

## **ΑΣΚΗΣΗ (1)**

**ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ  
ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ – ΝΕΦΩΣΗ**

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### A. Ηλιακή ακτινοβολία

#### Γενικά

Η διατήρηση της λειτουργίας όλων των μορφών ζωής στον πλανήτη μας απαιτεί ενέργεια, την οποία προμηθεύονται από τον Ήλιο υπό μορφήν Ηλιακής ακτινοβολίας.

Ο Ήλιος εκπέμπει ακτινοβολία, της οποίας το μεγαλύτερο ποσοστό είναι σχετικά μικρού μήκους κύματος (0.3-0.4 μm). Από αυτή, ένα μέρος χάνεται στο διάστημα, ένα άλλο απορροφάται από την ατμόσφαιρα καθώς τη διασχίζει, ένα άλλο δε φθάνει στο έδαφος.

Η ατμόσφαιρα και η επιφάνεια της Γης απορροφούν ένα μέρος της ακτινοβολίας που δέχονται και το υπόλοιπο το ακτινοβολούν (με μήκη κύματος 4.0-80 μm).

Η ατμόσφαιρα θερμαινόμενη από την απορρόφηση της ακτινοβολίας διατέλλεται, οπότε παράγεται δυναμική ενέργεια η οποία, λόγω της ανομοιομορφίας κατανομής της προσλαμβανόμενης Ηλιακής ακτινοβολίας από τις διάφορες περιοχές της Γης και λόγω της σύνθετης περιστροφής της, μετατρέπεται σε κινητική ενέργεια και έτσι αναπτύσσονται τα διάφορα συστήματα κίνησης στην ατμόσφαιρα.

#### Ορισμοί

Το μέγεθος που χαρακτηρίζει περισσότερο απ' όλα την ακτινοβολία είναι η **ένταση (I)**, ορίζεται δε ως η ενέργεια (dE), που περνάει κατά μήκος μιας διεύθυνσης στη μονάδα της επιφάνειας (dS) κάθετα εκτεθειμένης ως προς αυτή τη διεύθυνση, ανά μονάδα χρόνου (dt) και ανά μονάδα στερεάς γωνίας (dΩ), δηλ.  $I = dE/dS \cdot d\Omega \cdot dt$ , και αν την εκφράσουμε αναλόγως του μήκους κύματος λ, τότε:

$$I_{\lambda} = \frac{dE_{\lambda}}{dS \cdot d\Omega \cdot dt \cdot d\lambda} \left( \frac{W}{m^2 \cdot sr \cdot \mu m^{-1}} \right) \quad 1.1$$

**Συντελεστής απορρόφησης (σ)** είναι το ποσοστό ακτινοβολίας που απορροφά ένα σώμα, είναι δε αδιάστατος αριθμός μικρότερος της μονάδας.

**Ισχύς εκπομπής (E)** είναι η ενέργεια που εκπέμπει ένα σώμα από τη μονάδα της επιφάνειάς του στη μονάδα του χρόνου. Εκφράζεται σε μονάδες ροής ακτινοβολίας, δηλαδή σε  $Watt/m^2$  ή  $Cal/cm^2 \cdot min$  ή  $ly/min$ .

**Συντελεστής ανάκλασης ή Λευκαύγεια (A)**. Λευκαύγεια (Albedo) ενός σώματος είναι ο λόγος της ακτινοβολίας (R), που αυτό ανακλά ή διαχέει προς όλες τις διευθύνσεις, προς την ολική ακτινοβολία που δέχεται ( $S_{ολ}$ ), δηλ.

$$A = \frac{R}{S_{ολ}} \times 100 \quad 1.2$$

Το 100 δηλώνει ότι η λευκαύγεια εκφράζεται επί της %. Η λευκαύγεια της Γης π.χ. είναι χωρίς νέφη 15% και με νέφωση 50%.

**Συντελεστής εξασθένησης (β)** της Ηλιακής ακτινοβολίας είναι ο βαθμός εξασθένησης που υφίσταται και που μπορεί να οφείλεται σε απορρόφηση ή σε σκέδαση ή και στα δύο. Υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$\frac{\text{Διαφάνεια}}{\text{ατμόσφαιρας}} P(\lambda) = \frac{I_{\lambda} (\text{εξερχόμενη})}{I (\text{προσπίπτουσα})} = \exp \left\{ - \left( \frac{\beta}{\lambda^{\alpha}} \right) m \right\} \quad 1.3$$

όπου  $\alpha$  είναι συντελεστής που εκφράζει τις διαστάσεις των σωματιδίων και  $m$  η οπτική μάζα (Τιμές  $\beta < 0.15 \rightarrow$  ατμόσφαιρα διαυγής τιμές  $\beta > 0.20 \rightarrow$  ατμόσφαιρα με μεγάλη θόλωση).

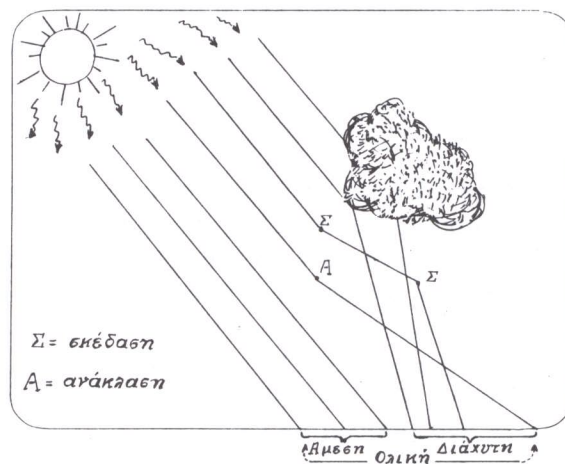
**Οπτική μάζα (m)** είναι το μήκος της διαδρομής της ακτινοβολίας στην ατμόσφαιρα, αν θεωρήσουμε ότι δεν υπάρχει διάθλαση και λάβουμε σαν μονάδα μήκους το ύψος του ήλιου ή κατά την κατακόρυφο του τόπου, δηλ.:

$$m = \frac{1}{\eta \mu h} = \text{τεμ } z = \text{στεμ } h \quad 1.4$$

όπου  $z$  είναι η ζενιθιακή απόσταση του Ήλιου.

Οι σημαντικότερες μορφές Ηλιακής ακτινοβολίας είναι οι εξής: α) **Άμεση**. Αυτή μετρείται με όργανα (πυρηλιόμετρα, πυρηλιογράφους), τα οποία έχουν την επιφάνεια «υποδοχής» του Ήλιου κάθετα εκτεθειμένη σ' αυτόν. β) **Ολική**. Αυτή μετρείται με όργανα (ακτινόμετρα, ακτινογράφοι), τα οποία είναι τοποθετημένα σε σταθερή, οριζόντια επιφάνεια. γ) **Διάχυτη**. Αυτή προσδιορίζεται από τη μαθηματική έκφραση:

$$\Delta = I_0 - I \eta \mu h \quad \left| \begin{array}{l} I = \text{άμεση} \\ I_0 = \text{ολική} \end{array} \right. , \quad h = \text{ύψος Ήλιου} \quad 1.5$$



Σχ. 1.1. Ορισμοί ολικής άμεσης και διάχυτης Ηλιακής ακτινοβολίας.

## Μέτρηση της Ηλιακής ακτινοβολίας

Η ολική ακτινοβολία μετρείται με τα **πυρανόμετρα** (pyranometers) που είναι ευαίσθητα στην περιοχή 0,3-3 μm. Έχουν ημισφαιρικά καλύμματα από γυαλί και εσωτερικά δίσκους λευκούς και μαύρους για να ανακλούν και να απορροφούν την ακτινοβολία. Η διαφορά θερμοκρασίας των δίσκων είναι ανάλογη προς την ένταση της ολικής ακτινοβολίας και μετρείται με σειρά θερμοζευγών που τη μετατρέπουν σε ηλεκτρικό σήμα της τάξης του mV. Ο χρόνος απόκρισης είναι περίπου 30 sec. Τα πυρανόμετρα συνδέονται με καταγραφικά, και με ολοκληρωτές για να μετρούμε την ολική Ηλιακή ενέργεια σε ένα μεγάλο χρονικό διάστημα (συνήθως κατά τη χρονική διάρκεια ενός πειράματος).

Η διάχυτη ακτινοβολία μετρείται πάλι με πυρανόμετρα τα οποία σκιάζονται από την άμεση Ηλιακή ακτινοβολία. Αυτό είναι δυνατόν να γίνει με τη χρησιμοποίηση μικρού δίσκου σε μικρή απόσταση από το όργανο ή με μία ταινία στερεωμένη, στον πολικό άξονα. Η δεύτερη μέθοδος επιτρέπει τη συνεχή καταγραφή επειδή το όργανο σκιάζεται συνεχώς, αλλά έτσι εμποδίζεται και μέρος από τη διάχυτη ακτινοβολία να φτάσει στο όργανο και οι μετρήσεις αυτές πρέπει να διορθωθούν με κατάλληλους υπολογισμούς.

Η άμεση Ηλιακή ακτινοβολία κάθετα προς τη διεύθυνση διάδοσης μετρείται με όργανα ακριβείας τα **πυρηλιόμετρα** (pyrheliometers). Τα όργανα αυτά αποτελούνται από σωλήνα κατά τρόπο ώστε στο μαύρο πυθμένα να φτάνει μόνο η ακτινοβολία απ' τον Ηλιακό δίσκο και από μικρή μόνο περιοχή γύρω από αυτόν. Η αύξηση της θερμοκρασίας της μαύρης επιφάνειας μας επιτρέπει να υπολογίσουμε την άμεση ακτινοβολία.

## B. Ηλιοφάνεια

Διακρίνουμε δύο εκφράσεις **Ηλιοφάνειας**, α) Θεωρητική και β) Πραγματική. Και οι δύο αυτές μορφές εκφράζονται σαν **χρόνος**. Η πρώτη είναι ο χρόνος από τη στιγμή της ανατολής μέχρι τη στιγμή της δύσης του Ηλίου. Οι τιμές αυτού του χρόνου δημοσιεύονται καθημερινά στις αστρονομικές εφημερίδες.

Η πραγματική ηλιοφάνεια εκφράζει το χρονικό διάστημα που ο Ήλιος είναι ακάλυπτος από νέφη ή άλλα αιωρήματα και μετρείται με ειδικά όργανα, τους ηλιογράφους. Σε τόπους όμως όπου δεν διατίθενται τέτοια όργανα, αλλά είναι αναγκαία η γνώση των τιμών της πραγματικής ηλιοφάνειας, πολύ χρήσιμος είναι ένας εμπειρικός τύπος (ΖΑΜΠΑΚΑΣ, Γενική Κλιματολογία, σελ. 200).

$$h = H \left( 1 - \frac{n}{8} \right) \quad \left| \quad \begin{array}{l} H = \text{Θεωρητική ηλιοφάνεια} \\ n = \text{Νέφωση} \end{array} \right. \quad 1.6$$

ο οποίος ξεπερνάει το εμπόδιο της αναγκαιότητας οργάνου.

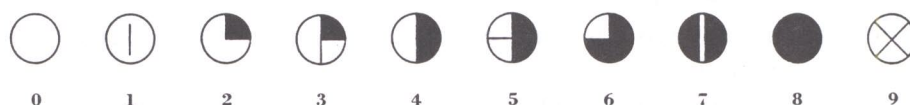
Η αρχή της λειτουργίας ενός ηλιογράφου στηρίζεται στην ικανότητα της θερμαντικής ισχύος του Ηλίου, εστιάζοντας μέσα από μια γυάλινη σφαίρα επάνω σε ειδική χάρτινη ταινία (Σχ. 13 σελ. 108) να την καίει. Από το μήκος του καμμένου τόξου της χάρτινης ταινίας που είναι τοποθετημένη σε μεταλλική θήκη περί τη σφαίρα μπορεί να προσδιορισθεί σε ώρες η διάρκεια της ηλιοφάνειας.

## Γ. Νέφωση

Τα νέφη είναι το προϊόν των πολύπλοκων θερμοδυναμικών διεργασιών που γίνονται στην ατμοσφαιρική μάζα με πρώτη απ' αυτές τη συμπύκνωση των υδρατμών σε υδροσταγονίδια. Η μορφή (διάταξη) και το είδος των νεφών είναι αντιπροσωπευτικά γνωρίσματα ορισμένου τύπου ατμοσφαιρικής διαταραχής, γιαυτό και η παρακολούθησή τους (σήμερα μάλιστα με προηγμένης τεχνολογίας μετεωρολογικούς δορυφόρους) αποτελεί αναπόσπαστο εργαλείο στον τομέα της πρόγνωσης του καιρού.

Η νέφωση στους διάφορους μετεωρολογικούς σταθμούς μετρείται εμπειρικά από το ποσοστό κατά το οποίο είναι ο ουρανός νεφοκαλυμμένος, οι παρατηρητές δε ταυτόχρονα, με την εμπειρία τους, καταγράφουν στις ώρες των μετεωρολογικών παρατηρήσεων και το είδος της νέφωσης.

Βαθμός νεφοκάλυψης

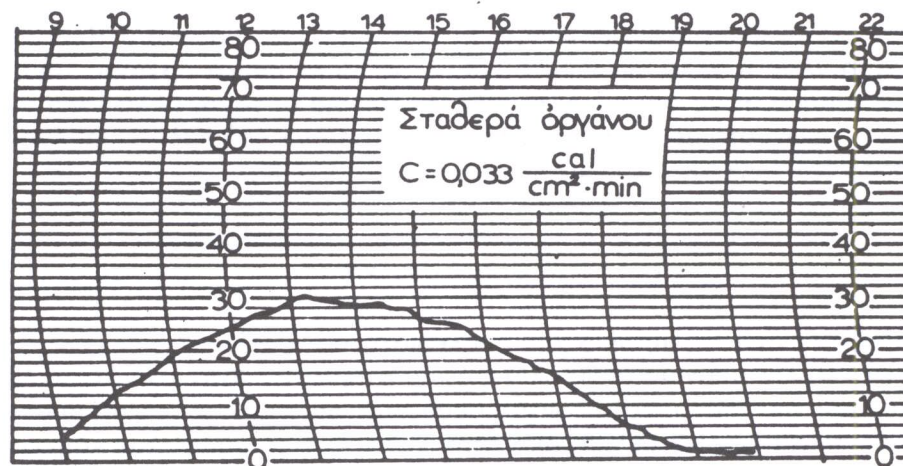


Το μηδέν αντιστοιχεί σε πλήρη απουσία νεφών και το 8 σε πλήρως νεφοκαλυμμένο ουρανό. Το 9 δηλώνει θολερή κατάσταση του ουρανού που δεν επιτρέπει προσδιορισμό της νεφοκάλυψης (Νέφωση απροσδιόριστη).

## ΠΡΑΚΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

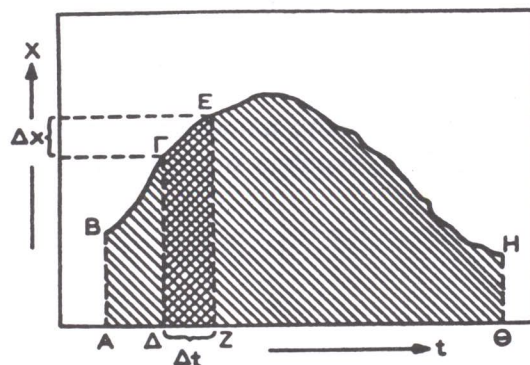
### ΗΛΙΑΚΗ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ

1. Να βρεθούν οι τιμές της Ηλιακής ακτινοβολίας στις ακέραιες ώρες της ημέρας, από την πιο κάτω ταινία του ακτινογράφου.



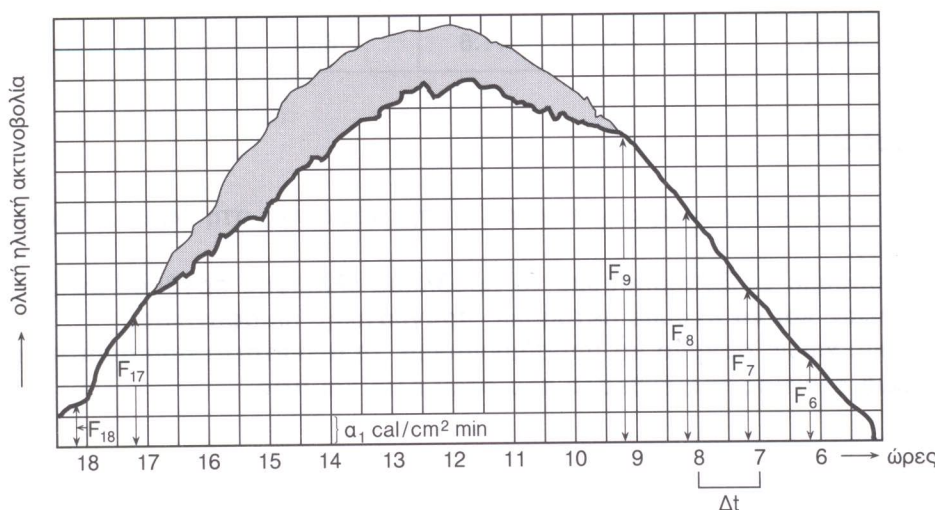
Σχ. 1.2. Ταινία ακτινογράφου του Robitzsch του σταθμού Παν/πολης.

2. Να βρεθεί το κατά προσέγγιση ποσό θερμότητας το οποίο δέχεται ένας Ηλιακός θερμοσίφωνας εκτεθειμένος από την 9 h έως τη 19 h, στην Ηλιακή ακτινοβολία της πιο πάνω ταινίας. Θεωρήστε ότι η πορεία της ολικής Ηλιακής ακτινοβολίας δίνεται από την καμπύλη  $\kappa = \kappa(t)$  του Σχήματος 1.3, οπότε το ποσό θερμότητας που θα δεχθεί η επιφάνεια υπό την επίδραση αυτής της ακτινοβολίας, εκφράζεται με το εμβαδόν του γραμμοσκιασμένου χωρίου (ΑΒΓΕΗΘΖΔΑ).



Σχ. 1.3.

3. Αν τα ημίτονα του ύψους  $h$  του Ήλιου τη 10 h είναι  $\eta \mu_1 = \dots$  και μετά από δύο ώρες  $\eta \mu_2 = \dots$ , να προσδιορίσετε τις τιμές  $\Delta_1$  και  $\Delta_2$  της διάχυτης ακτινοβολίας στις ώρες αυτές και να σχολιάσετε τη διαφορά των τιμών τους.
4. Πόση συνολική απώλεια ακτινοβόλου ενέργειας έχουμε εξαιτίας της παρουσίας νέφωσης, βάση της καταγραφής του ακτινογράφου, όπως αυτή εμφανίζεται στο Σχήμα 1.4 [Η γραμμή (—) εκφράζει την υποθετική κατανομή χωρίς νέφωση].



Σχ. 1.4.

Ο υπολογισμός να γίνει βάσει της εξίσωσης

$$S_{\alpha} = \int S(t)dt = \Delta t (F_1 + F_2 + \dots + F_{n-1}) + 1/2 \Delta t (F_0 + F_n) \tag{1.7}$$

όπου  $F_0, F_1, \dots, F_{n-1}, F_n$  είναι οι τιμές της ολικής Ηλιακής ακτινοβολίας κατά τις χρονικές στιγμές  $1, 2, \dots, n-1, n$  και  $\Delta t$  είναι το μήκος των ισοδιάστατων τμημάτων με τα οποία διαιρέσαμε τον άξονα του χρόνου.

## ΝΕΦΩΣΗ – ΗΛΙΟΦΑΝΕΙΑ

1. Σε ένα σταθμό που δεν διαθέτει ηλιογράφο, οι μέσες ημερήσιες τιμές της θεωρητικής ηλιοφάνειας  $H$  σε ώρες, και της νέφωσης  $n$  σε όγδοα, για τους μήνες Απρίλιο, Ιούλιο, Οκτώβριο και Δεκέμβριο δίνονται από τον Πίνακα (1.1).

Αν οι τιμές της μέσης πραγματικής ηλιοφάνειας από ένα κοντινό σταθμό με ηλιογράφο, είναι  $h$ , να ελεγχθεί η ακρίβεια της εμπειρικής σχέσης:

$$h = H \left( 1 - \frac{n}{8} \right)$$

**Πίνακας 1.1.** Μέσες ημερήσιες τιμές, θεωρητικής ηλιοφάνειας ( $H$ ), Νέφωσης ( $n$ ) και της πραγματικής ηλιοφάνειας ( $h$ )

Μήνες Παράμετροι	Απρίλιος	Ιούλιος	Οκτώβριος	Δεκέμβριος
$H$ ώρες	13.1	14.4	11.1	9.5
$n$ όγδοα	3.8	1.0	3.4	5.0
$h$ ώρες	7.8	11.6	6.8	3.8

## Ερωτηματολόγιο

- α. Τι γνωρίζετε με λίγα λόγια για το ρόλο της νέφωσης στη δημιουργία του θερμοκηπίου;
- β. Πώς μπορούμε να ξεπεράσουμε το πρόβλημα έλλειψης οργάνου μέτρησης της ηλιοφάνειας και να έχουμε μετρήσεις πραγματικής ηλιοφάνειας;
- γ. Μπορούμε χωρίς όργανο να προσδιορίσουμε τη θερμότητα που αναπτύσσεται σ' ένα σώμα εξαιτίας της έκθεσής του στον ήλιο και πώς;