

ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΑ.— **Ἡ μεταβολὴ τῆς ἄμεσης ἡλιακῆς ἀκτινοβολίας κατὰ τὴν δακτυλιοειδῆ ἔκλειψη τοῦ Ἡλίου 29ης Ἀπριλίου 1976, ὑπὸ Ἰ. Δελιγιάννη - Δ. Παπαθανάσογλου - Μ. Σταθοπούλου - Τσόγκα \***. Ἀνεκoinώθη ὑπὸ τοῦ Ἀκαδημαϊκοῦ κ. Ἰω. Ξανθάκη.

#### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ἡ κεντρικὴ γραμμὴ τῆς δακτυλιοειδοῦς ἐκλείψεως τοῦ Ἡλίου τῆς 29ης Ἀπριλίου 1976, περνοῦσε ἀπὸ δύο νησιά τοῦ Αἰγαίου Ἀρχιπελάγους, τὴν Θήρα καὶ τὴν Κῶ. Τὸ Ἐργαστήριον Ἀστρονομίας τοῦ Πανεπιστημίου Ἀθηνῶν πραγματοποιοῦσε δύο ἀποστολὰς στὰ νησιά αὐτά. Ἡ ἐργασία αὐτὴ βασίζεται σὲ φωτομετρικὰ παρατηρήσεις ποὺ ἔγιναν στὴν Θήρα (N: 36° 25', E: 25° 26') ὅπου τὸ μέγεθος τῆς ἐκλείψεως ἦταν 0,94.

Βασικὸς σκοπὸς τῶν παρατηρήσεων αὐτῶν ἦταν ἡ μελέτη τοῦ φαινομένου τῆς ἐλαττώσεως τῆς ἄμεσης ἡλιακῆς ἀκτινοβολίας μετὰ τὸ τέλος τῆς ἐκλείψεως. Τοῦτο εἶχε παρατηρηθῆ στὴν μερικὴ ἔκλειψη τῆς 25ης Φεβρουαρίου 1952 (Abbot, 1953), ἐνῶ ἀντιθέτως, στὴν μερικὴ ἔκλειψη τῆς 30ης Ἰουνίου 1954 δὲν εἶχε παρατηρηθῆ (L. Carapiperis & Ph. Karapiperis, 1959).

#### ΤΕΧΝΙΚΗ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΤΗΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΩΣ

Τὸ φωτόμετρο ποὺ χρησιμοποιήθηκε, κατασκευάσθηκε εἰδικὰ γιὰ τὸν σκοπὸ αὐτὸ στὸ Ἐργαστήριον Ἀστρονομίας, καὶ λειτουργοῦσε σὲ τρεῖς φασματικὰ περιοχές. Ἡ ἀπομόνωση κάθε φασματικῆς περιοχῆς γινόταν μὲ τὸν συνδυασμὸ μιᾶς φωτοαντιστάσεως καὶ ἑνὸς ἐγχρώμου ἠθμοῦ wratten. Οἱ περιοχὲς αὐτὲς δίνονται στὸν πίνακα 1, ὅπου μὲ  $\lambda_c$  συμβολίζεται τὸ μῆκος κύματος μεγίστης εὐαισθησίας.

Οἱ φωτοαντιστάσεις μὲ τὴν βοήθεια διαφραγμάτων ἐπαιρναν φῶς ἀπογωνία περίπου 3°. Ἡ φωτομετρικὴ κεφαλὴ ἦταν στερεωμένη σὲ ἰσημερινὸ στήριγμα, ἔτσι ὥστε οἱ φωτοαντιστάσεις νὰ δεχῶνται κάθετα τὸ φῶς τοῦ Ἡλίου. Τὸ ὄργανο τέλος συνδεόταν μὲ καταγραφέα

\* J DELIYANNIS - D. PAPATHANASOGLY - M. STATHOPOULOU - TSOGA, **On the variation of the direct Solar radiation during the annular solar eclipse of April 29, 1976.**

## Π Ι Ν Α Κ Ε 1

Υπέρουθρη		Έρυθρη	Κυανή
900	740 nm	740 — 600 nm	490 — 410 nm
$\lambda_0$	800 nm	$\lambda_0$ - 680 nm	$\lambda_0$ 450 nm
		συν την υπέρυθρη περιοχή	σύν την υπέρυθρη περιοχή

Ίδιαίτερη προσοχή είχε δοθῆ για τὴν σταθερότητα τῆς τάσεως τροφοδοσίας Ὑπῆρχε ἐπίσης σύστημα ψύξεως γιὰ νὰ διατηρῆται σταθερὴ ἡ θερμοκρασία τῶν φωτοαντιστάσεων, ὁ ἔλεγχος τῆς ὁποίας γινόταν μετὴν βοήθεια ἑνὸς θερμίστορ. Γιὰ νὰ ἀποφευχθῆ ἐξ ἄλλου ἢ κόπωση τῶν φωτοαντιστάσεων, οἱ μετρήσεις γίνονταν σὲ ἀραιά, σχετικὰ, χρονικὰ διαστήματα καὶ τὶς ἴδιες κατὰ προσέγγιση ὥρες κατὰ τὴν ἔκλειψη καὶ κατὰ τὴν προηγούμενη ἡμέρα συγκρίσεως.

Ἡ βαθμολογία τοῦ φωτομέτρου ἔγινε μετὴν συνθῆκες ὁμοιες κατὰ τὸ δυνατόν μετὴν συνθῆκες παρατηρήσεως. Σὰν φωτεινὴ πηγὴ χρησιμοποιήθηκε λυχνία χαλαζίου - ἰωδίου, ἡ ὁποία σὲ συνδυασμὸ μετὴν κυανὸ ἠθμό, ἔδινε φῶς θερμοκρασίας χρώματος 5.400 K. Ἡ ἀκρίβεια τοῦ ὄργανου κάτω ἀπὸ ἐργαστηριακὰς συνθῆκες ὁμοιες κατὰ τὸ δυνατόν μετὴν ἡμέρα παρατηρήσεως, ἦταν  $\sim 1\%$ .

Ἡ ἔρυθρη καὶ ἡ κυανὴ φασματικὴ περιοχὴ, περιεῖχαν συγχρόνως καὶ τὴν ὑπερουθρὴν περιοχὴ (πίνακας 1).

Ὁ διαχωρισμὸς τῆς ἔρυθρης καὶ τῆς κυανῆς ἀπο τὴν ὑπερουθρὴν περιοχὴ ἔγινε μετὴν παρακάτω μέθοδο :

Θεωροῦμε σὰν μονάδα τὴν τιμὴ τῆς ἐντάσεως καθενὸς χρώματος, ἔστω π.χ. τοῦ κυανοῦ ( $I_{B,T}$ ) τῆς προηγούμενης ἡμέρας καὶ τῆς χρονικῆς στιγμῆς πὸ ἀντιστοιχεῖ στὸ μέγιστο τῆς ἐκλείψεως

Ἀναζητοῦμε τὴν συνάρτηση

$$I_B(t) = \frac{I_B}{I_{B,T}} \quad (1)$$

πού παριστάνει τὴν σχετικὴ μεταβολὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ κυανοῦ (χωρὶς ὑπερουθρο) κατὰ τὴν διάρκειά μιᾶς ἡμέρας, ὅπου  $I_B$  ἡ τιμὴ τῆς ἐντάσεως τοῦ κυανοῦ σὲ χρόνον  $t$

Ἡ συνάρτηση αὐτὴ εἶναι ἄγνωστη, ἀφοῦ ἡ κυανὴ περιοχὴ περιέχει καὶ τὴν ὑπέρουθρη (IR). Ἀντὶ αὐτῆς γνωρίζουμε τὴν συνάρτηση

$$\psi(t) = \frac{I_B + I_{IR}}{I_{B,T} + I_{IR,T}} \quad (2)$$

καθὼς καὶ τὴν 
$$\varphi(t) = I_{IR} I_{IR,T} \quad (3)$$

οἱ ὁποῖες προκύπτουν ἄμεσα ἀπὸ τὰ δεδομένα τῶν παρατηρήσεων.

Ἐὰν λάβουμε ὑπ' ὄψιν, ὅτι ἡ ἀναλογία τῶν μέσων ἐντάσεων τῆς κυανῆς πρὸς τὴν IR περιοχὴ τοῦ ἡλιακοῦ φωτὸς ποὺ φθάνει στὴν ἐπιφάνεια τῆς Γῆς, εἶναι γνωστὴ (E. Pettit, 1951), ἂν δηλαδὴ :

$$I_{B,T}/I_{IR,T} = K \quad (4)$$

τότε ἀπὸ τὴν (2) καὶ τὴν (4) ἔχουμε :

$$\psi(t) = \frac{I_B + I_{IR}}{I_{IR,T} + K \cdot I_{IR,T}}$$

καὶ ἀπὸ τὴν (3)

$$\psi(t) = \frac{\varphi(t)}{K + 1} + \frac{K \cdot I_B}{(K + 1) \cdot I_{B,T}} \quad (5)$$

Μὲ βάση τὴν (5) βρίσκεται ὅτι ἡ ζητούμενη συνάρτηση (1) εἶναι :

$$\Pi_B(t) = \left( \frac{K + 1}{K} \right) \cdot \psi(t) \cdot \frac{\varphi(t)}{K} \quad (6)$$

Ἡ συνάρτηση αὐτὴ ὑπολογίσθηκε γιὰ τὴν ἡμέρα τῆς ἐκλείψεως ( $\Pi_B$ ) καθὼς καὶ γιὰ τὴν ἡμέρα συγκρίσεως ( $\Pi'_B$ ).

Σὰν ἡμέρα συγκρίσεως χρησίμευσε ἡ προηγουμένη τῆς ἐκλείψεως, κατα τὴν ὁποία οἱ καιρικὲς συνθῆκες ἦσαν ὅμοιες μὲ τὴν ἡμέρα τῆς ἐκλείψεως (Retalis, 1976).

Ἀπὸ τὴν (1) προκύπτει ὅτι

$$\Pi_B/\Pi'_B = I_B/I'_B \quad (7)$$

ἄρα ὁ λόγος  $\Pi_B/\Pi'_B$  εἶναι ἴσος πρὸς τὸν λόγο τῶν χρονικὰ ἀντιστοίχων ἐντάσεων ἑνὸς χρώματος κατὰ τὴν ἡμέρα τῆς ἐκλείψεως πρὸς τὴν ἡμέρα συγκρίσεως

Οἱ καμπύλες τῶν σχημάτων 1, 2 καὶ 3, παριστάνουν τὴ μεταβολὴ τοῦ λόγου  $I/I$  (κυκλικά σύμβολα) ποὺ παρατηρήθηκε γιὰ κάθε μία φασματικὴ πε-

ριοχή. Πάνω στα ίδια σχήματα απεικονίζεται (τρίγωνα σύμβολα) ή μεταβολή του ακαλύπτου έμβραδοῦ του ήλιακοῦ δίσκου κατά την διάρκεια τῆς έκλειψως (γεωμετρική έκλειψη), ή όποία είναι προφανῶς ανεξάρτητη του χρώματος του φωτός. Κατά τον ίδιο τρόπο απεικονίζεται (τετράγωνα σύμβολα) ή μεταβολή τῆς ήλιακῆς ἀκτινοβολίας πού υπολογίσθηκε για κάθε φασματική περιοχή, με βάση τὰ δεδομένα τῆς ἀμαυρώσεως του χείλους του Ἡλίου (Allen, 1973).

Στό σχ. 4 παρουσιάζονται μαζί οί πειραματικές καμπύλες τῶν τριῶν χρωμάτων για εὔκολη σύγκριση.

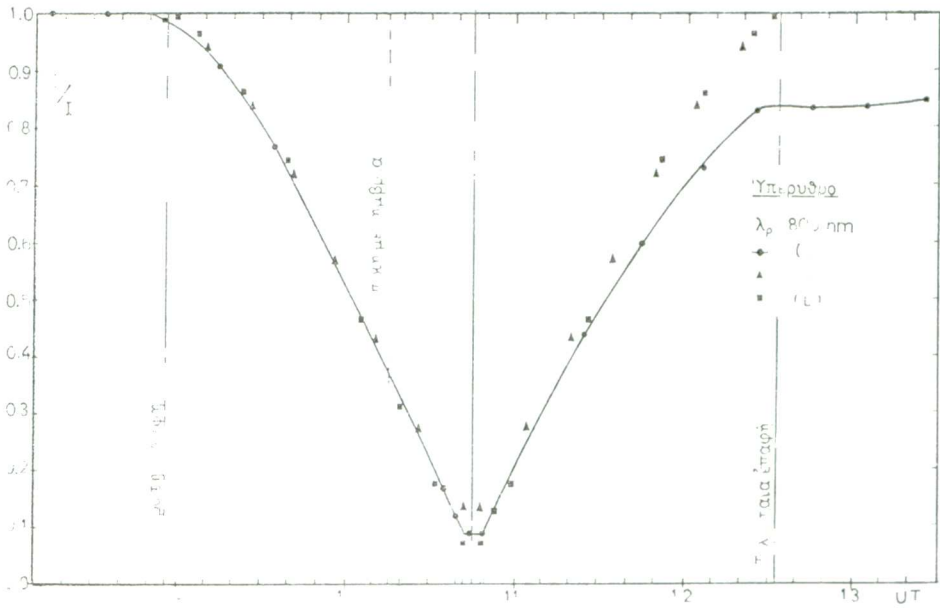
#### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ

1. Ἀπό τὰ σχήματα 1, 2 καί 3, παρατηροῦμε ότι ή ἐλάττωση του φωτός ἀρχίζει 10 περίπου λεπτά πρὶν ἀπό τήν πρώτη ἐπαφή. Τοῦτο πιθανόν ὀφείλεται στην εἴσοδο τῆς σκιάς τῆς Σελήνης στό πεδίο του φωτομέτρου ( $\sim 3^\circ$ ), τὸ όποιο είναι σαφῶς μεγαλύτερο του δίσκου του Ἡλίου, με ἀποτέλεσμα τὸ ὄργανο νὰ δέχεται μικρότερο ποσοστὸ διαχύτου φωτός του οὐρανοῦ (Abbot, 1958).

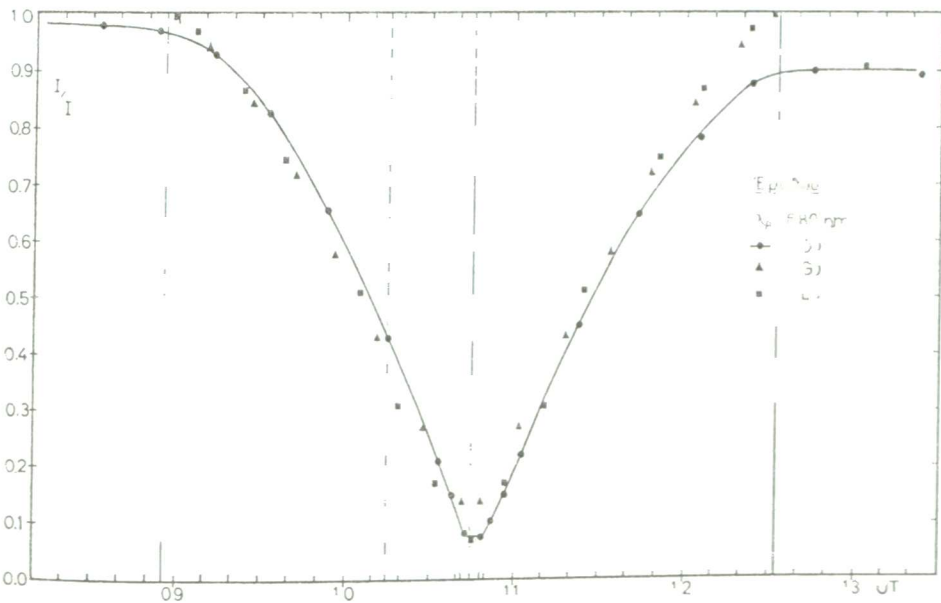
2. Οί τιμες πού υπολογίσθηκαν ἀπό τήν ἀμαύρωση του χείλους, συμφωνοῦν ἱκανοποιητικά με τίς πειραματικές καμπύλες στό μέγιστο του φαινομένου, καθώς και στον κατερχόμενο κλάδο. Ἐξαίρεση παρουσιάζεται μόνον στον κατερχόμενο κλάδο του κυανοῦ χρώματος (σχ. 3), ή όποία πιθανόν νὰ ὀφείλεται σέ μιὰ μικρή μεταβολή τῆς διαύγειας τῆς ἀτμοσφαιρας που ἐλάχιστα ἐπέδρασε στό ἐρυθρο (σχ. 2) και καθόλου στό ὑπέρυθρο (σχ. 1), σύμφωνα με τούς νόμους τῆς διαχύσεως του φωτός στην ἀτμοσφαιρα τῶν Rayleigh και Mie.

3. Οί τιμες τῆς γεωμετρικῆς ἐπικαλύψεως συμφωνοῦν με αὐτες πού υπολογίσθηκαν ἀπο τήν ἀμαύρωση του χείλους, μέχρι περίπου τήν κάλυψη του 0,6 τῆς διαμετρου του Ἡλίου (σχ. 1, 2 και 3). Μετά οί τιμες τῆς γεωμετρικῆς ἐπικαλύψεως παρουσιάζονται διαρκῶς μεγαλύτερες (μέγεθος έκλειψως μικρότερο), μέχρι τὴ μέση του φαινομένου. Στον ἀνερχόμενο κλάδο ἐπαναλαμβάνεται προφανῶς τὸ ίδιο, συμμετρικά.

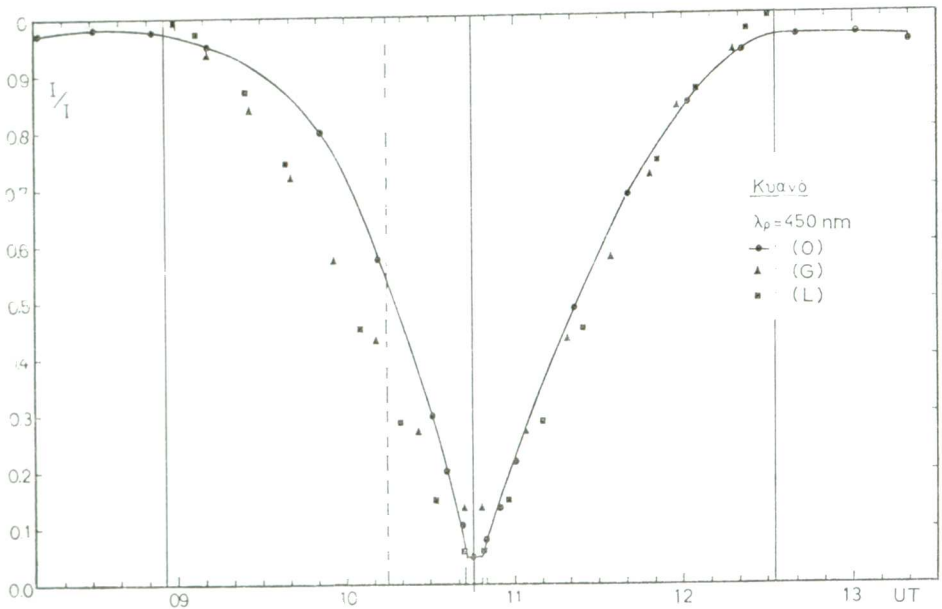
4. Το ἐλάχιστο τῆς πειραματικῆς καμπυλης σε κάθε χρώμα, βρίσκεται χαμηλότερα ἀπό τὸ ἀντιστοιχο ἐλάχιστο τῆς γεωμετρικῆς έκλειψως (σχ. 1, 2 και 3). Ἄρα τὸ μέγεθος τῆς πραγματικῆς έκλειψως είναι μεγαλύτερο τῆς γεωμετρικῆς, πρῶγμα που ὀφείλεται στην ἀμαύρωση του χείλους του Ἡλίου, ὅπως προκύπτει ἀπό τὸ συμπέρασμα (2)



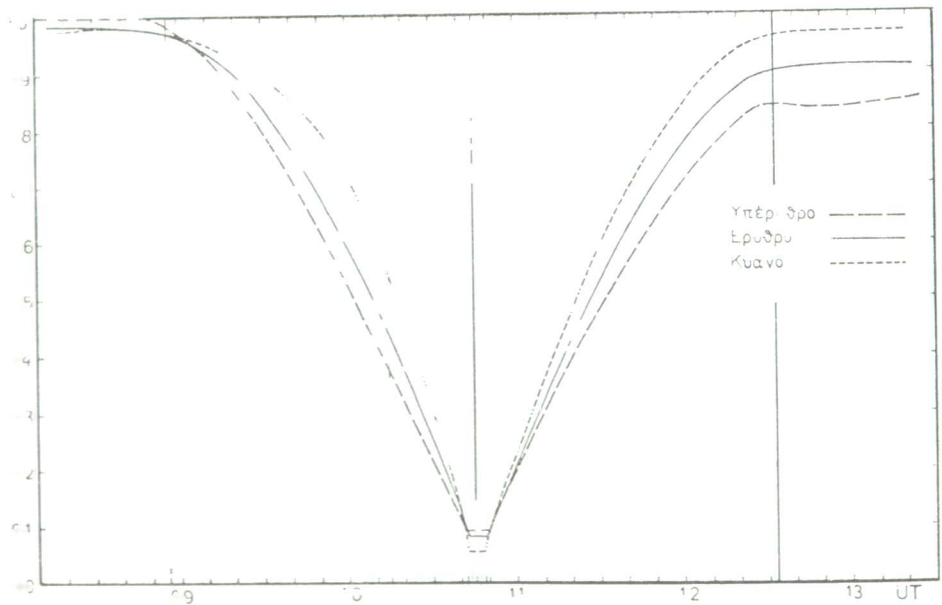
Σχ. 1. 'Η καμπύλη φωτός της έκλειψης στο υπέρυθρο. (O): Δεδομένα παρατηρήσεως. (G): Ποσοστό επικαλύψεως (L): Θεωρητική έκλειψη με βάση την αμαύρωση χειλούς



Σχ. 2 'Η καμπύλη φωτός της έκλειψης στο έρυθρο



Σχ. 3. Η καμπύλη φωτός της έκλειψης στο κυανό.



Σχ. 4. Οι καμπύλες φωτός της έκλειψης στις τρεις φασματικές περιοχές, σύμφωνα με τα δεδομένα της παρατήρησης.

5. Ο ανερχόμενος κλάδος της καμπύλης παρουσιάζει συστηματική απόκλιση από τις υπολογιστικές τιμές στο υπέρυθρο και στο έρυθρό, και το φως μετά το τέλος της έκλειψης δεν επανέρχεται στο επίπεδο της προηγούμενης ημέρας (σχ. 1 και 2). Οι παρατηρήσεις μας στο σημείο αυτό συμφωνούν με τις παρατηρήσεις της μερικής έκλειψης του 1952 (Abbot, 1958). Επίσης συμφωνούν με ανάλογες προς τις δικές μας άλλ' ανεξάρτητες παρατηρήσεις, που έγιναν την ίδια μέρα και από τον ίδιο τόπο (Retalis, 1976). Αντίθετα το φαινόμενο της ελαττώσεως της ηλιακής ακτινοβολίας μετά την έκλειψη, δεν παρατηρήθηκε στην μερική έκλειψη του 1954 (L. Karariperis & Ph. Karariperis, 1959), ούτε και στην Αθήνα την 29η Απριλίου 1976, όπου η έκλειψη ήταν μερική (Katsoulis, 1976).

6. Το φαινόμενο της ελαττώσεως του φωτός μετά την έκλειψη είναι έντονότερο στο υπέρυθρο και μόλις αισθητό στο κυανό χρώμα (σχ. 4). Άμεση σύγκριση στο σημείο αυτό με τα αποτελέσματα των εργασιών που προαναφέραμε δεν είναι δυνατή, γιατί οι φασματικές περιοχές που χρησιμοποιήθηκαν από τους άλλους παρατηρητές είχαν σημαντική επικάλυψη μεταξύ τους. Παρατηρείται όμως και στις μετρήσεις αυτές (Retalis, 1976) μεγαλύτερη ελάττωση στο έρυθρό φως. Επίσης στις μετρήσεις του φωτός του ζενίθ που έγιναν κατά την έκλειψη του 1976 και από τον ίδιο τόπο με τις δικές μας (Macris & Zachariadis, 1977, Prockakis & Dialetis, 1977), παρατηρείται σαφής αύξηση στο έρυθρό μετά την έκλειψη, μικρότερη αύξηση στο πράσινο και καμμία στο κυανό. Τοῦτο συμφωνεί ἔμμεσα με τις παρατηρήσεις μας, γιατί μεγαλύτερη διάχυση στο έρυθρό φως, σημαίνει μεγαλύτερη εξασθένησή του.

Το φαινόμενο της ελαττώσεως του φωτός μετά την έκλειψη, θα μπορούσε να αποδοθῆ στην αύξηση της συμπυκνώσεως των υδρατμών της ατμόσφαιρας. Τοῦτο φαίνεται πιθανόν ἐκ πρώτης ὄψεως, διότι κατά την έκλειψη πέφτει ἡ θερμοκρασία και εἶναι δυνατό να δημιουργηθῆ ἀγλὺς ἀπὸ ὑδροσταγονίδια. Ἀλλὰ ἡ ἐξήγηση αὐτὴ δεν συμβιβάζεται με τὸ συμπέρασμα (6) Διότι ἡ διάχυση τοῦ φωτός ἀπὸ τὰ ὑδροσταγονίδια εἶναι ἀνάλογη τοῦ  $\lambda^{-1}$  (Bullrich et al, 1952) καὶ ἔτσι θὰ ἔπρεπε τὸ υπέρυθρο νὰ ἔχη τὴν μικρότερη ἐλάττωση, ἐνῶ συμβαίνει τὸ ἀντίθετο.

Πιθανὴ αἰτία τοῦ φαινομένου αὐτοῦ εἶναι ἡ μεταβολὴ στὴ σύνθεση τῆς ἀνώτερης ατμόσφαιρας πὺν συμβαίνει κατὰ τὴν έκλειψη (Abbot, 1958) καὶ ἡ ὁποία ἀρχίζει νὰ ἐκδηλώνεται μετὰ τὴ μέση τῆς έκλειψης (σχ. 1 καὶ 2). Ὁ λόγος γιὰ τὸν ὁποῖο δὲν παρατηρεῖται πάντοτε τὸ φαινόμενο αὐτό, εἶναι, πιθανόν, ἡ επικάλυψή του ἀπὸ ἄλλα μετεωρολογικὰ φαινόμενα

Γιὰ τὴν ἐξαγωγή ἀσφαλῶν συμπερασμάτων, ἀπαιτοῦνται περισσότερες καὶ λεπτομερέστερες φωτομετρικὲς καὶ μετεωρολογικὲς παρατηρήσεις σὲ μελλοντικὲς ἐκλείψεις.

#### S U M M A R Y

The Laboratory of Astronomy of the University of Athens, organized an expedition to Thera (Santorini) island of the Aegean Archipelago, on the central line of the eclipse.

The main object of the expedition was the investigation of the decrease of the solar radiation after the last contact. This phenomenon had been reported for the partial eclipse of Feb. 25, 1952 (Abbot, 1953), while at the partial eclipse of June 30, 1954 no decrease was observed (Carapiperis L. and Karapiperis Ph., 1959).

Our photometric observations were carried out in three spectral regions (table 1) by a photometer having a field angle of about  $3^{\circ}$ . The results are presented (fig. 1, 2, 3) as the ratio of the intensity on the day of the eclipse, to the intensity of the previous day. Fig. 1, 2 and 3 also show the percentage of the uncovered solar surface (triangle dots), and the theoretical eclipse, computed by using the limb darkening data (square dots).

We conclude that the decrease of the light after the last contact does exist ; it is strongest in the IR and very small in the blue.

This phenomenon may be attributed to the formation of invisible condensations in the high atmosphere (Abbot, 1958).

It would be of interest to check this phenomenon by more detailed photometric and meteorological observations during future eclipses.

#### ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

W N Abbot *Astr J.*, **58** 33, 1953.

— Geofisica Pura e Applicata **39**, 186, 1958.

C. W Allen, *Astrophysical Quantities*. The Athlone Press, 1973.

K Bullrich - E. Bary - F. Möller, *Geofisica Pura e Applicata*, **23**, 37, 1952



- L. N. Carapiperis and Ph. P. Karapiperis, *Geofisica Pura e Applicata*, **43**, 323, 1959.
- B. D. Katsoulis, *Memoirs of the National Observatory of Athens, Series II*, No 44, 1976.
- C. J. Macris and Th. G. Zachariadis, *Praktika of the Athens Academy*, **52**, 343, 1977.
- E. Pettit, in «*Astrophysics*», ed. J. A. Hynek, p. 259. McGraw-Hill Book Company, 1951.
- Th. Prokakis and D. Dialetis, *Sol. Phys.*, **53**, 531, 1977.
- D. A. Retalis, *Memoirs of the National Observatory of Athens, Series II*, No 44, 1976.