.56	0.39
21	16.95	16.50	0.017	0.45	0.36	0.36	27	27	15.64	15.10	0.036	0.54	0.42
23	17.19	16.63	0.026	0.56	0.43	0.43	30	30	15.54	14.99	0.029	0.55	0.43
28	17.37	16.80	0.034	0.57	0.43	0.43	Νοεμ.	17	16.80	16.20	0.042	0.60	0.47
30	17.75	17.23	0.039	0.52	0.41	0.41	20	20	17.20		0.035		
1	17.68	17.12	0.013	0.56	0.44	0.44	26	26	17.29		0.041		
4	17.86	17.22	0.013	0.64	0.50	0.50	29	29	17.82		0.034		
6	17.89	17.32	0.014	0.57	0.45	0.45	Δεκ.	8	18.52		0.029		
8	17.99	17.45	0.021	0.54	0.42	0.42	17	17	18.42	17.95	0.032	0.47	0.36
11	17.92	17.36	0.037	0.56	0.43	0.43							
13	17.87	17.35	0.027	0.52	0.41	0.41							
18	17.71	17.21	0.040	0.50	0.39	0.39							
20	17.59	17.10	0.037	0.49	0.38	0.38							

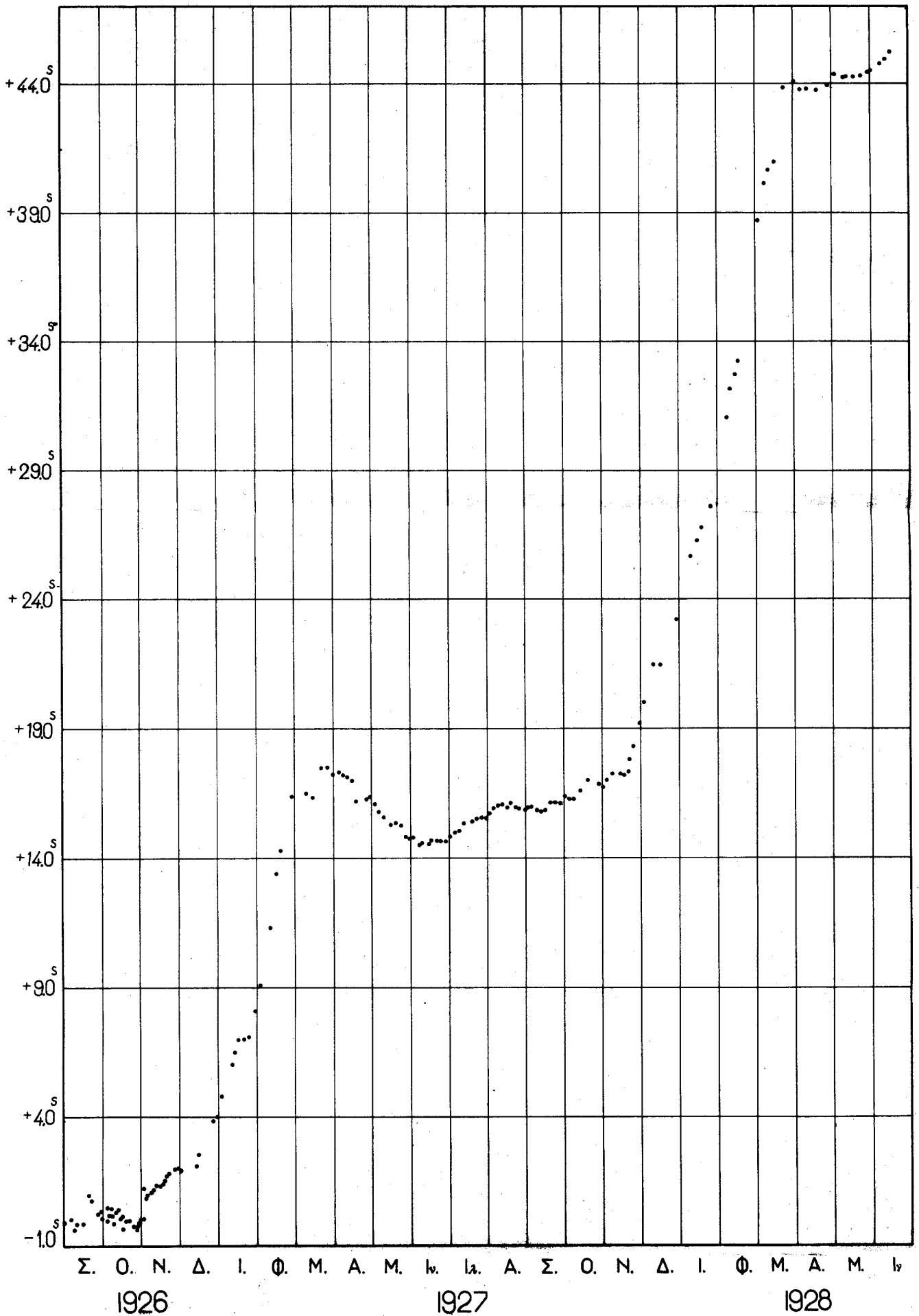
*Οκτ.	28	+62.44	+62.66	+0.026	+0.22	-0.17	Νοεμ.	9	+62.31	+62.62	+0.027	+0.31	-0.25
	30	61.87		0.037			10		62.49	62.82	0.020	0.33	0.26
	31	62.07	62.41	0.046	0.34	0.27	21		62.87	63.22	0.015	0.35	0.28
Νοεμ.	7	62.15	62.53	0.033	0.38	0.30	30		63.89		0.020		
1 9 4 0													
*Ιαν.	22	+71.29	+71.65	+0.051	+0.36	-0.28	*Ιουν.	25	+78.90		+0.023		
	23	71.46	71.81	0.031	0.35	0.27	*Ιουλ.	5	78.82		0.029		
Φεβρ.	15	72.42	72.68	0.044	0.26	0.20	8		78.79		0.029		
Μαρτ.	1	75.40	75.81	0.023	0.41	0.32	9		78.83	+79.02	0.041	+0.19	-0.15
	4	75.95	76.17	0.030	0.22	0.17	11		78.75	79.01	0.037	0.26	0.20
	5	75.92	76.24	0.057	0.32	0.25	15		78.91		0.032		
	12	76.47	76.53	0.033	0.06	0.05	17		79.00		0.035		
	13	77.22		0.046			21		79.03	79.35	0.019	0.32	0.25
	27	78.75		0.047			24		79.21		0.043		
*Απρ.	3	79.22		0.057			25		79.26		0.030		
	10	79.94		0.024			26		79.59		0.052		
	16	79.33	79.57	0.021	0.24	0.19	Αύγ.	1	79.74		0.025		
	23	80.32		0.024			8		79.37		0.034		
Μαΐον	9	79.48		0.029			19		79.65		0.023		0.23
	20	79.76	79.96	0.036	0.20	0.16	27		79.68	79.97	0.038	0.29	
	22	79.72	79.99	0.042	0.27	0.21	29		79.60		0.025		
	27	79.57	79.88	0.024	0.31	0.24	Σεπτ.	3	79.57	79.89	0.015	0.32	0.25
	28	79.34	79.56	0.027	0.22	0.17	5		79.71		0.029		
	29	79.63	80.05	0.026	0.42	0.22	9		79.80	80.16	0.019	0.36	0.28
	31	79.31		0.044			10		79.80		0.024		
*Ιουν.	5	79.10		0.034			12		79.82		0.032		
	10	79.86		0.035			17		79.77	80.14	0.024	0.37	0.29
	13	78.91		0.024			19		79.93	80.41	0.036	0.48	0.38
	14	79.05		0.033			25		80.05		0.018		
	18	79.09	79.38	0.008	0.29	0.22	27		80.07		0.019		
	20	79.03		0.029			30		80.06	80.43	0.035	0.37	0.29

*Οκτ.	1	+80.19	+80.59	+0.040	+0.40	—0.31	Νοεμ.	2	+80.52	+0.041
3	80.21			0.023			5	5	80.05	0.039
7	80.19	80.60		0.028	0.41	0.31	14	14	79.98	0.060
8	80.17	80.54		0.037	0.37	0.29	18	18	79.92	0.040
9	80.18			0.018			Δεκ.	3	80.31	0.013
10	80.18	80.71		0.017	0.53	0.34	6	6	80.47	0.011
23	80.24			0.021			30	30	83.43	0.042



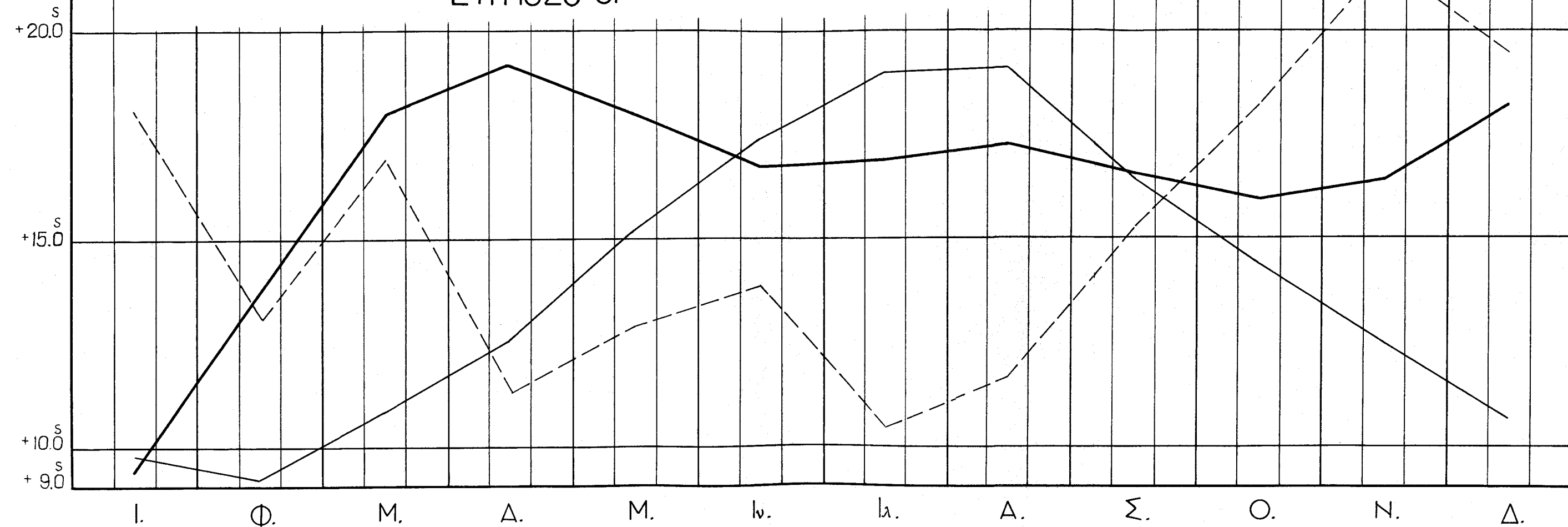
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Α!

ΓΡΑΦΙΚΗ ΠΑΡΑΣΤΑΣΙΣ ΤΩΝ ΑΠΟΛΥΤΩΝ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ
ΤΟΥ ΦΕΝΟΝ 55 ΚΑΤΑ ΤΟ ΔΙΑΣΤΗΜΑ 1926-41



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Β!
ΜΕΣΗ ΚΑΜΠΥΛΗ ΤΩΝ ΑΠΟΛ. ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΝ ΤΟΥ ΦΕΝΟΝ 55
ΕΤΗ 1929-31

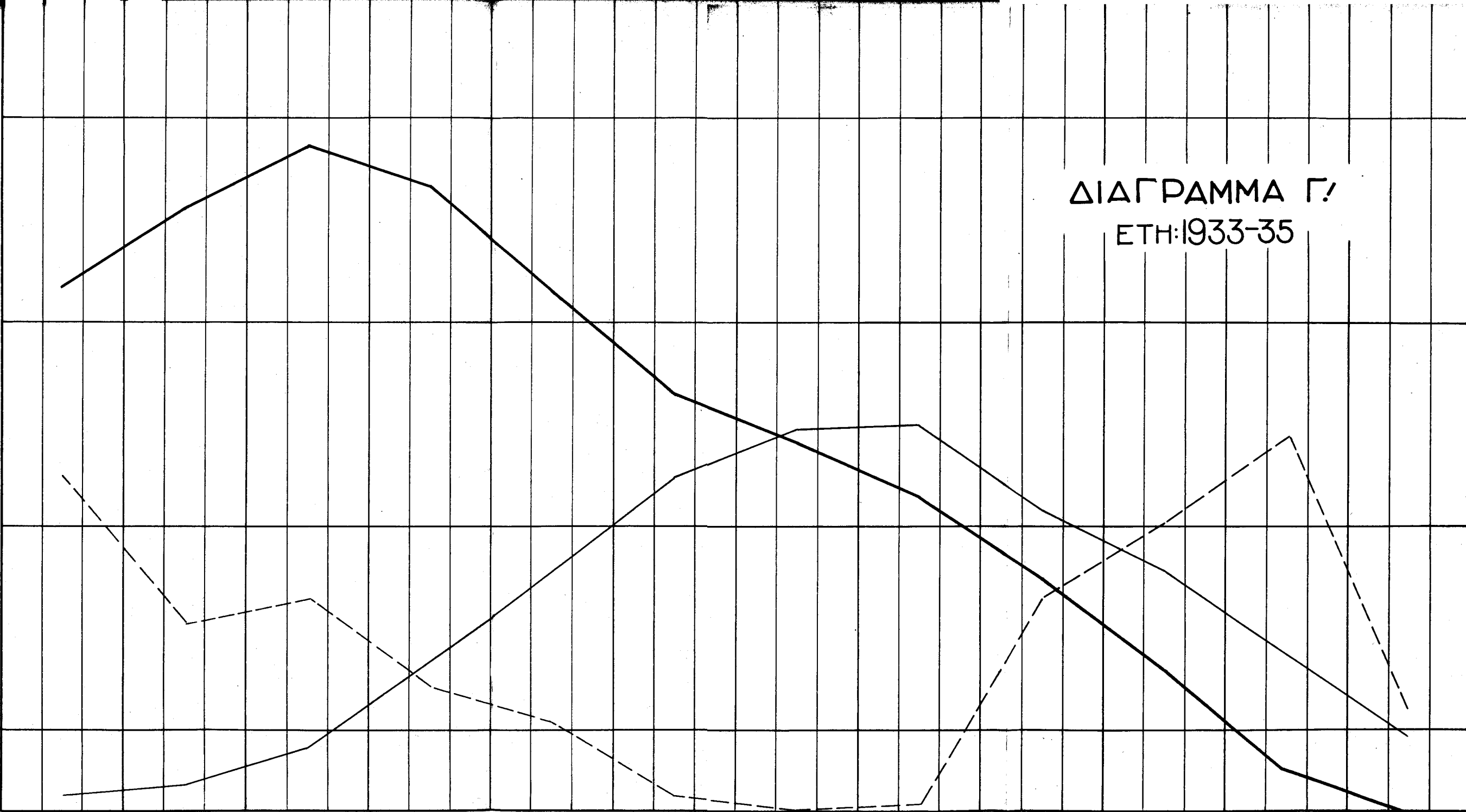
Σημ. ——— Απολ. Καταστάσεις
————— Θερμοκρασία
----- Ατμοσφ. πίεσις



s
-50
s
-100
s
-150
s
-200
s
-220

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Γ/
ΕΤΗ: 1933-35

I. Φ. Μ. Δ. Μ. Ι. Ι. Δ. Σ. Ο. Ν. Δ.



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Δ!
ΕΤΗ:1939-41

S
+80.0

S
+75.0

S
+70.0

I.

Θ.

Μ.

Α.

Μ.

Ι.

Ι.

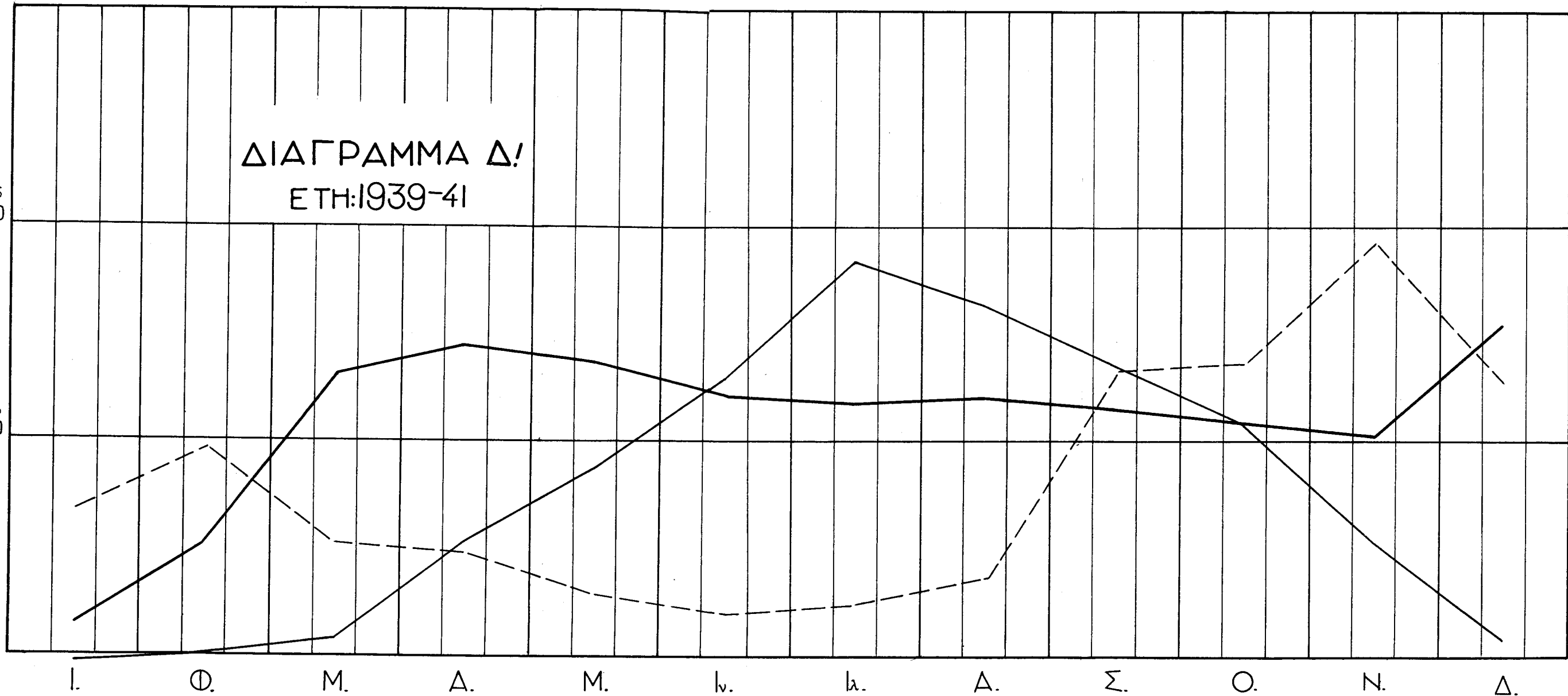
Α.

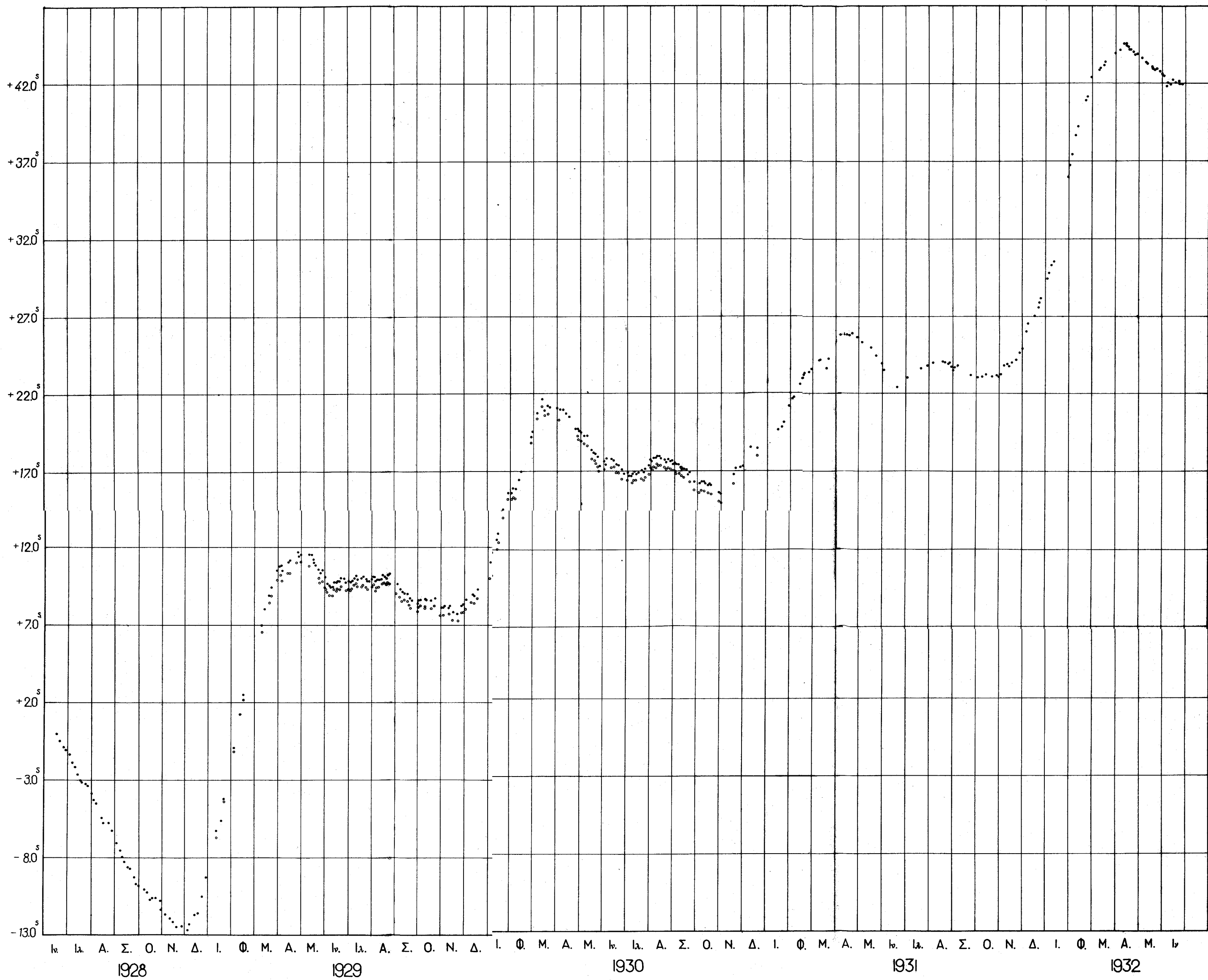
Σ.

Ο.

Ν.

Δ.





Σημ.
• Τιμαί ἀπολ. καλαρίσσεων υπολογισθεῖσαι ἢ βοήθεια ἀεροστατικής
καλάρου

