

## ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ ΜΗ ΜΕΛΩΝ

ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ.— Συμβολή εις τὴν Μελέτην τῆς ἀκριβείας τῆς ἠλεκτρομαγνητικῆς μετρήσεως ἀποστάσεων διὰ μικροκυμάτων\*, ὑπὸ Ἀναστασίου Δ. Παπαδημητρίου<sup>1</sup>. Ἀνεκοινώθη ὑπὸ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Ἰω. Ξανθάκη.

1. Ὁ δείκτης διαθλάσεως τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος εις τὴν περιοχὴν τῶν μικροκυμάτων.

Ὁ Debye [1] ἐμελέτησε τὴν ἐπίδρασιν ἑνὸς ἐξωτερικοῦ ἠλεκτρικοῦ πεδίου ἐπὶ τῆς διηλεκτρικῆς σταθερᾶς τῶν πολικῶν καὶ μὴ πολικῶν μορίων καὶ κατέληξεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ἡ μοριακὴ πόλωσις  $P$  ἑνὸς ὄρουστοῦ, τὸ ὁποῖον ἀποτελεῖται ἐκ πολικῶν μορίων καὶ εὐρίσκεται ὑπὸ τὴν ἐπίδρασιν ἑνὸς ἠλεκτρομαγνητικοῦ πεδίου, δίδεται ὑπὸ τῆς σχέσεως:

$$P(\omega) = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \frac{M}{d} = \frac{4\pi}{3} N \left( \alpha_0 + \frac{\mu^2}{3KT} \frac{1}{1 + i\omega\tau} \right), \quad (1)$$

ἔνθα  $\epsilon$  ἡ διηλεκτρικὴ σταθερά,  $M$  τὸ μοριακὸν βᾶρος,  $d$  ἡ πυκνότης τοῦ ὄρουστοῦ,  $N$  ὁ ἀριθμὸς τοῦ Avogadro,  $\alpha_0$  τὸ πολώσιμον τῶν μορίων,  $\mu$  ἡ διπολικὴ ροπή τῶν πολικῶν μορίων λόγῳ τῆς ἀσυμμέτρου κατανομῆς τῶν φορτίων των,  $K$  ἡ σταθερὰ τοῦ Boltzmann,  $T$  ἡ ἀπόλυτος θερμοκρασία,  $i = \sqrt{-1}$ ,  $\tau$  ὁ χρόνος ἀποκαταστάσεως καὶ  $\omega = 2\pi f$  ( $f$  ἡ συχνότης τοῦ ἐξωτερικοῦ ἠλεκτρομαγνητικοῦ πεδίου).

Δι' ἐξωτερικὰ πεδία συχνότητος μικροτέρας τῶν 100 GHz, εἶναι  $\omega\tau \ll 1$ , καὶ συνεπῶς ἡ σχέσις (1) λαμβάνει τὴν μορφήν:

$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \frac{M}{d} = \frac{4\pi}{3} N \left( \alpha_0 + \frac{\mu^2}{3KT} \right). \quad (2)$$

Διὰ τὰ μὴ πολικὰ μόρια  $\mu \rightarrow 0$ , καὶ συνεπῶς ἐκ τῆς σχέσεως (2) προκύπτει ἡ σχέσις:

$$\frac{\epsilon - 1}{\epsilon + 2} \frac{M}{d} = \frac{4\pi N \alpha_0}{3}, \quad (3)$$

\* A. L. PAPADIMITRIOU, Contribution to the Study of the Accuracy of Electromagnetic Measurement of Distance by Microwaves.

1. Ἐργαστήριον Γεωδαισίας Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης.

ή όποία διά τὰ ὑπὸ χαμηλὰς πιέσεις εὐρισκόμενα ἀέρια δύναται νὰ γραφῆ κατά πρώτην προσέγγισιν :

$$\varepsilon - 1 = \frac{d}{M} 4\pi N a_0 . \quad (4)$$

Ἐάν ὑποθέσωμεν ὅτι ἰσχύει ὁ νόμος τῶν τελείων ἀερίων  $d = \frac{PM}{RT}$ , ἡ προηγούμενη σχέσηισ καθίσταται

$$\varepsilon - 1 = C_1 \frac{P}{T} , \quad (5)$$

ἐνθα  $C_1$  σταθερά,  $P$  ἡ πίεσις καὶ  $R$  ἡ παγκόσμιος σταθερὰ τῶν τελείων ἀερίων. Διὰ τὴν περίπτωσιν τῶν πολικῶν ἀερίων ἔχομεν

$$\varepsilon - 1 = \frac{d}{M} 4\pi N \left( a_0 + \frac{\mu^2}{3KT} \right) , \quad (6)$$

$$\text{ἢ} \quad \varepsilon - 1 = C_2 \frac{P}{T} \left( A + \frac{B}{T} \right) , \quad (7)$$

ἐνθα  $C_2$ ,  $A$ ,  $B$  σταθεραί.

Δι' ἓν μείγμα ἀερίων, ὡς εἶναι ὁ ἀτμοσφαιρικὸς ἀήρ, ἰσχύει ὁ νόμος τῶν μερικῶν πιέσεων τοῦ Dalton, καὶ ὡς ἐκ τούτου δυνάμεθα νὰ ἀθροίσωμεν τὰς συνιστώσας τὰς ἀντιστοιχούσας εἰς τὰ διάφορα πολικά καὶ μὴ πολικά συστατικά τοῦ μείγματος. Κυριώτερα συστατικά τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος θεωροῦνται ὁ ξηρὸς ἀήρ καὶ τὸ διοξειδίου τοῦ ἀνθρακος, τὰ ὅποια ἀποτελοῦνται ἐκ μὴ πολικῶν μορίων, καὶ οἱ ὕδρατμοί, οἱ ὅποιοι παρουσιάζουν πολικότητα.

Οὕτω, διά τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα προκύπτει τελικῶς ἡ σχέσηισ

$$\varepsilon - 1 = C_{11} \frac{P_1}{T} + C_{12} \frac{P_2}{T} + C_{21} \frac{e}{T} \left( A + \frac{B}{T} \right) , \quad (8)$$

ἐνθα  $P_1$  ἡ μερική πίεσις τοῦ ξηροῦ ἀέρος,

$P_2$  ἡ μερική πίεσις τοῦ  $CO_2$ ,

καὶ  $e$  ἡ μερική πίεσις τῶν ὕδρατμῶν.

Ἡ ἀπορρόφησις τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος εἰς τὴν περιοχὴν τῶν μικροκυμάτων, μήκους 3 cm, δύναται νὰ θεωρηθῆ ἀμελητέα, καὶ ὡς ἐκ τούτου ἡ σχέσηισ, ἡ ὅποία συνδέει τὸν δείκτην διαθλάσεως καὶ τὴν διηλεκτρικὴν σταθεράν, εἶναι

$$\eta = (\mu \cdot \varepsilon)^{1/2} , \quad (9)$$

ἐνθα  $\eta$  ὁ δείκτης διαθλάσεως καὶ  $\mu$  ἡ μαγνητικὴ διαπερατότης, ἡ ὅποία διά τὸν ἀτμοσφαιρικὸν ἀέρα δύναται νὰ ληφθῆ ἴση πρὸς τὴν μονάδα.

Ἐκ τοῦ συνδυασμοῦ τῶν σχέσεων (8) καὶ (9) εὐρίσκομεν τελικῶς τὴν σχέσηιν

$$(n - 1) \cdot 10^6 = N = K_1 \frac{P_1}{T} + K_2 \frac{P_2}{T} + K_3 \frac{e}{T} \left( A + \frac{B}{T} \right), \quad (10)$$

ἔνθα  $P = P_1 + P_2 + e$  ἡ ἀτμοσφαιρική πίεσις.

Οἱ Essen καὶ Froome [2], [3], [4] προσδιώρισαν πειραματικῶς τὰς τιμὰς τῶν σταθερῶν  $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ ,  $A$  καὶ  $B$ . Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν ὑπ' αὐτῶν εὐρεθεισῶν τιμῶν ἡ προηγουμένη σχέσηις λαμβάνει τὴν μορφήν :

$$(n - 1) \cdot 10^6 = N = \frac{103.49}{T} P_1 + \frac{177.40}{T} P_2 + \frac{86.26}{T} \left( 1 + \frac{5748}{T} \right) e, \quad (11)$$

ἔνθα αἱ τιμαὶ τῶν  $P_1$ ,  $P_2$  καὶ  $e$  ἐκφράζονται εἰς mm Hg.

Ἡ σχέσηις (11), ἡ ὁποία δίδει τὴν τιμὴν τοῦ δείκτου διαθλάσεως τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος συναρτήσῃ τῶν μετεωρολογικῶν στοιχείων, ἔχει υἰοθετηθῆ ὑπὸ τῆς Διεθνοῦς Ἐνώσεως Γεωδαισίας καὶ Γεωφυσικῆς.

Εἰς τὴν περίπτωσιν κατὰ τὴν ὁποίαν ἡ σχέσηις (11) χρησιμοποιεῖται εἰς τὴν ἠλεκτρομαγνητικὴν μέτρησιν τῶν ἀποστάσεων, ἡ μερική πίεσις τοῦ  $\text{CO}_2$  δύναται νὰ ληφθῆ ἴση πρὸς μηδέν, καθόσον ἡ περιεκτικότης τοῦ ἐλευθέρου ἀέρος εἰς  $\text{CO}_2$  εἶναι μόνον 3% κατ' ὄγκον. Συνεπῶς  $P = P_1 + e$  καὶ ἡ σχέσηις (11) λαμβάνει τὴν μορφήν :

$$(n - 1) \cdot 10^6 = N = \frac{103.49}{T} P_1 + \frac{86.26}{T} \left( 1 + \frac{5748}{T} \right) e. \quad (12)$$

Ἡ σχέσηις (12) μᾶς ἐπιτρέπει νὰ ὑπολογίσωμεν τὴν τιμὴν τῆς διαθλαστικότητος  $N$  τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος εἰς τὴν περιοχὴν τῶν μικροκυμάτων, τὴν ἀντιστοιχοῦσαν εἰς ἓν σημεῖον ἐντὸς τῆς ἀτμοσφαιράρας, ὅταν γνωρίζωμεν τὰς τιμὰς τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως  $P$  καὶ τῆς μερικῆς πίεσεως τῶν ὑδρατμῶν  $e$ , ἐκπεφρασμέναν εἰς mm Hg, καθὼς ἐπίσης καὶ τὴν ἀπόλυτον θερμοκρασίαν τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος εἰς τὸ σημεῖον τοῦτο.

Ἐκ τῆς σχέσεως (12) προκύπτει ἐπίσης ὅτι, ἐὰν καλέσωμεν  $N_d = \frac{103.49}{T} P_1$  τὴν διαθλαστικότητα τοῦ ξηροῦ ἀέρος καὶ  $N_w = \frac{86.26}{T} \left( 1 + \frac{5748}{T} \right) e$  τὴν διαθλαστικότητα τῶν ὑδρατμῶν, τότε ὑφίσταται ἡ σχέσηις

$$N = N_d + N_w, \quad (13)$$

ήτοι ή διαθλαστικότητα του ατμοσφαιρικού αέρος εις έν σημείον τής ατμοσφαιράας ίσουται με τὸ άθροισμα τών τιμών τής διαθλαστικότητας του ξηροῦ αέρος και τών υδρατιμών τών αντιστοιχουσών εις τὸ σημείον τουτο.

## 2. Σημασία τής ακριβοῦς γνώσεως του δείκτου διαθλάσεως δια τήν ήλεκτρομαγνητικήν μέτρησιν τών αποστάσεων.

Η βασική σχέσις επί τής όποιας στηρίζεται ή ήλεκτρομαγνητική μέτρησις τής αποστάσεως μεταξὺ δύο σταθμῶν είναι

$$D = C \cdot \frac{t}{2} = \frac{C_0}{\bar{n}} \cdot \frac{t}{2}, \quad (14)$$

ένθα C ή μέση ταχύτης διαδόσεως τών ήλεκτρομαγνητικῶν κυμάτων, κατά μήκος τής τροχιᾶς,

t ὁ ὀλικὸς χρόνος διαδόσεως (μετάβασις και ἐπιστροφή),

$C_0$  ή ταχύτης του φωτός εις τὸ κενόν,

και η ή μέση τιμή του δείκτου διαθλάσεως του ατμοσφαιρικού αέρος, εις τήν περιοχὴν τών μικροκυμάτων κατά μήκος τής τροχιᾶς.

Ἐάν δεχθῶμεν ὡς ἀληθῆ τήν τιμὴν  $C_0 = 299792.5 \text{ Km} \cdot \text{sec}^{-1}$ , τήν όποιάν υιοθέτησεν ή Διεθνὴς Ἐνωσις Γεωδαισίας και Γεωφυσικῆς, τότε ἐκ τής σχέσεως (14) προκύπτει ὅτι δια νὰ προσδιορίσωμεν τήν τιμὴν του μήκους τής τροχιᾶς D, πρέπει νὰ γνωρίζωμεν τήν μέσην τιμὴν  $\bar{n}$  του δείκτου διαθλάσεως, κατά μήκος τής τροχιᾶς, ή όποία δίδεται ὑπὸ τής σχέσεως

$$\bar{n} = \frac{1}{D} \int_{x=0}^{x=D} n(x) dx. \quad (15)$$

Ἐκ τών σχέσεων (12) και (15) προκύπτει ὅτι δια νὰ εὔρωμεν τήν μέσην τιμὴν του δείκτου διαθλάσεως, πρέπει νὰ γνωρίζωμεν τὰς τιμὰς τής ατμοσφαιρικής πιέσεως P, τής θερμοκρασίας T και τής μερικῆς πιέσεως τών υδρατιμών e καθ' ὅλην τήν ἔκτασιν τής τροχιᾶς, πράγμα τὸ όποιον οὐδέποτε συμβαίνει εις τήν πράξιν.

Εἰς τὰς πλείστας τών περιπτώσεων, αἱ όποια ἐμφανίζονται εις τήν πράξιν ἀντιθέτως, τὰ μόνα στοιχεῖα τὰ όποια διαθέτομεν, είναι αἱ τιμαὶ  $P_1, T_1, e_1$  και  $P_2, T_2, e_2$  τών P, T και e αἱ όποια αντιστοιχοῦν εις τὰ δύο πέρατα τής μετρομένης αποστάσεως. Εἰς τὰς περιπτώσεις ταύτας συνεπῶς τὸ μόνον, τὸ όποιον

δυνάμεθα νὰ πράξωμεν εἶναι νὰ ὑπολογίσωμεν τὰς τιμὰς  $\eta_1, \eta_2$  τοῦ δείκτου διαθλάσεως τὰς ἀντιστοιχούσας εἰς τὰς τιμὰς  $P_1, T_1, e_1$  καὶ  $P_2, T_2, e_2$  καὶ νὰ λάβωμεν ὡς τιμὴν τοῦ  $\bar{\eta}$  τὴν τιμὴν  $\eta_m = \frac{1}{2} (\eta_1 + \eta_2)$ .

Ἐὰν ὅμως λάβωμεν ὑπ' ὄψιν τὰς ἀνωμαλίας εἰς τὴν κατανομὴν τῶν τιμῶν τῶν μετεωρολογικῶν στοιχείων, αἱ ὁποῖαι παρατηροῦνται εἰς τὰ κατώτερα ἰδία στρώματα τῆς γηϊνῆς ἀτμοσφαιράς, διαπιστοῦμεν εὐκόλως ὅτι εἰς τὰς πλείστας τῶν περιπτώσεων, ἡ πραγματικὴ τιμὴ τοῦ  $\bar{\eta}$  κατὰ μῆκος τῆς τροχιᾶς εἶναι διάφορος τῆς τιμῆς  $\eta_m$ , καὶ ὡς ἐκ τούτου ἡ τιμὴ τὴν ὁποίαν εὐρίσκομεν διὰ τὸ  $D$ , θέτοντες  $\eta = \eta_m$  εἶναι ἐσφαλμένη.

Τίθεται συνεπῶς τὸ πρόβλημα νὰ ἐξετάσωμεν ὑπὸ ποίας συνθήκας ἡ διαφορὰ  $\bar{\eta} - \eta_m$ , εἶναι μικρὰ καὶ ἐπομένως ἡ ἀνωτέρα παραδοχὴ  $\bar{\eta} = \eta_m$  δὲν μᾶς ὀδηγεῖ εἰς σοβαρὰ σφάλματα.

### 3. Μετρήσεις τῆς γεωδαιτικῆς βάσεως Caithness διὰ τελλουρομέτρου MRA-3.

#### 3. 1. Ὁργάνωσις τῶν μετρήσεων.

Κατὰ τὸ ἔτος 1964 ἡ Ordnance Survey τῆς Μεγάλης Βρετανίας καὶ ἡ British Military Survey Service ἀνέλαβον μίαν εὐρείας κλίμακος ἔρευναν διὰ τὴν μελέτην τοῦ δείκτου διαθλάσεως τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος εἰς τὴν περιοχὴν τῶν μικροκυμάτων [5]. Πρὸς τὸν σκοπὸν τοῦτον ἐξετελέσθη σειρά μετρήσεων τῆς ἀποστάσεως μεταξὺ τῶν ἄκρων τῆς γεωδαιτικῆς βάσεως Caithness, ὑπὸ μεταβαλλομένης καιρικῆς συνθήκας.

Ἡ γεωδαιτικὴ βάσις Caithness ἀποτελεῖ πλευρὰν τοῦ τριγωνομετρικοῦ δικτύου πρώτης τάξεως τῆς Μεγάλης Βρετανίας καὶ συνδέει τοὺς σταθμοὺς Spital Hill καὶ Warth Hill τῆς Βορείου Σκωτίας. Ἡ σφαιροειδῆς ἀπόστασις  $D_1$ , μεταξὺ τῶν ἀνωτέρω σταθμῶν προσδιορίσθη κατὰ τὸ ἔτος 1952 τῇ βοήθειᾳ βασιμετρικῆς συσκευῆς μετὰ ταινιῶν ἐξ Invar, ἡ δὲ τιμὴ τῆς εὐρέθη ἴση πρὸς  $D_1 = 24827.99954$  m, μὲ ἐν μέσον τετραγωνικὸν σφάλμα ἴσον πρὸς  $\pm 2$  cm ἢ περίπου 1 ppm. Ἡ βάσις αὕτη θεωρεῖται ὡς ἡ μεγαλύτερα γεωδαιτικὴ βάσις εἰς τὸν κόσμον, ἡ ὁποία ἔχει μετρηθῆ διὰ βασιμετρικῆς συσκευῆς μετὰ ταινίας ἢ σύρματα ἐξ Invar.

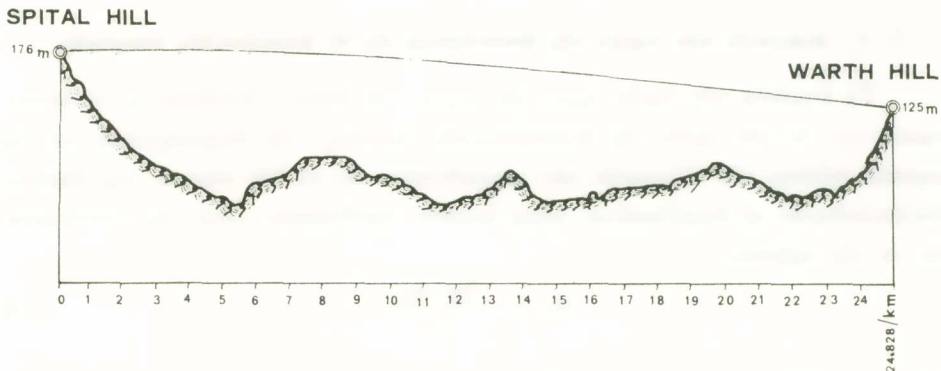
Τὸ σχῆμα 1 παρέχει τὴν κατὰ μῆκος τομὴν τοῦ ἐδάφους ὑπὸ τοῦ κατακόρυφου ἐπιπέδου τοῦ διερχομένου διὰ τῶν δύο σταθμῶν. Τὰ ἀπόλυτα ὑψόμετρα τῶν δύο σταθμῶν εἶναι ἀντιστοίχως 176 m καὶ 125 m.

Αἱ ἠλεκτρομαγνητικαὶ μετρήσεις τῆς ἀποστάσεως μεταξὺ τῶν ἄκρων τῆς

βάσεως Caithness ἐγένοντο τῇ βοηθείᾳ τελλουρομέτρου MRA - 3, καθ' ἑκάστην ἀκεραΐαν ὥραν τοῦ εἰκοσιτετραώρου καὶ ἐκάλυψε δύο χρονικὰς περιόδους ἐκ δέκα διαδοχικῶν ἡμερῶν ἑκάστην, ἥτοι ἀπὸ τῆς 12ης μέχρι τῆς 21ης Ἰουλίου 1954 καὶ ἀπὸ τῆς 28ης Σεπτεμβρίου μέχρι τῆς 7ης Ὀκτωβρίου 1964.

Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον προέκυψαν ἄνω τῶν 400 τιμῶν τῆς μετρηθείσης ἀποστάσεως, αἱ ὁποῖαι καὶ ἀποτελοῦν τὸ ὑλικὸν παρατηρήσεως ἐπὶ τοῦ ὁποῖου στηρίζεται ἡ παροῦσα ἔρευνα.

Ὡς γνωστὸν τὸ τελλουρόμετρον MRA - 3 χρησιμοποιεῖ μικροκύματα μήκους κύματος 3 cm. Ἐπειδὴ δὲ ἡ ἀκρίβεια τῶν μετρήσεων ἐξαρτᾶται ἐκ τῆς σταθε-



Σχ. 1. Κατὰ μήκος τομὴ Spital Hill - Warth Hill.

ρότητος τοῦ κρυστάλλου, ὁ ὁποῖος ἐλέγχει τὰς χρησιμοποιουμένας συχνότητες, διὰ τοῦτο τὰ τελλουρόμετρα MRA - 3, τὰ ὁποῖα ἐχρησιμοποιήθησαν εἰς τὰς ἀναφερομένας μετρήσεις, ἠλέγχθησαν ἀπὸ τῆς ἀπόψεως ταύτης ὑπὸ τῆς Ἑταιρείας Telurrometer (U. K.) Ltd. τόσον πρὸ τῆς διεξαγωγῆς τῶν ἐργασιῶν πεδίου, ὅσον καὶ μετὰ τὸ πέρας τῶν ἐργασιῶν τούτων.

Ὅπως ἀπέδειξαν οἱ Bossler καὶ Laurila [6], ὅταν χρησιμοποιῶμεν δύο τελλουρόμετρα MRA - 3 ἐναλλάξ ὡς πρωτεύοντα καὶ δευτερεύοντα σταθμὸν, ὅπως συνέβη καὶ εἰς τὴν περίπτωσιν τῶν προαναφερθεισῶν μετρήσεων, τότε τὸ σφάλμα μηδενὸς (zero error) λαμβάνει τιμὴν μικροτέραν τοῦ 1.5 cm (0.6 ppm), καὶ συνεπῶς δύναται νὰ θεωρηθῇ ὡς ἀμελητέον.

Ὅλοι οἱ ὑπολογισμοὶ τῶν τιμῶν τοῦ δείκτου διαθλάσεως ἐγένοντο δι' ἀμέσου ἐφαρμογῆς τῆς σχέσεως (12) καὶ οὐχὶ τῇ βοηθείᾳ πινάκων. Διὰ τοὺς ὑπολογισμοὺς τούτους ἐχρησιμοποιήθησαν μόνον τὰ μετεωρολογικὰ στοιχεῖα, τὰ ὁποῖα ἐλήφθησαν ἀπὸ τοὺς παρατηρητὰς εἰς τὰ δύο ἄκρα τῆς βάσεως. Εἰς ἕκαστον σταθμὸν ἐγένετο μέτρησις τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως τῇ βοηθείᾳ βαρομέτρου ἀνά

δέκα πρώτα λεπτά τῆς ὥρας, καθὼς ἐπίσης καὶ λήψις τῶν ἐνδείξεων τοῦ ξηροῦ καὶ ὑγροῦ θερμομέτρου ἐνὸς ψυχρομέτρου Assmann ἀνὰ πέντε πρώτα λεπτά τῆς ὥρας. Κατὰ τὴν διάρκειαν τῶν μετρήσεων τὸ ψυχρόμετρον Assmann ἦτο ἀνηρητημένον εἰς τὸν ἐλεύθερον ἀέρα εἰς ἀπόστασιν 2.5 m περίπου ἀπὸ τοῦ παρατηρητοῦ καὶ εἰς τὸ ὕψος 1.2 m περίπου ὑπεράνω τῆς ἐπιφανείας τοῦ ἐδάφους, ἐνῶ τὸ βαρόμετρον ἦτο τοποθετημένον παραπλεύρως τοῦ τελλουρομέτρου.

Παραλλήλως πρὸς τὰς ἄνω μετρήσεις, ἕκαστος παρατηρητῆς ἐσημείωνε καθ' ἑκάστην ἡμίσειαν ὥραν τὴν ταχύτητα καὶ τὴν διεύθυνσιν τοῦ ἀνέμου, καθὼς καὶ μίαν γενικὴν περιγραφὴν τῶν ἐπικρατουσῶν καιρικῶν συνθηκῶν.

### 3. 2. Ἀναγωγή τῶν τιμῶν τῆς ἀποστάσεως εἰς τὸ ἐλλειψοειδὲς ἀναφορᾶς.

Τῇ βοηθειᾷ τῶν τιμῶν  $\eta_{\text{spital}}$  καὶ  $\eta_{\text{warth}}$  τοῦ δείκτου διαθλάσεως, αἱ ὁποῖαι προέκυψαν ἐκ τῶν τιμῶν τῆς ἀτμοσφαιρικῆς πίεσεως, τῆς θερμοκρασίας καὶ τῆς μερικῆς πίεσεως τῶν ὑδρατμῶν τῶν μετρηθεισῶν εἰς τὰ δύο πέρατα τῆς βάσεως, ὑπελογίσθησαν αἱ διορθωμένα ἰσχύει δεικτοῦ διαθλάσεως τιμαὶ τῆς ἀποστάσεως  $D_a$  ἐκ τῆς σχέσεως :

$$D_a = \frac{D_o \cdot \eta_o}{\eta_m}, \quad (16)$$

ἐνθα  $D_o$  εἶναι ἡ τιμὴ τῆς ἀποστάσεως ὡς αὕτη παρέχεται ὑπὸ τοῦ τελλουρομέτρου καὶ ἡ ὁποία ἀντιστοιχεῖ εἰς τὴν σταθερὰν τιμὴν τοῦ δείκτου διαθλάσεως  $\eta_o = 1.000325$ , καὶ  $\eta_m$  εἶναι ὁ μέσος ὄρος τῶν τιμῶν τοῦ δείκτου διαθλάσεως τῶν ἀντιστοιχουσῶν εἰς τοὺς δύο σταθμούς, ἦτοι

$$\eta_m = \frac{\eta_{\text{spital}} + \eta_{\text{warth}}}{2}. \quad (17)$$

Διὰ νὰ ἀναχθοῦν αἱ ἤδη διορθωμένα ἰσχύει δεικτοῦ διαθλάσεως τιμαὶ τῆς ἀποστάσεως  $D_a$  εἰς τὸ ἀντίστοιχον ἐλλειψοειδὲς ἀναφορᾶς καὶ νὰ εὑρεθοῦν οὕτως αἱ τιμαὶ τῆς σφαιροειδοῦς ἀποστάσεως, ἐγένοντο αἱ κάτωθι ἀναγωγαί :

i) Διόρθωσις λόγῳ καμπυλότητος τῆς τροχιᾶς :

$$c_1 = -K^2 \frac{D^3}{24R^2} = -0.0010 \text{ m},$$

ii) Διόρθωσις λόγῳ κλίσεως :

$$c_2 = -\frac{\delta h^2}{2D} = -0.0545 \text{ m},$$

iii) Ἀναγωγή εἰς τὴν μέσην ἐπιφάνειαν τῆς θαλάσσης :

$$c_3 = - \frac{D \cdot h_m}{R\alpha + h_m} = - 0.5874 \text{ m},$$

iv) Ἀναγωγή τῆς χορδῆς εἰς τόξον :

$$c_4 = + \frac{D^3}{24R^2} = + 0.0157 \text{ m},$$

v) Δευτέρα διόρθωσις λόγῳ μεταβολῆς τῆς ταχύτητος διαδόσεως :

$$c_5 = - (K - K^2) \frac{D^3}{12R^2} = - 0.0059 \text{ m},$$

ἔνθα  $K = 0.25$  ὁ συντελεστὴς γεωδαιτικῆς διαθλάσεως εἰς τὴν περιοχὴν τῶν μικροκυμάτων,

$D$  ἡ ἀπόστασις μεταξὺ τῶν δύο σταθμῶν,

$dh$  ἡ ὑψομετρικὴ διαφορὰ τῶν ὀργάνων,

$h_m$  τὸ μέσον ὑψόμετρον τῶν ὀργάνων καὶ

$R_\alpha$  ἡ ἀκτίς καμπυλότητος τοῦ γηίνου ἐλλειψοειδοῦς, ἡ ἀντιστοιχοῦσα εἰς τὸ θεωρούμενον ἄξιμουθιον. Εἰς τὴν συγκεκριμένην περίπτωσιν δυνάμεθα νὰ θέσωμεν  $R_\alpha + h_m \approx R = 6.38 \times 10^6 \text{ m}$ .

Ἡ ὅλική τιμὴ τῶν ἀναγωγῶν εἶναι  $c = c_1 + c_2 + c_3 + c_4 + c_5 = - 0.6331 \text{ m}$ .

Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον ὑπελογίσθη ἡ τιμὴ τῆς σφαιροειδοῦς ἀποστάσεως τῶν δύο σταθμῶν, ἡ ἀντιστοιχοῦσα εἰς ἐκάστην τῶν 462 διεξαχθεῖσων μετρήσεων διὰ τοῦ τελλουρομέτρου. Αἱ τιμαὶ αὗται συνεκρίθησαν ἐν συνεχείᾳ πρὸς τὴν τιμὴν τῆς σφαιροειδοῦς ἀποστάσεως  $D_1 = 24827.99954 \text{ m}$ , ἡ ὁποία εὐρέθη τῇ βοηθείᾳ τῆς βασιμετρικῆς συσκευῆς.

#### 4. Διερεύνησις τῶν ἐξαγομένων.

Εἶδομεν προηγουμένως ὅτι διὰ τὸν ὑπολογισμὸν τῆς ἀποστάσεως μεταξὺ δύο σταθμῶν πρέπει νὰ χρησιμοποιήσωμεν τὴν σχέσιν (14), ἥτοι :

$$D = \frac{C_0}{\eta} \cdot \frac{t}{2},$$

ἔνθα  $\bar{\eta}$  ἡ μέση τιμὴ τοῦ δείκτου διαθλάσεως τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος εἰς τὴν περιοχὴν τῶν μικροκυμάτων μήκους κύματος  $\beta$ -cm, κατὰ μῆκος τῆς τροχιᾶς.

Ἐνταῦθα ὅμως εἶναι γνωστὸς μόνον ὁ μέσος ὄρος

$$\eta_m = \frac{\eta_{\text{spital}} + \eta_{\text{warth}}}{2}$$



τῶν τιμῶν τοῦ δείκτου διαθλάσεως τῶν ἀντιστοιχοῦσῶν εἰς τοὺς δύο σταθμοὺς Spital Hill καὶ Warth Hill, ἐπὶ τῇ βάσει τοῦ ὁποίου καὶ ὑπελογίσθη ἡ διωρθωμένη λόγῳ δείκτου διαθλάσεως τιμὴ  $D_a$  τῆς ἀποστάσεως μεταξὺ τῶν δύο σταθμῶν καὶ ἔξ αὐτῆς ἡ τιμὴ  $D_t$  τῆς σφαιροειδοῦς ἀποστάσεως τῶν σταθμῶν τούτων.

Ὅπως ἐλέχθη ὅμως καὶ προηγουμένως ἐν γένει εἶναι  $\eta \neq \eta_m$ . Ὡς ἐκ τούτου ἡ οὔτως εὗρισκομένη τιμὴ τοῦ  $D_t$  εἶναι ἐν γέγει διάφορος τοῦ  $D_I$ .

Διὰ νὰ μελετηθῇ λεπτομερέστερον τὸ φαινόμενον, ὑπελογίσθησαν αἱ τιμαὶ τῆς διαφορᾶς

$$\delta D = D_t - D_I \quad (18)$$

αἱ ἀντιστοιχοῦσαι εἰς τὰς 462 μετρήσεις.

Ἐπὶ τῇ βάσει τῶν τιμῶν τοῦ  $\delta D$  διηρέθησαν αἱ 462 μετρήσεις εἰς ἕξ ομάδας, αἱ ὁποῖαι περιλαμβάνουν ἀντιστοίχως τὰς μετρήσεις διὰ τὰς ὁποίας ἡ τιμὴ

## ΠΙΝΑΞ Ι

Τιμαὶ τῶν  $\bar{\delta D}$ ,  $\bar{D}_0$ ,  $\bar{N}_d$ ,  $\bar{N}_w$ ,  $\bar{N}$  καὶ  $\bar{f}$   
διὰ τὰς θεωρουμένας ἐνταῦθα ἕξ ομάδας μετρήσεων.

ΔΙΑΣΤΗΜΑΤΑ cm	v	$\bar{\delta D}$ cm	$\bar{D}_0$ m	$\bar{N}_d$	$\bar{N}_w$	$\bar{N}$	$\bar{f}$ %
1	2	3	4	5	6	7	8
$\div (-17.5)$	37	- 23.7	24 828.270	270.31	49.55	319.86	79.5
$(-17.5) \div (-12.5)$	52	- 14.6	24 828.409	269.51	52.53	322.04	83.3
$(-12.5) \div (-7.5)$	93	- 9.7	24 828.482	269.12	53.71	322.83	85.3
$(-7.5) \div (-2.5)$	111	- 4.9	24 828.597	269.72	55.85	325.57	87.0
$(-2.5) \div (+2.5)$	108	- 0.2	24 828.684	269.24	57.89	327.13	91.1
$(+2.5) \div$	61	+ 5.6	24 828.788	269.66	59.40	329.06	94.2
	462	- 6.0	24 828.572	269.50	55.49	324.99	87.5

τοῦ  $\delta D$  εἶναι : 1) μικρότερα τοῦ  $-17.5$  cm, 2) μεταξὺ  $-17.5$  cm καὶ  $-12.5$  cm, 3) μεταξὺ  $-12.5$  cm καὶ  $-7.5$  cm, 4) μεταξὺ  $-7.5$  cm καὶ  $-2.5$  cm 5) μεταξὺ  $-2.5$  cm καὶ  $+2.5$  cm καὶ 6) μεγαλύτερα τῶν  $+2.5$  cm καὶ κατηρτίσθη ὁ πίναξ Ι. Εἰς τὸν πίνακα τοῦτον, ἡ πρώτη στήλη δίδει τὸ διάστημα τιμῶν τοῦ  $\delta D$

εις τὸ ὁποῖον ἀντιστοιχεῖ ἡ θεωρουμένη ὁμὰς μετρήσεων, ἡ δευτέρα στήλη δίδει τὸ πλῆθος  $n$  τῶν μετρήσεων τῆς ἀντιστοίχου ὁμάδος, ἡ τρίτη στήλη δίδει τὸν μέσον ὄρον  $\overline{\delta D}$  τῶν τιμῶν τοῦ  $\delta D$  τῶν ἀντιστοιχοῦσων εἰς τὰς μετρήσεις τῆς θεωρουμένης ὁμάδος, ἡ τετάρτη στήλη δίδει τὸν μέσον ὄρον  $\overline{D_o}$  τῶν τιμῶν τῆς ἀποστάσεως  $D_o$  τῶν δύο σταθμῶν, ὡς αὕτη παρέχεται, ὑπὸ τοῦ τελλουρομέτρου, τῶν ἀντιστοιχοῦσων εἰς τὰς μετρήσεις ἐκάστης ὁμάδος, ὡσαύτως ἡ πέμπτη, ἕκτη καὶ ἑβδόμη στήλαι δίδουν ἀντιστοίχως τοὺς μέσους ὄρους  $\overline{N_d}$ ,  $\overline{N_w}$ , καὶ  $\overline{N}$  τῶν τιμῶν τῆς διαθλαστικότητος  $N_d$  τοῦ ξηροῦ ἀέρος, τῆς διαθλαστικότητος  $N_w$  τῶν ὕδρατμῶν καὶ τῆς διαθλαστικότητος  $N = N_d + N_w$  τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος, τῶν ἀντιστοιχοῦσων εἰς τὰς μετρήσεις ἐκάστης ὁμάδος. Τέλος, ἡ ὀγδόη στήλη δίδει τὸν μέσον ὄρον  $\overline{f}$  τῶν τιμῶν τῆς σχετικῆς ὑγρασίας  $f$  τῶν ἀντιστοιχοῦσων εἰς τὰς μετρήσεις ἐκάστης ὁμάδος. Ἡ τελευταία γραμμὴ τοῦ πίνακος I παρέχει τοὺς γενικοὺς μέσους ὄρους τῶν  $\delta D$ ,  $D_o$ ,  $N_d$ ,  $N_w$ ,  $N$  καὶ  $f$  τοὺς ἀντιστοιχοῦντας εἰς τὸ σύνολον τῶν 462 μετρήσεων.

Ἐκ τοῦ πίνακος I προκύπτει ὅτι καθὼς μεταβαίνομεν ἐκ τῆς πρώτης πρὸς τὴν ἕκτην ὁμάδα, ἀυξάνουν αἱ τιμαὶ τῶν  $\overline{\delta D}$ ,  $\overline{D_o}$ ,  $\overline{N_w}$ ,  $\overline{N}$  καὶ  $\overline{f}$ , ἐνῶ ἀντιθέτως ἡ μεταβολὴ τῆς τιμῆς  $\overline{N_d}$  δὲν παρουσιάζει συγκεκριμένην νομοτέλειαν.

Διὰ τὴν μελετηθῆ πληρέστερον τὸ σημεῖον τοῦτο, ὑπελογίσθησαν αἱ τιμαὶ διαφόρων σχετικῶν συντελεστῶν συσχέτισεως διὰ τὸ σύνολον τῶν 462 μετρήσεων καὶ εὐρέθησαν τὰ κάτωθι ἐξαγόμενα :

$$r(\delta D, D_o) = + 0.71$$

$$r(\delta D, N_d) = - 0.03$$

$$r(\delta D, N_w) = + 0.34$$

$$r(\delta D, N) = + 0.39$$

$$r(\delta D, f) = + 0.38$$

$$r(N_d, N) = - 0.02$$

$$r(N_w, N) = + 0.83$$

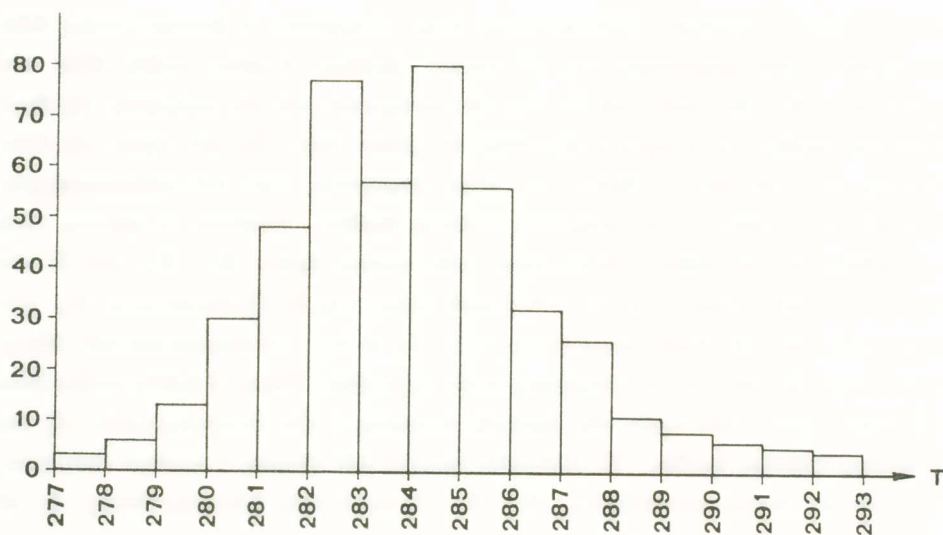
$$r(N_d, N_w) = - 0.59$$

$$r(D_o, N) = + 0.93$$

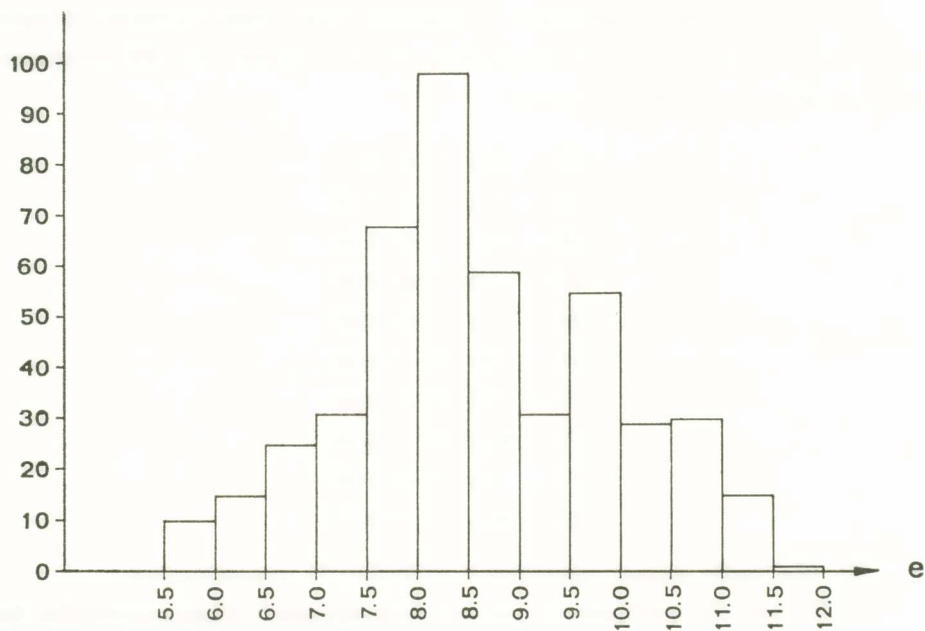
$$r(D_o, N_w) = + 0.77$$

Ἐκ τῶν τιμῶν τούτων προκύπτουν τὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα :

1. Ἡ τιμὴ τῆς διαθλαστικότητος τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος παρουσιάζει διὰ τὸ σύνολον τῶν μελετωμένων ἐνταῦθα 462 μετρήσεων λίαν στενὴν θετικὴν συσχέτισιν πρὸς τὴν τιμὴν τῆς διαθλαστικότητος τῶν ὕδρατμῶν ( $r = + 0.83$ ) ἐνῶ ἀντιθέτως οὐδεμίαν συσχέτισιν παρουσιάζει αὕτη πρὸς τὴν διαθλαστικότητα τοῦ ΠΑΑ 1973

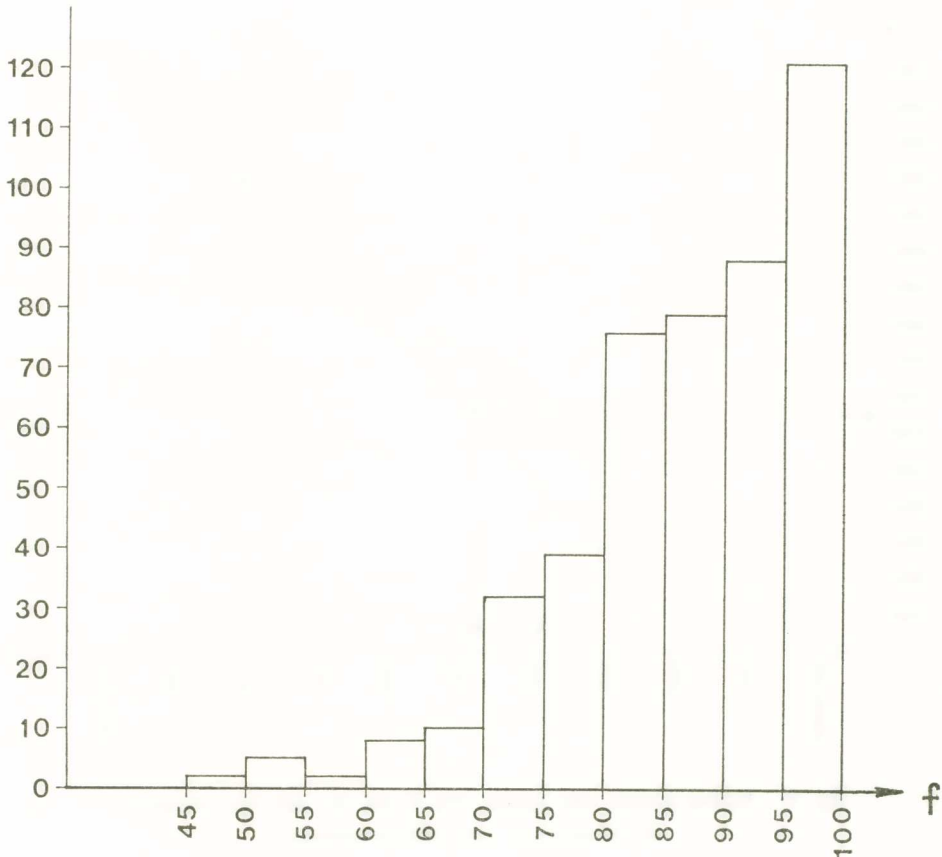


Σχ. 2. Κατανομή των τιμών της απόλυτου θερμοκρασίας  $T$  του αέρος των αντίστοιχουσών εις τὰς 462 μετρήσεις.



Σχ. 3. Κατανομή των τιμών της μερικής πίεσεως  $e$  των υδρατμών των αντίστοιχουσών εις τὰς 462 μετρήσεις.

ξηροῦ ἀέρος ( $r = -0.02$ ). Πρέπει νὰ σημειωθῇ ὅτι, ὅπως δεικνύουν καὶ τὰ σχ. 2, 3 καὶ 4, κατὰ τὴν διάρκειαν τῶν 462 μετρήσεων, αἱ τιμαὶ τῆς ἀπολύτου θερμοκρασίας  $T$  τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος, τῆς μερικῆς πίεσεως τῶν ὑδρατμῶν καὶ

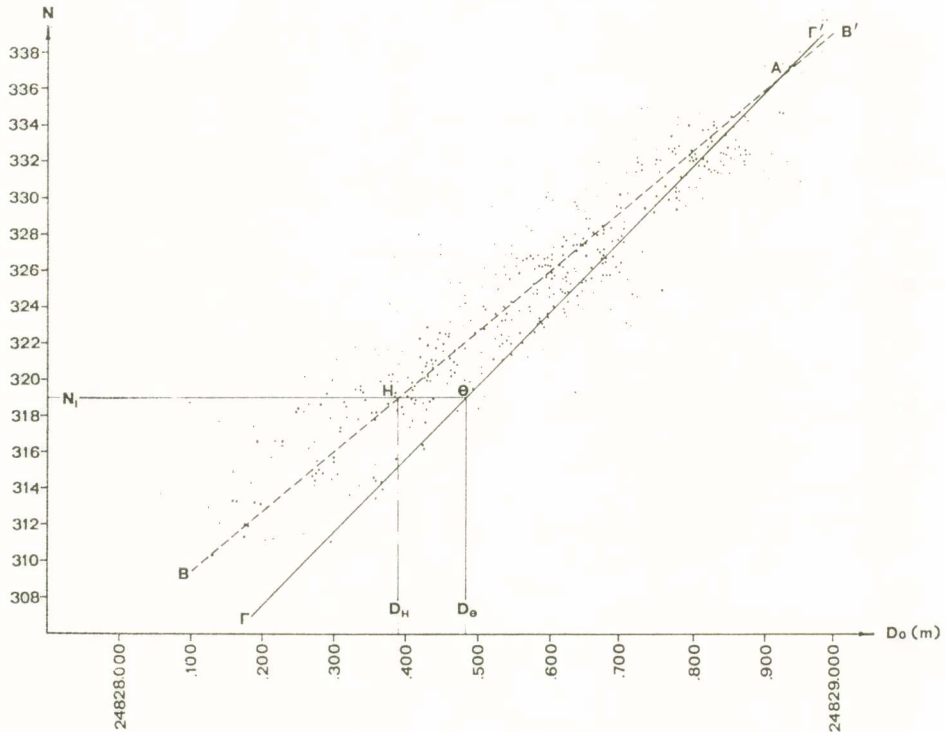


Σχ. 4. Κατανομή τῶν τιμῶν τῆς σχετικῆς ὑγρασίας  $f$  τῶν ἀντιστοιχουσῶν εἰς τὰς 462 μετρήσεις.

τῆς σχετικῆς ὑγρασίας  $f$  (μέσοι ὄροι τῶν τιμῶν τῶν ἀντιστοιχουσῶν εἰς τοὺς δύο σταθμοὺς) ἐκυμάνθησαν μεταξὺ τῶν τιμῶν  $T=277 - 293$  K,  $e=5.5 - 12.0$  mmHg) καὶ  $f = 45 - 100\%$  δηλαδὴ κατὰ τὴν περίοδον ταύτην ἐπεκράτουν χαμηλαὶ θερμοκρασίαι, μικραὶ τιμαὶ τῆς μερικῆς πίεσεως τῶν ὑδρατμῶν καὶ ὑψηλαὶ τιμαὶ τῆς σχετικῆς ὑγρασίας.

2. Ἡ τιμὴ τοῦ  $D_0$  παρουσιάζει διὰ τὸ σύνολον τῶν μελετωμένων ἐνταῦθα 462 μετρήσεων στενωτάτην θετικὴν συσχέτισιν πρὸς τὴν τιμὴν τοῦ  $N$  ( $r = +0.93$ )

καὶ  $N_w$  ( $r = +0.77$ ). Διὰ τὴν μελετηθῆ λεπτομερέστερον τὸ σημεῖον τοῦτο κατεσκευάσθη τὸ σχ. 5 τὸ ὁποῖον περιέχει τὴν σχέσιν μεταξὺ τῶν τιμῶν τῶν  $D_o$  καὶ  $N$  διὰ τὸ σύνολον τῶν 462 μετρήσεων. Ἐκ τοῦ σχήματος τούτου διαπιστοῦμεν ὅτι



Σχ. 5. Σχέσις μεταξὺ τῶν τιμῶν τοῦ  $N$  καὶ  $D_o$  τῶν ἀντιστοιχοῦσάν εἰς τὸ σύνολον τῶν 462 μετρήσεων.

ὑπάρχει τῶ ὄντι στενωτάτη γραμμικὴ συσχέτισις μεταξὺ τῶν  $D_o$  καὶ  $N$ . Μάλιστα δὲ διὰ τῆς μεθόδου τῶν ἐλαχίστων τετραγώνων ὑπολογίζεται εὐκόλως καὶ ἡ κάτωθι γραμμικὴ σχέσις μεταξὺ τῶν  $D_o$  καὶ  $N$ .

$$D_o = a + bN = 24818.8086 + 0.030045 N \\ \pm 0.1790 \pm 0.000550 \quad (\mu. \tau. \sigma.)$$

ἡ ὁποία καὶ παρίσταται ὑπὸ τῆς διακεκομμένης γραμμῆς  $BB'$  τοῦ σχ. 5. Ἀντιθέτως ἡ συνεχῆς γραμμὴ  $\Gamma\Gamma'$  τοῦ σχ. 5 παριστᾷ τὴν σχέσιν μεταξὺ τῶν τιμῶν τῶν

$N_\pi$  και  $D_o$ , ἔνθα τὸ  $N_\pi$  παρέχεται ὑπὸ τῆς σχέσεως  $N_\pi = (\eta_\pi - 1) \cdot 10^6$ , τὸ δὲ  $\eta_\pi$  ὑπολογίζεται τῆ βοηθεία τῆς σχέσεως

$$D_I = \frac{D_o \cdot \eta_o}{\eta_\pi} + c. \quad (19)$$

Τὸ  $N_\pi$  παρέχει δηλαδὴ τὴν τιμὴν τὴν ὁποῖαν πρέπει νὰ λαμβάνη ἡ διαθλαστικότητα τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος δι' ἐκάστην τιμὴν τοῦ  $D_o$ , ἵνα πληροῦται ἡ σχέση

$$\delta D = D_t - D_I = 0.$$

Ἐκ τοῦ σχ. 5 διαπιστοῦμεν ὅτι αἱ γραμμὰ αἱ παριστῶσαι τὰς σχέσεις μεταξὺ τοῦ  $N$  καὶ  $D_o$  (διακεκομμένη γραμμὴ) καὶ  $N_\pi$  καὶ  $D_o$  (συνεχῆς γραμμὴ) δὲν συμπίπτουν, ἀλλὰ τέμνονται εἰς ἓν σημεῖον  $A$  διὰ τὸ ὁποῖον εἶναι  $N = N_\pi = 336,44$  καὶ  $D_o = 24828,917$  m.

Ἐὰν ὁμως θεωρήσωμεν μίαν τιμὴν  $N_1$  τοῦ  $N$  καὶ φέρωμεν τὴν παράλληλον πρὸς ἄξονα τῶν  $D_o$  τὴν ἀντιστοιχοῦσαν εἰς τὴν τεταγμένην  $N = N_1$  (σχ. 5), τότε ἡ παράλληλος αὕτη τέμνει τὴν μὲν εὐθειᾶν  $BB'$  εἰς τὸ σημεῖον  $H$ , τὴν δὲ εὐθειᾶν  $\Gamma\Gamma'$  εἰς τὸ σημεῖον  $\Theta$ . Ἐὰν  $D_H$  καὶ  $D_\Theta$  εἶναι αἱ τιμαὶ τοῦ  $D_o$  αἱ ἀντιστοιχοῦσαι εἰς τὰ σημεῖα  $H$  καὶ  $\Theta$ , τότε ἐκ τοῦ τρόπου ὁρισμοῦ τῶν εὐθειῶν  $BB'$  καὶ  $\Gamma\Gamma'$  προκύπτουν τὰ ἀκόλουθα συμπεράσματα :

α) Ἐὰν διορθώσωμεν λόγῳ δείκτου διαθλάσεως τὴν τιμὴν  $D_o = D_H$  χρησιμοποιῶντες τὴν ἐν χρήσει σήμερον θεωρίαν διορθώσεως καὶ τὴν τιμὴν  $N = N_1$  διὰ τὴν διαθλαστικότητα τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος καὶ ἐν συνεχείᾳ ἀναγάγωμεν τὴν εὐρισκομένην τιμὴν εἰς τὸ ἔλλειψοειδὲς ἀναφορᾶς, τότε θὰ εὔρωμεν τὴν ἀνωτέρω ὁρισθεῖσαν τιμὴν  $D_t$ , ἐνῶ β) ἐὰν διορθώσωμεν λόγῳ δείκτου διαθλάσεως τὴν τιμὴν  $D_o = D_\Theta$  χρησιμοποιῶντες τὴν ἐν χρήσει σήμερον θεωρίαν διορθώσεως καὶ τὴν τιμὴν  $N_\pi = N_1$  διὰ τὴν διαθλαστικότητα τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος καὶ ἐν συνεχείᾳ ἀναγάγωμεν τὴν εὐρισκομένην τιμὴν εἰς τὸ ἔλλειψοειδὲς ἀναφορᾶς, τότε ἡ τιμὴ τὴν ὁποῖαν θὰ εὔρωμεν διὰ τὸ  $D_t$  θὰ ἰσοῦται, λόγῳ τοῦ τρόπου ὁρισμοῦ τοῦ  $N_\pi$ , πρὸς  $D_I$ .

Ἐκ τῆς σχέσεως (16) ὁμως προκύπτουν αἱ σχέσεις

$$\begin{aligned} D_t &= \frac{D_H \cdot \eta_o}{\eta_1} + c, \\ D_I &= \frac{D_\Theta \cdot \eta_o}{\eta_1} + c, \end{aligned} \quad (20)$$

ἐνθα ἡ τιμὴ τοῦ  $\eta_1$  ὑπολογίζεται ἐκ τῆς σχέσεως  $N_1 = (\eta_1 - 1) \cdot 10^6$ . Ἀφαιροῦντες κατὰ μέλη τὰς σχέσεις (20) εὐρίσκομεν :

$$\delta D = D_t - D_I = \frac{\eta_0}{\eta_1} (D_H - D_\Theta) = \frac{\eta_0}{\eta_1} (\overline{\Theta H}). \quad (21)$$

Ἐὰν  $N_1 = 336.44$  τότε τὰ σημεῖα H καὶ  $\Theta$  συμπίπτουν εἰς ἓν, τὸ σημεῖον A, καὶ συνεπῶς ἔχομεν  $(\overline{\Theta H}) = 0$  καὶ  $\delta D = 0$ . Διὰ τὴν τιμὴν ταύτην τοῦ N, συνεπῶς, εἶναι  $D_t - D_I = 0$ . Ἀντιθέτως, ὅταν ἡ τιμὴ τοῦ  $N_1$  γίνεται μικροτέρα τῆς τιμῆς 336.44, τότε καὶ ἡ τιμὴ τοῦ  $(\overline{\Theta H})$ , καὶ συνεπῶς καὶ τοῦ  $\delta D$ , καθίσταται μικροτέρα τοῦ μηδενός. Μάλιστα δὲ ἡ ἀπόλυτος τιμὴ τοῦ  $\delta D$  εἶναι τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ τιμὴ τῆς διαφορᾶς  $N - 336.44$  ἢ ἡ τιμὴ τῆς διαφορᾶς  $D_0 - 24828.917$ . Τὸ τελευταῖον τοῦτο εὐρίσκεται ἄλλωστε ἐν συμφωνίᾳ καὶ μὲ τὸ γεγονός ὅτι ὁ συντελεστῆς συσχέτισεως μεταξὺ τοῦ  $\delta D$  καὶ  $D_0$  διὰ τὸ σύνολον τῶν 462 μετρήσεων ἀνευρέθη ἀνωτέρω ἴσος πρὸς  $r = +0.71$ .

Ἐκ τῶν προεκτεθέντων προκύπτει ὅτι, διὰ τὴν μελετωμένην ἐνταῦθα σειρὰν τῶν μετρήσεων, ὑπάρχει μία περιοχὴ τιμῶν τοῦ N ( $N \approx 336.44$ ) διὰ τὴν ὁποῖαν  $\delta D = D_t - D_I \approx 0$ , διὰ τὴν ὁποῖαν δηλαδὴ ἡ διωρθωμένη λόγῳ δείκτου διαθλάσεως (βάσει τῆς ἐν χρήσει σήμερον θεωρίας διορθώσεως) καὶ ἀνηγγμένη εἰς τὴν ἐπιφάνειαν τοῦ ἔλλειψοειδοῦς ἀναφορᾶς τιμὴ  $D_t$ , ἢ προκύπτουσα ἐκ τοῦ τελλουρομέτρου ἰσοῦται κατὰ μεγάλην προσέγγισιν ( $\pm 1$  ppm) πρὸς τὴν τιμὴν  $D_I$  τῆς σφαιροειδοῦς ἀποστάσεως τὴν εὐρεθεῖσαν διὰ βασιμετρικῆς συσκευῆς. Ἀντιθέτως, ὅταν ἡ τιμὴ τοῦ N καθίσταται μικροτέρα τῆς τιμῆς  $N = 336.44$  τότε ἡ τιμὴ  $D_t$ , ἢ προκύπτουσα ἐκ τοῦ τελλουρομέτρου εἶναι μικροτέρα τῆς τιμῆς  $D_I$  τῆς προκυπτούσης ἐκ τῆς βασιμετρικῆς συσκευῆς καὶ μάλιστα ἡ διαφορὰ  $D_t - D_I$  εἶναι κατ' ἀπόλυτον τιμὴν τόσον μεγαλυτέρα, ὅσον μεγαλυτέρα εἶναι ἡ τιμὴ τῆς διαφορᾶς  $N - 336.44$ .

Σημειωτέον ὅτι τὸ αὐτὸ ὕλικόν παρατηρήσεων ἐμελετήθη ἐπίσης καὶ ὑπὸ Reuter [7]. Οὗτος διήρσε τὰς μετρήσεις εἰς ομάδας ἐπὶ τῇ βάσει τῆς τιμῆς τῆς διαθλαστικότητος N καὶ δι' ἑκάστην ἐκ τῶν ομάδων τούτων ὑπελόγησε τὰ κάτωθι στοιχεῖα : 1) τὴν μέσσην τιμὴν τοῦ  $D_t$ , 2) τὴν διασπορὰν τῶν τιμῶν τοῦ  $D_t$  καὶ 3) τὸν συντελεστὴν αὐτοσυσχετίσεως μεταξὺ τῶν τιμῶν τοῦ  $D_t$  ἑκάστης ομάδος. Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον κατέληξεν εἰς τὰ κάτωθι συμπεράσματα : 1) ἀξαναμένως ἢ διασπορὰ τῶν τιμῶν τοῦ  $D_t$  ἐλαττοῦται καὶ 2) εἰς τὰς ομάδας μὲ μεγαλυτέρας τιμὰς τοῦ N ἀντιστοιχοῦν μικρότεραι τιμαὶ τοῦ συντελεστοῦ αὐτοσυσχετίσεως. Ἐπειδὴ δὲ θεωρεῖ ὅτι αἱ μεγάλαι τιμαὶ τοῦ N πρέπει νὰ ἀναμένωνται

κατὰ κύριον λόγον εἰς τὴν περίπτωσιν ὁμίχλης ἢ ἀσθενοῦς βρογχίτις, προτείνει ὡς καταλληλοτέρας περιόδους διὰ τὴν ἐκτέλεσιν ἠλεκτρομαγνητικῶν μετρήσεων τῶν ἀποστάσεων δι' ὀργάνων τῶν 3 cm, τὰς περιόδους κατὰ τὰς ὁποίας ἐπικρατοῦν ἀνάλογοι καιρικοὶ συνθῆκαι \*.

#### S U M M A R Y

The measurements taken in 1964 at the Caithness base of Northern Scotland by Tellurometer MRA - 3 were used for a study of the accuracy of the current theory on the reduction of distance measurements by microwaves due to the variation of the refractive index of the air with meteorological conditions.

To this purpose the results of simultaneous standard meteorological observations at the two stations have been used in order to calculate the values of the refractivity  $N$  of the air in the area of 3-cm microwaves corresponding to each of the 462 Tellurometer measurements considered.

Using the above values of  $N$ , the results  $D_0$  of each of the Tellurometer measurements of the base have been reduced to an air distance  $D_a$ . The air distances  $D_a$  thus found, have been further reduced to spheroidal distances  $D_t$  and were compared with the spheroidal distance  $D_1 = 24827.99954$  m between the two stations corresponding to the length of the base measured by Invar tapes in catenary.

The discussion of the results shows that there is a value of the

---

\* Ἡ παρούσα ἐργασία ἐξεπονήθη κατὰ τὴν διάρκεια τῆς παραμονῆς τοῦ συγγραφέως εἰς τὸ Department of Surveying and Geodesy τοῦ Πανεπιστημίου τῆς Ὁξφόρδης, ἔνθα μετέβη οὗτος ἐπὶ τῇ βάσει ἐκπαιδευτικῆς ἀδείας ἐκ μέρους τοῦ Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης καὶ μιᾶς εἰδικῆς οἰκονομικῆς ἐνισχύσεως χορηγηθείσης αὐτῷ ἐκ μέρους τοῦ Ἐμπειρικοῦ Ἰδρύματος μέσῳ τοῦ Ἐργαστηρίου Γεωδαισίας.

Ὁ συγγραφεὺς θεωρεῖ ὑποχρέωσίν του νὰ εὐχαριστήσῃ καὶ ἐντεῦθεν τοὺς κάτωθι: α) τὸ Ἐμπειρικοὺν Ἰδρυμα διὰ τὴν χορήγησιν τῆς οἰκονομικῆς ἐνισχύσεως, β) τὴν Ordnance Survey τῆς Μεγάλης Βρετανίας διὰ τὴν διάθεσιν τοῦ ὑλικοῦ παρατηρήσεων ἐπὶ τοῦ ὁποίου ἐστηρίχθη ἡ παρούσα ἔρευνα, γ) τὸν Dr. A. R. Robbins διὰ τὸ ἐν γένει ἐνδιαφέρον τὸ ὁποῖον ἐπέδειξεν οὗτος κατὰ τὴν διάρκεια τῆς ἐκπονήσεως τῆς παρουσίας ἐργασίας καὶ δ) τὸν καθηγητὴν κ. Α. Ν. Μαυρίδην διὰ τὴν συμβολὴν του κατὰ τὴν φάσιν τῆς τελικῆς διατυπώσεως τῆς παρουσίας ἐργασίας.



refractivity  $N = N_A$  for which  $D_t - D_I = 0$ . If on the contrary, the value of  $N$  is lower than  $N_A$ , then the difference  $D_t - D_I$  becomes negative and its absolute value increases with the value of the difference  $N - N_A$ .

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Debye, P. 1957.— *Polar molecules*, Dover Publ. N. Y.
2. Essen, L. and Frome, K. D. 1951.— «The refractive indices and dielectric constants of air and its principal constituents at 24.000 Mcs», *Proc. Phys. Soc. (London)*, B, vol. **64**, pp. 862-875.
3. Essen, L. 1953.— «The refractive indices of water vapour, air, oxygen, nitrogen, deuterium and helium», *Proc. Phys. Soc. (London)*, B, vol. **66**, pp. 189-193.
4. Frome, K. D. 1955.— «The refractive indices of water vapour, air, oxygen, nitrogen and argon at 72 KMc», B, vol. **68**, pp. 833-834.
5. Richards, M. R. 1965.— «The Caithness Base Investigation, E. D. M. A symposium, (Oxford), pp. 25-44.
6. Bossler, J. D. and Laurilla, S. H. 1965. «Zero Error of MRA-3 Tellurometer», *Bull. Géodésique*, No **76**, pp. 115-119.
7. Reuter H. G. 1970.— «Empirische Ermittlung von Korrelationen bei Elektromagnetischen Streckenmessungen», Wissenschaftliche Arbeiten der Lehrstühle für Geodäsie, Photogrammetrie und Kartographie an der Technischen Universität Hannover Nr. **41**.

★

Ὁ Ἀκαδημαϊκὸς κ. Ἰωάννης Ξανθάκης κατὰ τὴν ἀνακοίνωσιν τῆς ἀνωτέρω ἐργασίας εἶπε τὰ κάτωθι :

Ἡ ἠλεκτρομαγνητικὴ μέτρησις ἀποστάσεων διὰ μικροκυμάτων ἀπετέλεσε μίαν ἀπὸ τὰς ἀποφασιστικῆς σημασίας προόδους τῆς Γεωδαισίας κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη. Πράγματι ἡ μέθοδος αὕτη μᾶς ἐπιτρέπει, ὡς γνωστόν, νὰ μετρήσωμεν ἀποστάσεις ὀλίγων μέτρων μέχρις ἑκατὸν πενήκοντα χιλιομέτρων περίπου ἐντὸς ὀλίγων πρώτων λεπτῶν τῆς ὥρας.

Ἡ ἀκρίβεια τὴν ὁποίαν μᾶς παρέχει ἡ μέθοδος αὕτη εἶναι ἤδη λίαν ὑψηλή. Παρὰ ταῦτα, λόγῳ τῆς τεραστίας σημασίας τῆς μεθόδου διὰ τὴν Γεωδαισίαν, καταβάλλονται κατὰ τὰ τελευταῖα ἔτη σύντονοι προσπάθειαι διὰ τὴν περαιτέρω αὔξησιν τῆς ἀκριβείας αὐτῆς.

Ὡς γνωστόν, κατὰ τὴν ἠλεκτρομαγνητικὴν μέτρησιν τῆς ἀποστάσεως δύο

σημείων A και B τῆ βοήθεια μικροκυμάτων ὁ πομποδέκτης μικροκυμάτων ὁ εὐρισκόμενος εἰς τὸ A ἐκπέμπει μίαν δέσμη μικροκυμάτων, ἡ ὁποία διαδίδεται κατὰ μῆκος μιᾶς τροχιάς C, φθάνει εἰς τὸ B καὶ γίνεται δεκτὴ ὑπὸ τοῦ ἐκεῖ εὐρισκόμενου πομποδέκτου, ὁ ὁποῖος καὶ τὴν ἐπανεκπέμπει ἀκαριαίως ἐκ νέου πρὸς τὸ A. Κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον ἡ δέσμη διαδίδεται ἐκ νέου κατὰ μῆκος τῆς τροχιάς C καὶ φθάνει τελικῶς εἰς τὸ A, ὅπου καὶ γίνεται δεκτὴ ὑπὸ τοῦ ἀρχικοῦ πομποδέκτου, ἔνθα διὰ καταλλήλου μεθόδου προσδιορίζεται τὸ χρονικὸν διάστημα, τὸ ὁποῖον διέρρευσε μεταξύ τῆς ἐκπομπῆς καὶ τῆς ἐκ νέου λήψεως τῆς δέσμης. Ἐὰν συνεπῶς γνωρίζωμεν τὴν ταχύτητα διαδόσεως τῆς δέσμης κατὰ μῆκος τῆς τροχιάς C, δυνάμεθα κατὰ τὸν τρόπον τοῦτον νὰ ὑπολογίσωμεν τὸ μῆκος τῆς τροχιάς C καὶ ἐξ αὐτοῦ καὶ τὴν τιμὴν τῆς ἀποστάσεως μεταξύ τῶν σημείων A καὶ B.

Βεβαίως διὰ τὸν ὑπολογισμόν τοῦ μήκους τῆς τροχιάς C πρέπει νὰ γνωρίζωμεν τὴν ταχύτητα διαδόσεως τῶν μικροκυμάτων καθ' ὅλον τὸ μῆκος τῆς τροχιάς ταύτης. Ἐπειδὴ δὲ ἡ ταχύτης αὕτη εἶναι συνάρτησις τῶν τιμῶν τῶν μετεωρολογικῶν στοιχείων, ἔπεται ὅτι πρέπει νὰ γνωρίζωμεν τὴν τιμὴν τῶν μετεωρολογικῶν στοιχείων καθ' ὅλον τὸ μῆκος τῆς τροχιάς C, τοῦθ' ὅπερ εἶναι πρακτικῶς ἀνέφικτον.

Διὰ τοῦτο εἰς τὴν πρᾶξιν ἐργαζόμεθα ὡς ἑξῆς :

1) Τὰ ὄργανα εἶναι βαθμολογημένα οὕτως ὥστε νὰ μᾶς παρέχουν τὴν τιμὴν  $D_0$  τοῦ μήκους τῆς τροχιάς C τὴν ἀντιστοιχοῦσαν εἰς μίαν ὠρισμένην τιμὴν τῆς ταχύτητος διαδόσεως τῶν μικροκυμάτων.

2) Εἰς τοὺς δύο σταθμοὺς A καὶ B λαμβάνονται κατὰ τὴν διάρκειαν τῆς ἐκτελέσεως τῶν μετρήσεων καὶ αἱ τιμαὶ τῶν μετεωρολογικῶν στοιχείων καὶ ἐν συνεχείᾳ διορθοῦται ἡ ὑπὸ τοῦ ὄργανου διδομένη τιμὴ  $D_0$  ἐπὶ τῆ βάσει τῶν ὑποθέσεων ὅτι α) αἱ τιμαὶ τῶν μετεωρολογικῶν στοιχείων καθ' ὅλον τὸ μῆκος τῆς τροχιάς C εἶναι ἴσαι πρὸς τὸν μέσον ὄρον τῶν τιμῶν αὐτῶν τῶν ἀντιστοιχοῦσων εἰς τὰ σημεῖα A καὶ B, καὶ β) αἱ τιμαὶ τοῦ δείκτου διαθλάσεως τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος εἰς τὴν περιοχὴν τῶν μικροκυμάτων παρέχονται ἱκανοποιητικῶς συναρτήσῃ τῶν τιμῶν τῶν μετεωρολογικῶν στοιχείων ὑπὸ τοῦ τύπου τῶν Essen καὶ Froome.

Ἐὰν παραστήσωμεν τώρα διὰ  $D_1$  τὴν οὕτω προκύπτουσαν τιμὴν τῆς ἀποστάσεως AB (ἀνηγμένην εἰς τὸ χρησιμοποιούμενον ἐλλειψοειδὲς ἀναφορᾶς), τότε αἱ παρατηρήσεις δεικνύουν ὅτι ἡ τιμὴ αὕτη διὰ τὰ αὐτὰ σημεῖα A καὶ B μεταβάλλεται ἀφ' ἑνὸς μὲν ἀπὸ μετρήσεως εἰς μέτρησιν τόσον ἐντὸς τῆς αὐτῆς ἡμέρας ὅσον καὶ ἀπὸ ἡμέρας εἰς ἡμέραν, ἀφ' ἑτέρου δὲ δὲν εἶναι ἐν γένει ἴση πρὸς τὴν τιμὴν  $D_1$  τῆς ἀποστάσεως τῶν αὐτῶν σημείων (ἀνηγμένην εἰς τὸ αὐτὸ ἐλλειψοει-

δὲς ἀναφορᾶς) τὴν εὐρίσκομένην διὰ βασιμετρικῆς συσκευῆς χρησιμοποιοῦσης σύρματα ἐξ Invar.

Τὸ γεγονός τοῦτο ὑποδεικνύει ὅτι ἡ χρησιμοποιουμένη σήμερον θεωρία διορθώσεως, λόγῳ μετεωρολογικῶν στοιχείων, τῶν ἠλεκτρομαγνητικῶν μετρήσεων ἀποστάσεων διὰ μικροκυμάτων χρήζει ἀναθεωρήσεως.

Ὁ κ. Παπαδημητρίου ἐμελέτησε κατὰ τὴν διάρκειαν προσφάτου παραμονῆς του εἰς τὸ Πανεπιστήμιον τῆς Ὁξφόρδης τὰ ἐξαγόμενα 462 μετρήσεων τοῦ μήκους τῆς γεωδαιτικῆς βάσεως Caithness τῆς Βορείου Σκωτίας (ἡ ὁποία εἶχε μετρηθῆ ἤδη διὰ βασιμετρικῆς συσκευῆς χρησιμοποιοῦσης σύρματα ἐξ Invar). Αἱ παρατηρήσεις αὗται ἐξετελέσθησαν εἰς τὴν Βρεταννίαν κατὰ τὸ ἔτος 1964 ὑπὸ τῆς Ordnance Survey καὶ τῆς British Military Survey Service διὰ τοῦ ὄργανου Tellurometer MRA - 3 τὸ ὁποῖον χρησιμοποιεῖ μικροκύματα μήκους κύματος 3 cm. Ἐκ τῆς διερευνήσεως τοῦ ὑλικοῦ τούτου ὁ κ. Παπαδημητρίου κατέληξεν εἰς τὸ συμπέρασμα ὅτι ὑπάρχει μία τιμὴ  $N_A$  τῆς διαθλαστικότητος  $N$  τοῦ ἀτμοσφαιρικοῦ ἀέρος διὰ τὴν ὁποίαν ἢ ὑπὸ τοῦ τελλουρομέτρου διδομένη τιμὴ  $D_t$  τῆς ἀποστάσεως συμπίπτει πρὸς τὴν τιμὴν  $D_1$  τὴν παρεχομένην ὑπὸ τῆς βασιμετρικῆς συσκευῆς. Ἀντιθέτως ὅταν τὸ  $N$  λαμβάνῃ τιμὴν μικροτέραν τῆς τιμῆς  $N_A$  τότε ἡ τιμὴ  $D_t$  εἶναι μικροτέρα τῆς  $D_1$  καὶ μάλιστα τόσον μικροτέρα ὅσον μεγαλύτερα εἶναι ἢ διαφορὰ  $N - N_A$ .

Περισσότεραι λεπτομέρειαι παρέχονται εἰς τὸ κείμενον τῆς ἐργασίας.

Αἱ παρατηρήσεις δεικνύουν ὅτι ἡ τιμὴ τῆς ἀποστάσεως  $AB$ , ἀνηγγεμένη εἰς τὸ χρησιμοποιούμενον ἔλλειψοειδὲς ἀναφορᾶς μεταβάλλεται ἀπὸ μετρήσεως εἰς μέτρησιν τόσον ἐντὸς τῆς αὐτῆς ἡμέρας ὅσον καὶ ἀπὸ ἡμέρας εἰς ἡμέραν. Ἐπὶ πλέον δὲ ἡ τιμὴ αὕτη δὲν εἶναι ἴση πρὸς τὴν τιμὴν  $D_1$  τῆς ἀποστάσεως τῶν δύο θεωρηθέντων σημείων, τὴν ὁποίαν εὐρίσκομεν μὲ τὴν βοήθειαν βασιμετρικῆς συσκευῆς, χρησιμοποιοῦσης σύρματα ἐξ Invar.