

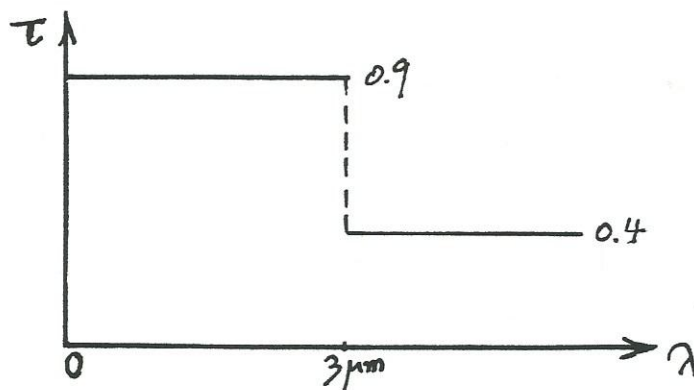
ΑΣΚΗΣΗ 2

Ηλιακός συλλέκτης 2 m^2 , οριζόντιος, έχει $\theta = 100^\circ\text{C}$ (πλάκα) και $\theta = 60^\circ\text{C}$ (γυάλινη επικάλυψη). Η θερμοκρασία του αέρα είναι $\theta_a = 20^\circ\text{C}$. Ο συλλέκτης έχει κατασκευαστεί από τα εξής υλικά:

Πλάκα απορροφητή: $\alpha = \epsilon = 0,97$ για όλα τα μήκη κύματος

Γυαλί : $\alpha = \epsilon = 0,4$ για την υπέρυθρη περιοχή του φάσματος

Η καμπύλη διαπερατότητας του γυαλιού, συνάρτηση του μήκους κύματος ακτινοβολίας λ δίνεται από το σχήμα:



Ζητούνται:

ι) Η ανακλαστικότητα ρ του γυαλιού στην υπέρυθη περιοχή του φάσματος.

ii) Πόσες οι απώλειες (θερμικές) ακτινοβολίας του συλλέκτη προς τον ουρανό; Η θερμοκρασία του ουρανού δίνεται από την σχέση Whillier (1967) , $T_{\text{ουρ}} = T_a - 6^\circ\text{C}$

iii) Πόσες είναι οι απώλειες ροής ακτινοβολίας του συλλέκτη;

Λ Υ Σ Η

ι) Τόσο η πλάκα του απορροφητή όσο και η γυάλινη επικάλυψη εκπέμπουν (λόγω χαμηλής θερμοκρασίας) ακτινοβολία στην υπέρυθη περιοχή του φάσματος ή με άλλα λόγια εκπέμπουν σε μεγάλα μήκη κύματος ($\lambda > 3\mu\text{m}$).

Η γυάλινη επικάλυψη έχει στην υπέρυθη περιοχή:

$$\alpha = \epsilon = 0,4 \text{ και } \tau = 0,4 \text{ (από την καμπύλη)}$$

Σύμφωνα με τη θεωρία ισχύει $\alpha + \tau + \rho = 1$

ρ = συντελεστής ανακλαστικότητας

τ = " διαπερατότητας

α = " απορροφητικότητας

Εφαρμόζοντας τον προηγούμενο τύπο για τις τιμές $\alpha = 0,4$ και

$\tau = 0,4$ συμπεραίνουμε ότι :

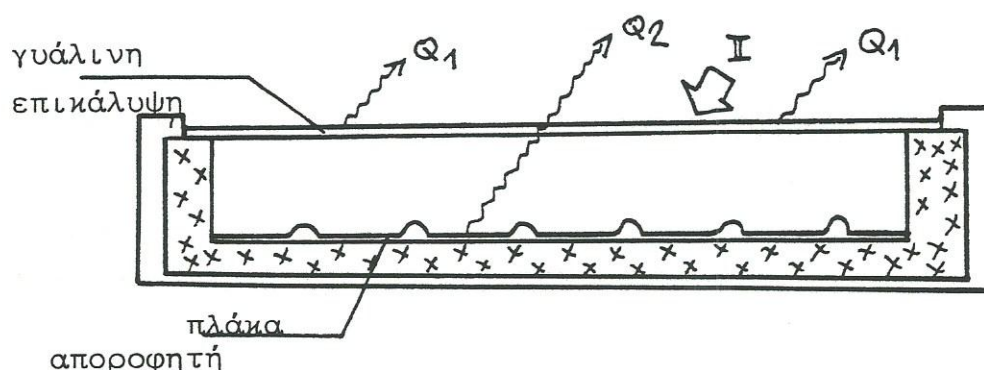
$$\rho_{\text{γυαλιού}} = 0,2$$

ii) Ο ουρανός είναι ένα μέλαν σώμα που "περικλείει" τον συλλέκτη επιφάνειας $A=2\text{m}^2$, Η επιφάνεια A_0 του ουρανού είναι $A_0=\infty$.

Οι θερμικές απώλειες του συλλέκτη λόγω ακτινοβολίας οφείλονται σε δύο στοιχεία του (βλέπε και σχήμα):

1) στην πλάκα του απορροφητή (απώλειες Q_2)

2) στην γυάλινη επικάλυψη (απώλειες Q_1)



Η πλάκα του απορροφητή ακτινοβολεί προς τον ουρανό διά μέσου της γυάλινης επικάλυψης (διαπερατότητας τ) το ποσό θερμότητας Q_2 ενώ η γυάλινη επικάλυψη ακτινοβολεί απ'ευθείας προς τον ουρανό (διαπερατότητα αέρα $\tau=1.0$). Το ποσό θερμότητας Q_1 .

Η θερμοκρασία του ουρανού, σύμφωνα με το τύπο Whillier είναι

$$T_{\text{ουρ}} = 20^\circ - 6^\circ = 14^\circ \text{ C} \quad T_{\text{ουρ}} = 287\text{K}$$

Τα ποσά θερμότητας Q_1 και Q_2 υπολογίζονται με τον τύπο του Stefan-Boltzman,

$$Q_1 = \sigma A (T_1^4 - T_{\text{ουρ}}^4) \epsilon_{12}$$

$$Q_2 = \sigma A (T_2^4 - T_{\text{ουρ}}^4) \epsilon_{12} \cdot \tau$$

$$\text{όπου } A = 2\text{m}^2, \tau = 0,40, \sigma = 5,76 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4, T_1 = 60 + 273$$

$$T_2 = 100 + 273, T_{\text{ουρ.}} = 287$$

Επειδή η επιφάνεια του ουρανού A_0 περιλείει την επιφάνεια A του συλλέκτη, τότε σύμφωνα με την θεωρία ο συντελεστής αλληλο-εκπομπής ϵ_{12} ισούται: (ο δείκτης 12 του συντελεστή ϵ_{12} αναφέρεται στο 1:συλλέκτη, 2:ουρανός

$$\epsilon_{12} = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{A_1}{A_2} \left(\frac{1}{\epsilon_2} - 1 \right)} = \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{A}{A_0} \left(\frac{1}{\epsilon_2} - 1 \right)} = \epsilon_1$$

(Ο δείκτης 1 μπορεί να είναι, ανάλογα με την περίπτωση, είτε η πλάκα του απορροφητή είτε η γυάλινη επικάλυψη).

Επομένως:

$$Q_1 = \sigma A \epsilon_1 (T_1^4 - T_{\text{ουρ.}}^4)$$

$$Q_2 = \sigma A \epsilon_2 (T_2^4 - T_{\text{ουρ.}}^4) + \tau$$

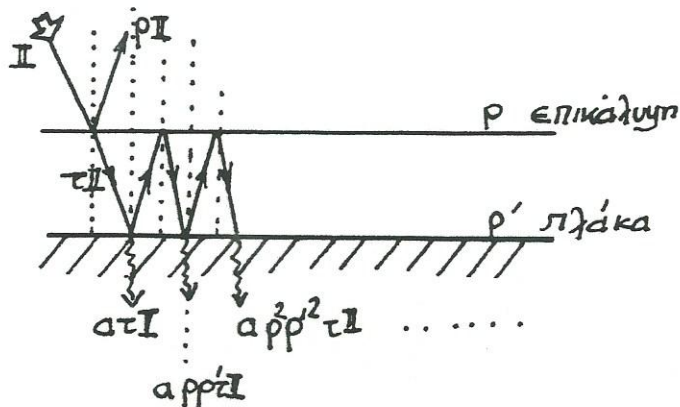
Κατόπιν πράξεων βρίσκουμε:

$$Q_1 = 250 \text{ W}$$

$$Q_2 = 553 \text{ W}$$

σύνολο $Q_1 + Q_2 = 803 \text{ W}$: Ισχύς θερμικών απωλειών ακτινοβολίας, αναφερόμενη σε 2 m^2 συλλέκτη.

iii) Ονομάζουμε απώλειες ροής ακτινοβολίας του συλλέκτη, τις απώλειες που οφείλονται στην εξασθένιση της ακτινοβολίας του ήλιου από τη στινμή της πρόσπτωσης στην γυάλινη επικάλυψη έως ότου απορροφηθεί από την πλάκα του απορροφητή. Επομένως, αν I είναι η ένταση της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, ένα ποσό τI θα διαπεράσει την γυάλινη επικάλυψη και ένα ποσό ρI θα ανακλασθεί. Από την ωφέλιμη ισχύ τI το ποσό $\alpha \tau I$ θα απορροφηθεί από την πλάκα ενώ το ποσό $\rho' \tau I$ θα ανακλασθεί από τη



μαύρη επιφάνεια του απορροφητή λόγω γωνίας προσπτώσεως. Το ποσό ατΙ απορροφάται τελικώς από την πλάκα, ενισχυμένο αργότερα από τα μικρά ποσά ενέργειας που απορροφά η πλάκα, αποτέλεσμα των διαδοχικών ανακλάσεων των ακτίνων ρτί ανάμεσα στα δύο παράλληλα πετάσματα: επικάλυψη-πλάκα.

Στην πράξη η ενίσχυση αυτή της απορροφούμενης ακτινοβολίας ατΙ από τις διαδοχικές ανακλάσεις των ακτίνων μέσα στο συλλέκτη, ανέρχεται σε 5% περίπου. Η νέα ενισχυμένη τιμή του ποσού ταΙ συμβολίζεται με $(\tau\alpha)_e$, όπου $(\tau\alpha)_e = 1,05(\tau\alpha)$.

Στην περίπτωση μας, η ωφέλιμη ενέργεια είναι (σε ποσοστό της προσπίπτουσας);

$(\tau\alpha)_e = 1,05 \cdot 0,9 \cdot 0,97 = 0,91$ ή 91% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας απορροφούνται τελικά από τον συλλέκτη (πλάκα).

Και οι απώλειες ροής ακτινοβολίας είναι τότε:

$$1 - (\tau\alpha)_e = 9\%$$