



# ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Μισηρλής Δημήτριος  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΕ



# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο ΤΕΙ Κεντρικής Μακεδονίας» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



# Ενότητα 1

---

## ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

Μισηρλής Δημήτριος

# Περιεχόμενα ενότητας

---

# Σκοποί ενότητας

---

# ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

- Στη φύση η θερμότητα είναι στην ουσία ενέργεια που μεταφέρεται από ένα σώμα, περιοχή ή σύστημα σε ένα άλλο λόγω θερμικής επαφής όταν το σώμα, η περιοχή ή το σύστημα βρίσκονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες.
- Η μετάδοση θερμότητας λαμβάνει χώρα πάντοτε προς την κατεύθυνση του κρύου σώματος.
- Η μεταφορά ενέργειας λόγω θερμότητας από ένα αντικείμενο σε ένα άλλο ίσης ή μεγαλύτερης θερμοκρασίας μπορεί να επιτευχθεί μόνο με τη βοήθεια μιας αντλίας θερμότητας η οποία έχει ενεργειακό κόστος.

- *Η μετάδοση θερμότητας μεταξύ συστημάτων ή αντικειμένων μπορεί να πραγματοποιηθεί με:*
- *αγωγή, η οποία σχετίζεται με τη φυσική επαφή περιοχών διαφορετικής θερμοκρασίας*
  - *συναγωγή, που σχετίζεται με την κίνηση ρευστού μεταξύ περιοχών διαφορετικής θερμοκρασίας*
  - *θερμική ακτινοβολία, που σχετίζεται με την εκπομπή ηλεκτρομανητικής ακτινοβολίας*



Αγωγή

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = -kA \frac{dT}{dx}$$

Νόμος του Fourier

Ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας με αγωγή διαμέσου ενός επίπεδου στρώματος είναι ανάλογος της θερμοκρασιακής διαφοράς κατά μήκος του στρώματος και της επιφάνειάς του και αντιστρόφως ανάλογος του πάχους του στρώματος

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = -kA \frac{dT}{dx}$$

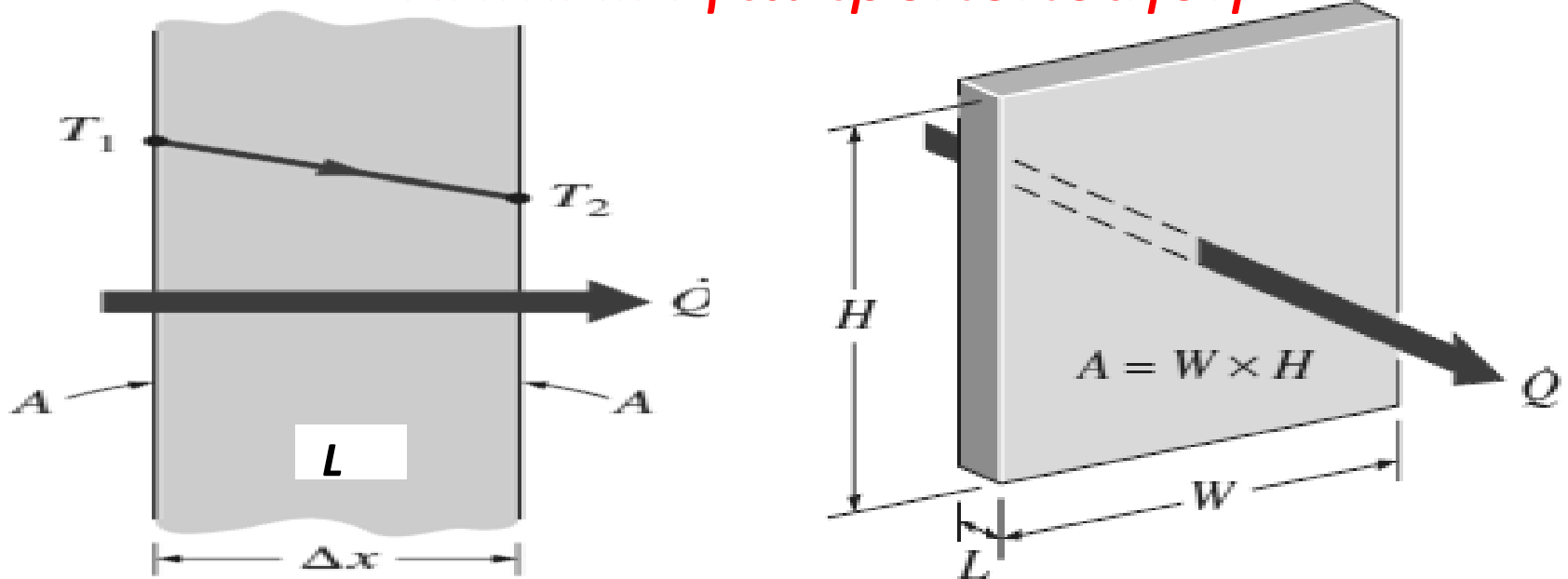
*k...είναι η θερμική αγωγιμότητα του υλικού η οποία είναι ένα μέτρο της ικανότητάς του να μεταφέρει θερμότητα*

*dT/dx...είναι η θερμοκρασιακή κλίση στη διεύθυνση x*

*A...είναι η επιφάνεια μεταφοράς θερμότητας κάθετα στη διεύθυνση μεταφοράς θερμότητας*

*Το αρνητικό πρόσημο υποδηλώνει και διασφαλίζει ότι η μεταφορά θερμότητας στη διεύθυνση x λαμβάνει θετική τιμή*

## ΣΧΗΜΑΤΑ για τροποποίηση



$$\dot{Q}_{\text{cond}} = k L \frac{T_1 - T_2}{\Delta x} = - L \left( \frac{\Delta T}{\Delta x} \right)$$

## Θερμική αγωγιμότητα $k$

- Αποτελεί ένα μέτρο της ικανότητας ενός υλικού να άγει θερμότητας
- Καθορίζει το ρυθμό μεταφοράς θερμότητας ανα μονάδα πάχους του υλικού και ανα βαθμό θερμοκρασιακής διαφοράς
- Υψηλή τιμή του  $k$  σημαίνει ότι το υλικό είναι καλός αγωγός της θερμότητας
- Χαμηλή τιμή του  $k$  σημαίνει ότι το υλικό είναι καλός μονωτής της θερμότητας

## Θερμική αγωγιμότητα Υλικών

Diamond	2300
Silver	429
Copper	401
Gold	317
Aluminum	237
Iron	80.2
Mercury (l)	8.54
Glass	0.78
Brick	0.72
Water (l)	0.613
Human skin	0.37
Wood (oak)	0.17
Helium (g)	0.152
Soft rubber	0.13
Glass fiber	0.043
Air (g)	0.026
Urethane, rigid foam	0.026

## Μεταβλητή θερμική αγωγιμότητα - $k=k(T)$

$$k(T) = k_0(1 + \beta T)$$



$$k_{\text{avg}} = \frac{\int_{T_1}^{T_2} k_0(1 + \beta T)dT}{T_2 - T_1} = k_0 \left( 1 + \beta \frac{T_2 + T_1}{2} \right) = k(T_{\text{avg}})$$

- Στην περίπτωση αυτή η μέση θερμική αγωγιμότητα είναι ίση με την τιμή της θερμικής αγωγιμότητας η οποία αντιστοιχεί στη μέση θερμοκρασία μεταξύ  $T_1$  και  $T_2$ .

Συναγωγή είναι ο μηχανισμός μετάδοσης θερμότητας μεταξύ μιας στερεάς επιφάνειας και ενός ρευστού (υγρού ή αερίου) το οποίο βρίσκεται σε κίνηση.

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = hA_s (T_s - T_\infty) \quad (\text{W}) \quad \underline{\text{Νόμος του Newton}}$$

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = hA_s (T_s - T_\infty)$$

Ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας με συναγωγή είναι ανάλογος της θερμοκρασιακής διαφοράς  
*h... είναι ο συντελεστής συναγωγής*

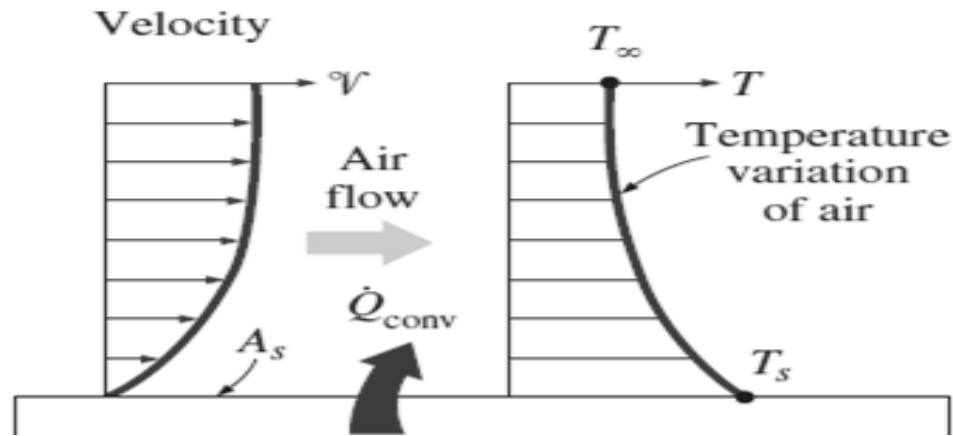
*A<sub>s</sub>...είναι η επιφάνεια διαμέσου της οποίας λαμβάνει χώρα η μέταδοση θερμότητας*

*T<sub>s</sub>...είναι η θερμοκρασία στην επιφάνεια*

*T<sub>∞</sub>...είναι η θερμοκρασία της αδιατάρακτης ροής (εκτός περιοχής οριακού στρώματος)*

*Ακριβώς πάνω στην επιφάνεια, η θερμοκρασία του ρευστού είναι ίση με τη θερμοκρασία της στερεάς επιφάνειας*

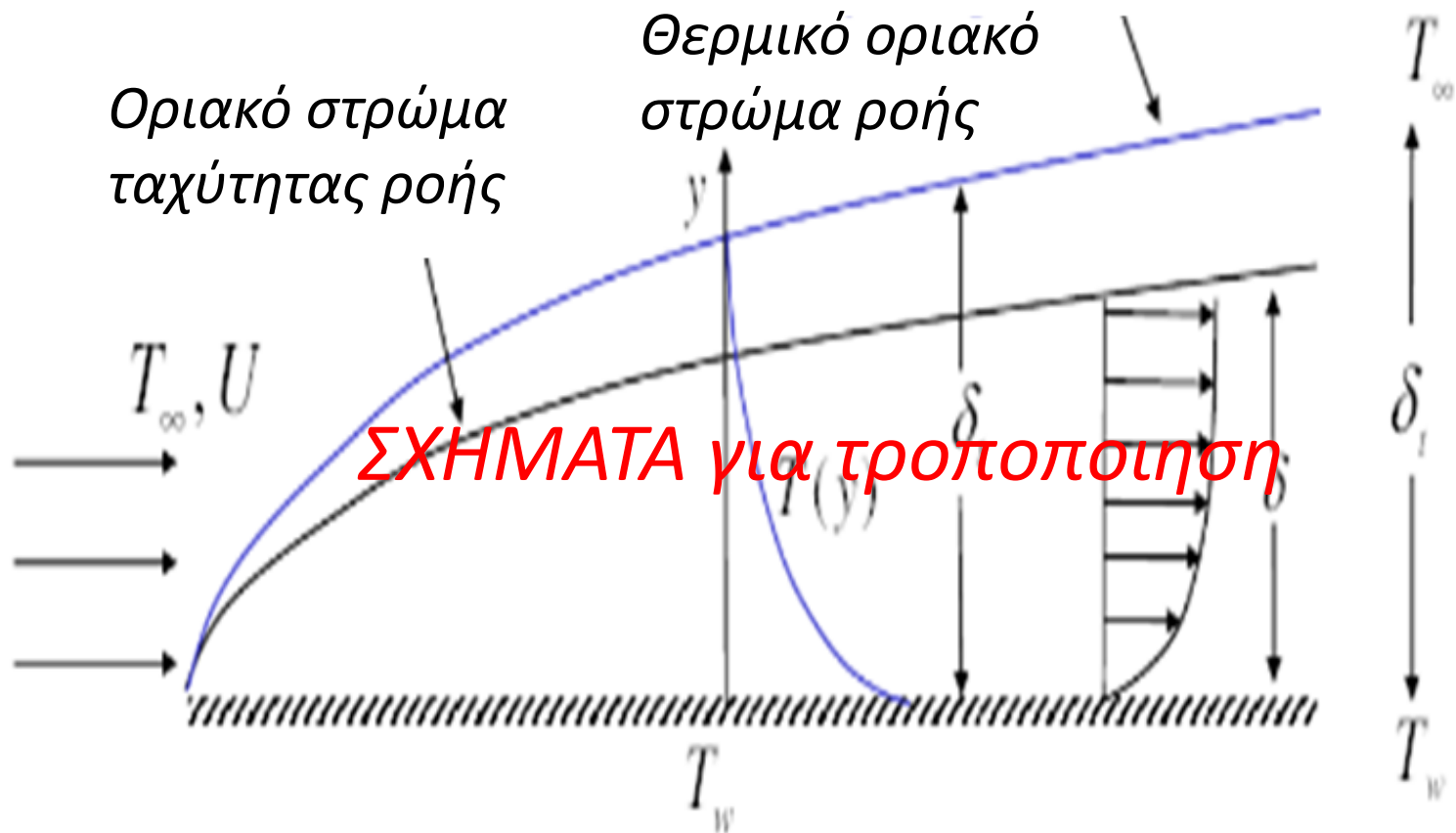




## ΣΧΗΜΑΤΑ για τροποποίηση

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = hA_s (T_s - T_{\infty})$$

Ο συντελεστής  $h$  εξαρτάται από το είδος της ροής (τυρβώδης, στρωτή ή μεταβατική) και δεν αποτελεί ιδιότητα του υλικού αποκλειστικά



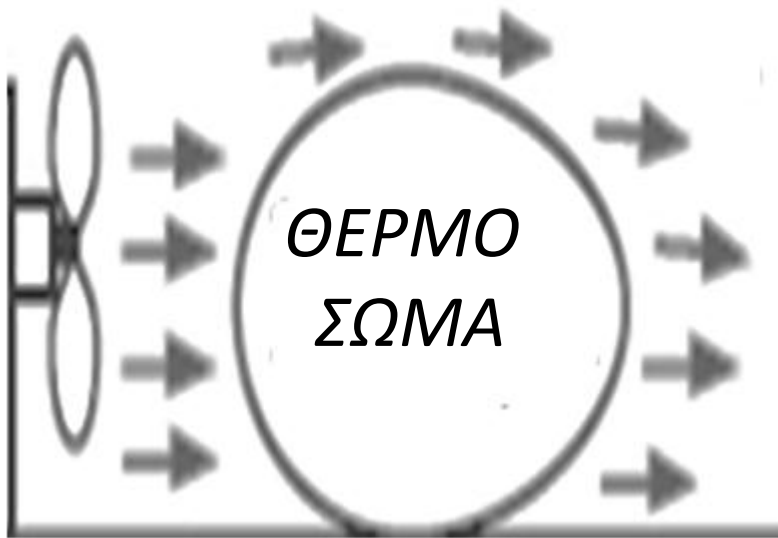
$$\dot{Q}_{\text{conv}} = hA_s (T_s - T_\infty)$$

---

*Εξαναγκασμένη συναγωγή: το ρευστό εξαναγκάζεται σε κίνηση πάνω στην επιφάνεια από εξωτερικά μέσα όπως ανεμιστήρες ή αντλίες*

*Ελεύθερη ή φυσική συναγωγή: η κίνηση του ρευστού είναι αποτέλεσμα των δυνάμεων άνωσης που προκαλείται από διαφορές πυκνότητας που προκύπτουν λόγω της μεταβολής θερμοκρασίας στο ρευστό*

## ΣΧΗΜΑΤΑ για τροποποίηση



*Εξαναγκασμένη Συναγωγή*



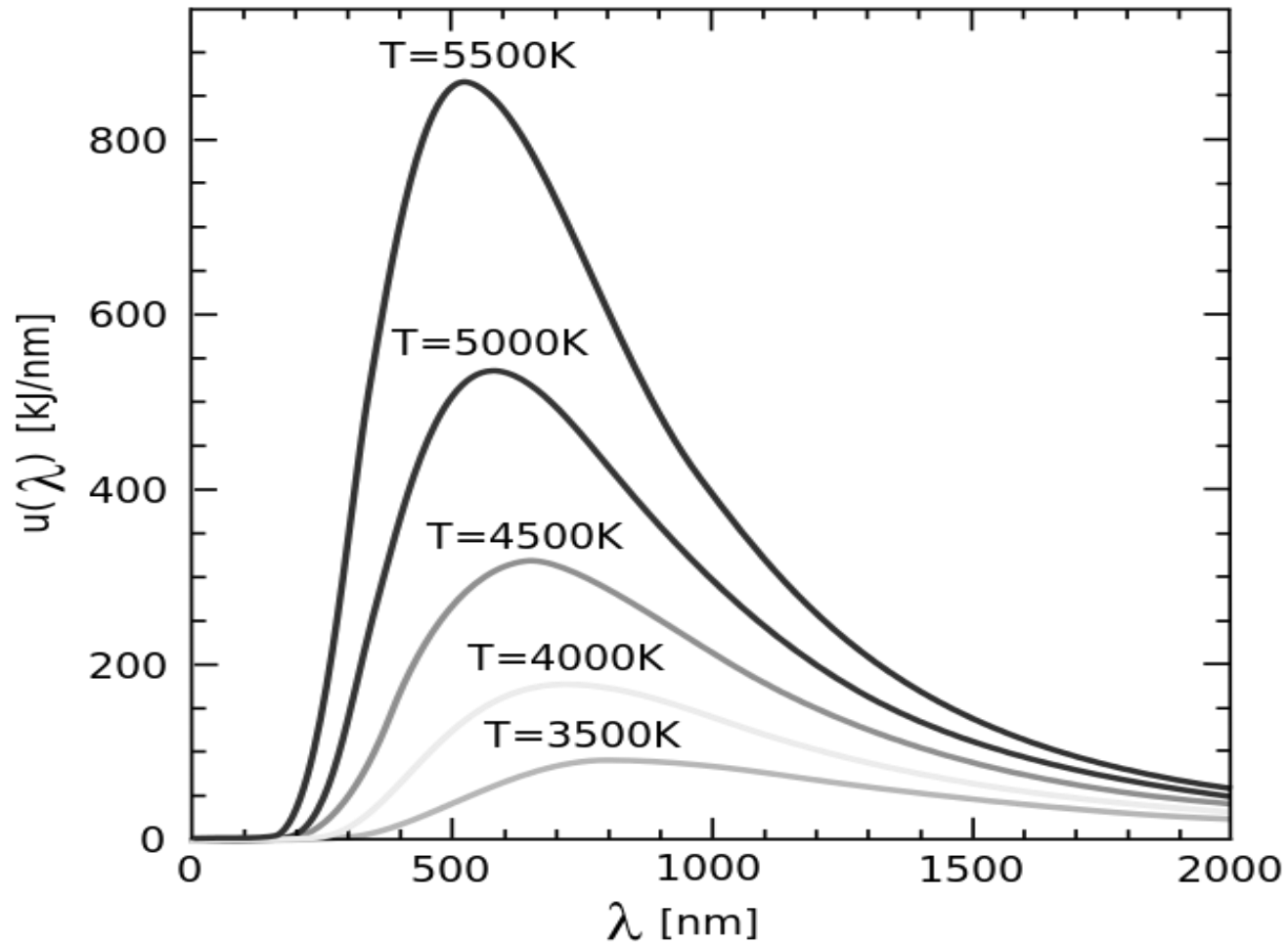
*Φυσική ή ελεύθερη συναγωγή*

---

Ακτινοβολία είναι η ενέργεια που εκπέμπεται από την ύλη σε μορφή ηλεκτρομανητικών κυμάτων ως αποτέλεσμα των μεταβολών της διάταξης των ατόμων ή των μορίων.

Αντίθερα από την αγωγή και την συναγωγή, η μεταφορά θερμότητας μέσω ακτινοβολίας δεν απαιτεί την παρουσία ενός ενδιάμεσου μέσου

Η ενέργεια από τον ήλιο φτάνει στη γη μέσω θερμικής ακτινοβολίας



---

*Η θερμική ακτινοβολία είναι η μορφή της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τα σώματα εξαιτίας της θερμοκρασίας τους.*

*Όλα τα σώματα σε θερμοκρασία μεγαλύτερη του απόλυτου μηδενός εκπέμπουν θερμική ακτινοβολία*

$$\dot{Q}_{\text{emit, max}} = \sigma A_s T_s^4 \quad (\text{W})$$

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$$

*Σταθερά Stefan- Boltzmann*

*Ο μέγιστος ρυθμός θερμικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από μια επιφάνεια που βρίσκεται σε απόλυτη θερμοκρασία  $T_s$  υπολογίζεται από τον νόμο των Stefan- Boltzmann*



*Η θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από μια πραγματική επιφάνεια είναι πάντοτε μικρότερη από τη θερμική ακτινοβολία που εκπέμπεται από ένα μελανό σώμα που βρίσκεται στην ίδια θερμοκρασία*

$$\dot{Q}_{\text{emit}} = \varepsilon \sigma A_s T_s^4 \quad (\text{W})$$

$$0 \leq \varepsilon \leq 1,$$

*Θερμική ακτινοβολία από  
πραγματικές επιφάνειες  
(ε..συντελεστής εκπομπής)*

*Ο συντελεστής εκπομπής εκφράζει το κατά πόσο ένα σώμα ή επιφάνεια συμπεριφέρεται αντίστοιχα με τη συμπεριφορά ενός μελανού σώματος (για το οποίο  $\varepsilon=1$ )*

Δεν είναι δυνατό να συνυπάρξουν και οι τρεις μηχανισμοί μετάδοσης θερμότητας ταυτόχρονα

- Αδιαφανή στερεά: Μόνο αγωγή
- Ημιδιαφανή στερεά: Αγωγή και ακτινοβολία
- Κινούμενα ρευστά: Συναγωγή και ακτινοβολία
- Μη κινούμενα ρευστά: Αγωγή και ακτινοβολία
- Κενό: Μόνο ακτινοβολία

Σημείωση: Η ακτινοβολία συχνά δεν λαμβάνεται υπόψη σε καθημερινές εφαρμογές όταν οι τιμές θερμοκρασίας είναι χαμηλές

$$T(\text{K}) = T(^{\circ}\text{C}) + 273.15$$

$$T(\text{R}) = T(^{\circ}\text{F}) + 459.67$$

$$T(\text{R}) = 1.8T(\text{K})$$

$$T(^{\circ}\text{F}) = 1.8T(^{\circ}\text{C}) + 32$$

$$\Delta T(\text{K}) = \Delta T(^{\circ}\text{C})$$

$$\Delta T(\text{R}) = \Delta T(^{\circ}\text{F})$$

Σύγκριση κλιμάκων  
θερμοκρασίας



Συγκριση μέτρου διαφόρων  
μονάδων θερμοκρασίας

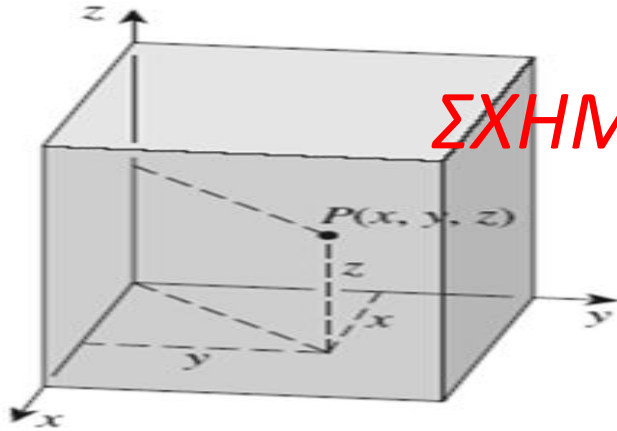
---

# ***ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ (ΑΓΩΓΗ)***

- Η θερμοκρασία είναι βαθμωτό μέγεθος και ορίζεται μόνο από την τιμή του μέτρου της
- Η ροή θερμότητας είναι διανυσματική ποσότητα και ορίζεται από το μέτρο και τη διεύθυνσή της.

# ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΣΥΝΤΕΤΑΓΜΕΝΩΝ

ΣΧΗΜΑΤΑ για τροποποίηση



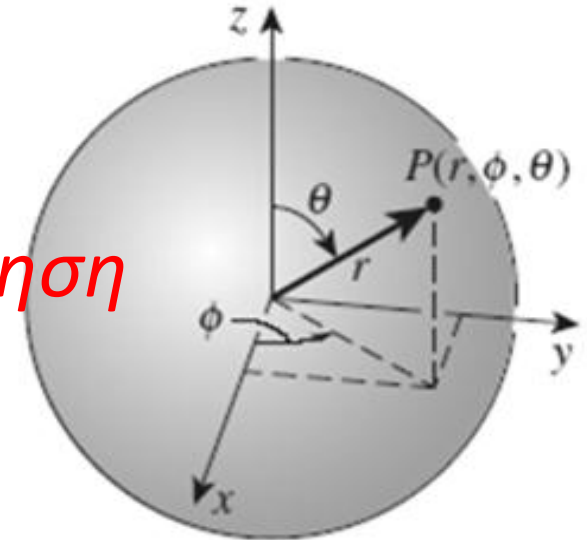
Καρτεσιανό σύστημα

$$T(x, y, z, t)$$



Κυλινδρικό σύστημα

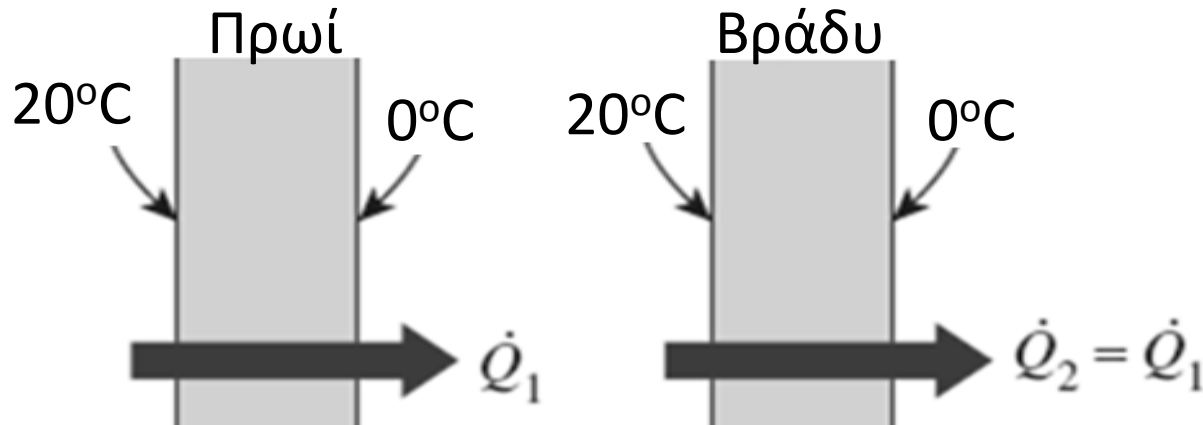
$$T(r, \phi, z, t)$$



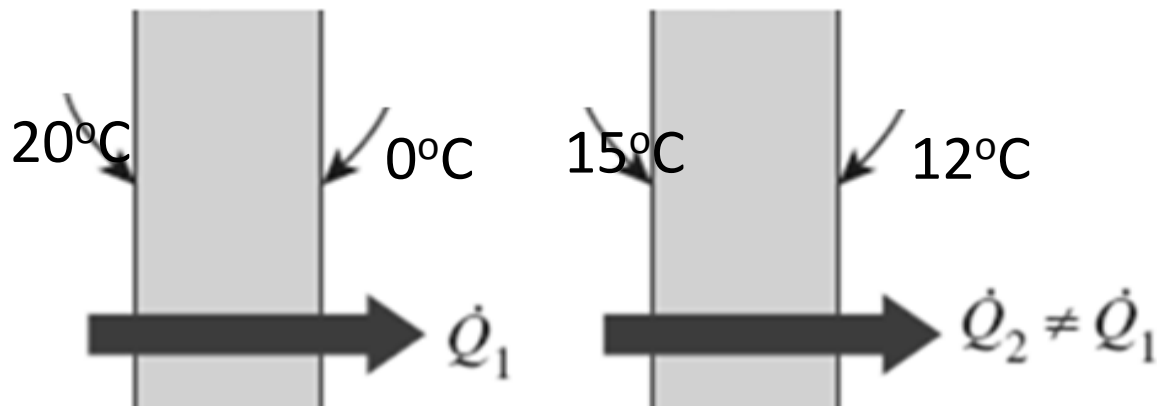
Σφαιρικό σύστημα

$$T(r, \phi, \theta, t)$$

## Χρόνος



Μόνιμη μετάδοση  
θερμότητας



Μη-μόνιμη μετάδοση  
θερμότητας

Τα προβλήματα μετάδοσης θερμότητας διαχωρίζονται:

- *Μονοδιάστατα 1-D*
- *Δισδιάστατα 2-D*
- *Τρισδιάστατα 3-D*

Γενικά, η μετάδοση θερμότητας διαμέσου ενός μέσου είναι 3-D. Ωστόσο, πολλά προβλήματα μπορούν να αντιμετωπιστούν ως 2-D ή 1-D ανάλογα με την τιμή της ροής θερμότητας στις διάφορες διευθύνσεις και τον βαθμό ακρίβειας που απαιτείται από τους υπολογισμούς.





ΣΧΗΜΑΤΑ για τροποποίηση

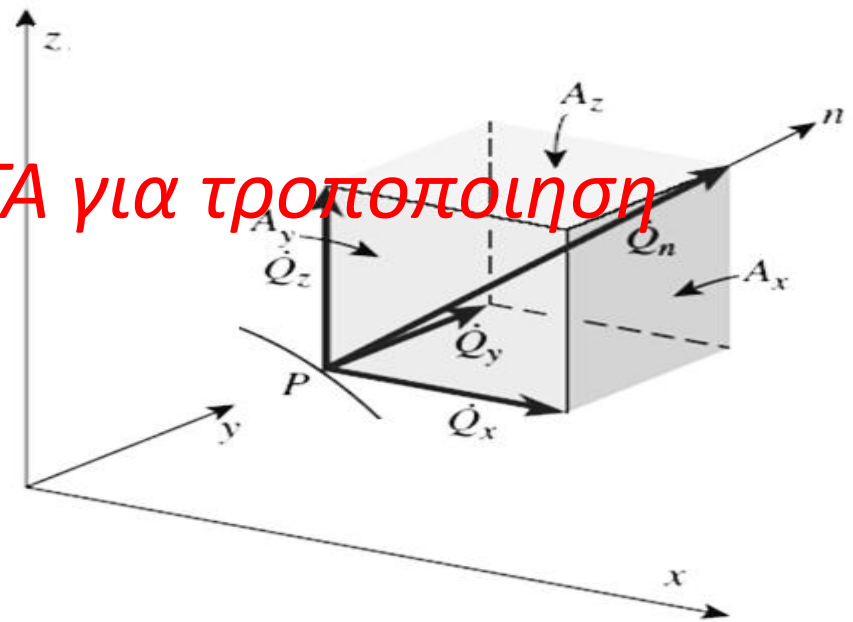
Η ροή θερμότητας είναι πάντοτε προς την κατεύθυνση μείωσης της θερμοκρασίας και κατά επέκταση η κλίση θερμοκρασίας είναι αρνητική όταν η θερμότητα μεταφέρεται προς την θετική χ-διεύθυνση.

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$\dot{Q}_x = -kA_x \frac{\partial T}{\partial x} \quad \dot{Q}_y = -kA_y \frac{\partial T}{\partial y}$$

$$\dot{Q}_z = -kA_z \frac{\partial T}{\partial z}$$

ΣΧΗΜΑΤΑ για τροποποίηση



$$\vec{\dot{Q}}_n = \dot{Q}_x \vec{i} + \dot{Q}_y \vec{j} + \dot{Q}_z \vec{k}$$

---

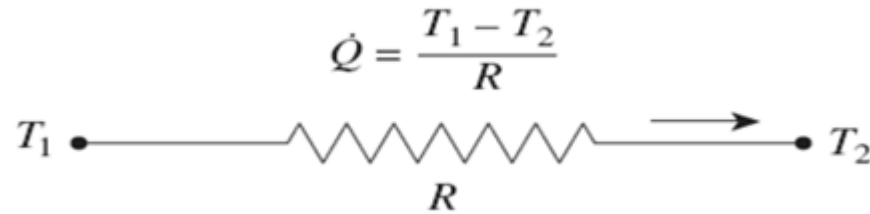
# ΜΟΝΟΔΙΑΣΤΑΤΗ ΜΟΝΙΜΗ ΜΕΤΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΑΓΩΓΗ

# ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ-ΑΓΩΓΗ

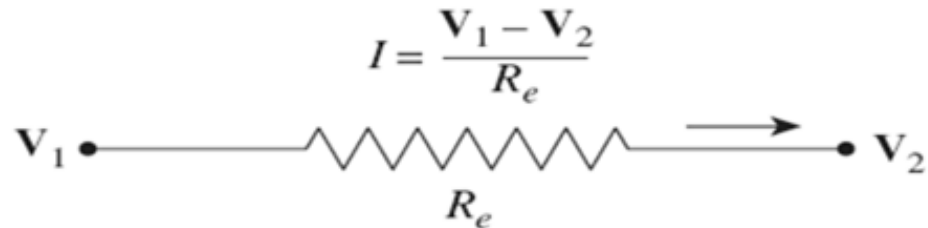
Νόμος Fourier

$$\dot{Q}_{\text{cond, wall}} = kA \frac{T_1 - T_2}{L}$$

$$\dot{Q}_{\text{cond, wall}} = \frac{T_1 - T_2}{R_{\text{wall}}}$$



$$R_{\text{wall}} = \frac{L}{kA}$$



Ισοδύναμο κύκλωμα

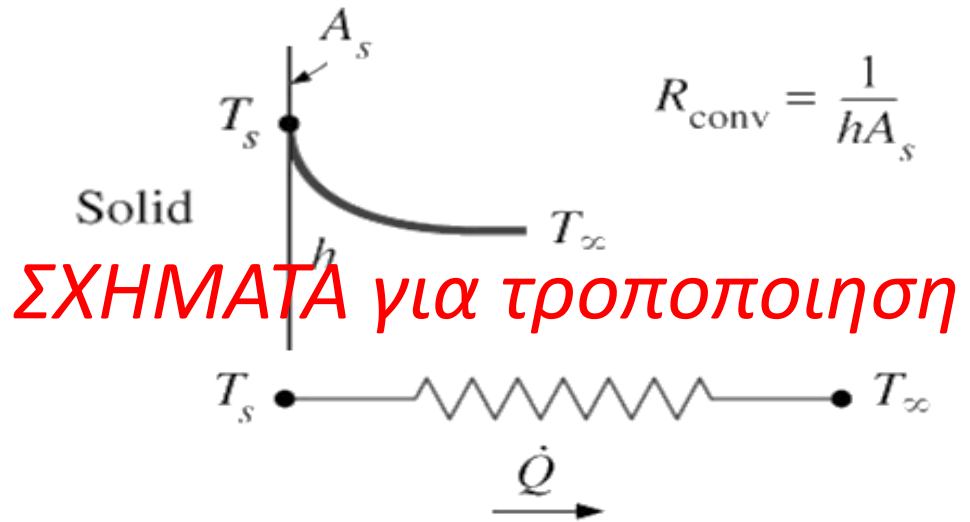
# ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ-ΣΥΝΑΓΩΓΗ

Νόμος Newton

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = hA_s(T_s - T_\infty)$$

$$\dot{Q}_{\text{conv}} = \frac{T_s - T_\infty}{R_{\text{conv}}}$$

$$R_{\text{conv}} = \frac{1}{hA_s}$$



Ισοδύναμο κύκλωμα

$$\Delta T = \dot{Q}R$$

## ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ-ΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΣΥΝΑΓΩΓΗ

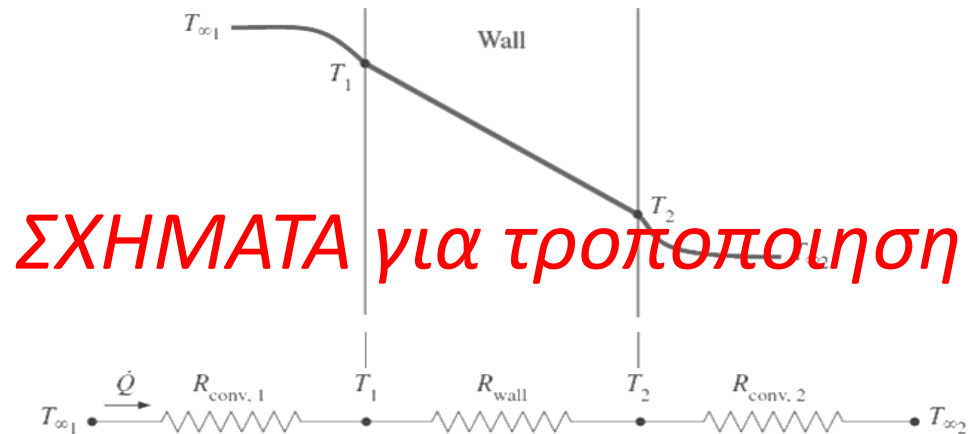
$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_1}{1/h_1 A} = \frac{T_1 - T_2}{L/kA} = \frac{T_2 - T_{\infty 2}}{1/h_2 A}$$

$$= \frac{T_{\infty 1} - T_1}{R_{\text{conv}, 1}} = \frac{T_1 - T_2}{R_{\text{wall}}} = \frac{T_2 - T_{\infty 2}}{R_{\text{conv}, 2}}$$

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{\text{total}}}$$

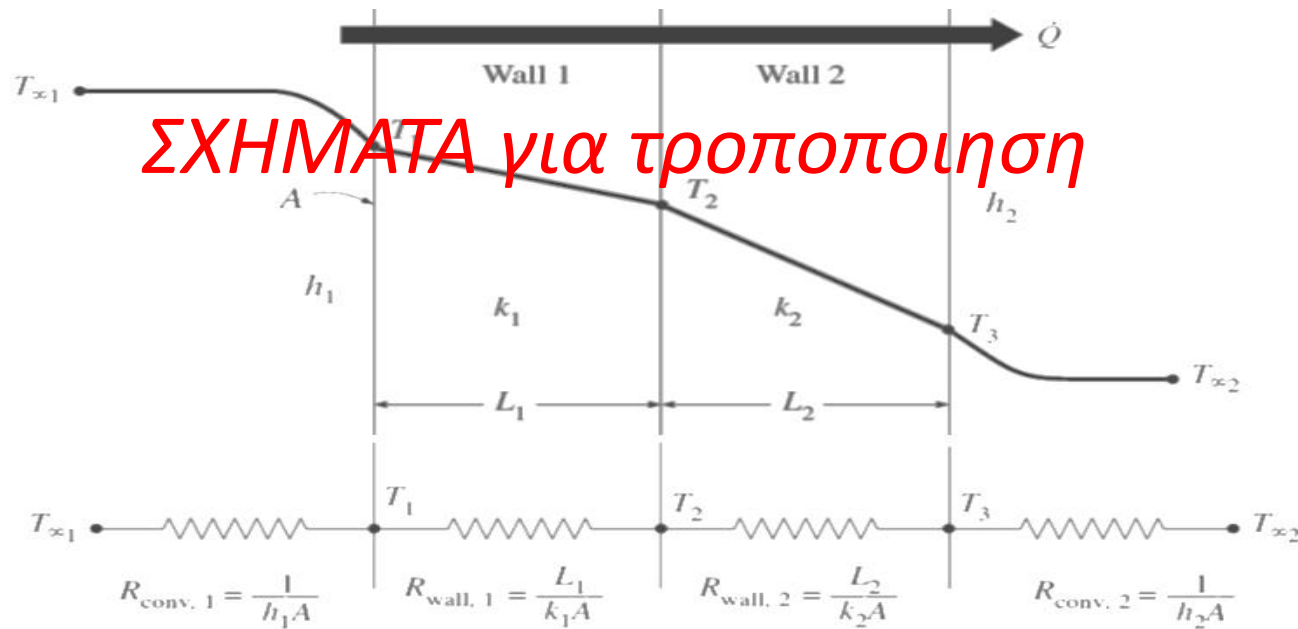
$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{\text{conv}, 1} + R_{\text{wall}} + R_{\text{conv}, 2}} \quad R_{\text{total}} = R_{\text{conv}, 1} + R_{\text{wall}} + R_{\text{conv}, 2} = \frac{1}{h_1 A} + \frac{L}{kA} + \frac{1}{h_2 A}$$

Η θερμοκρασιακή πτώση κατά μήκος ενός στρώματος είναι ανάλογη της θερμικής αντίστασης



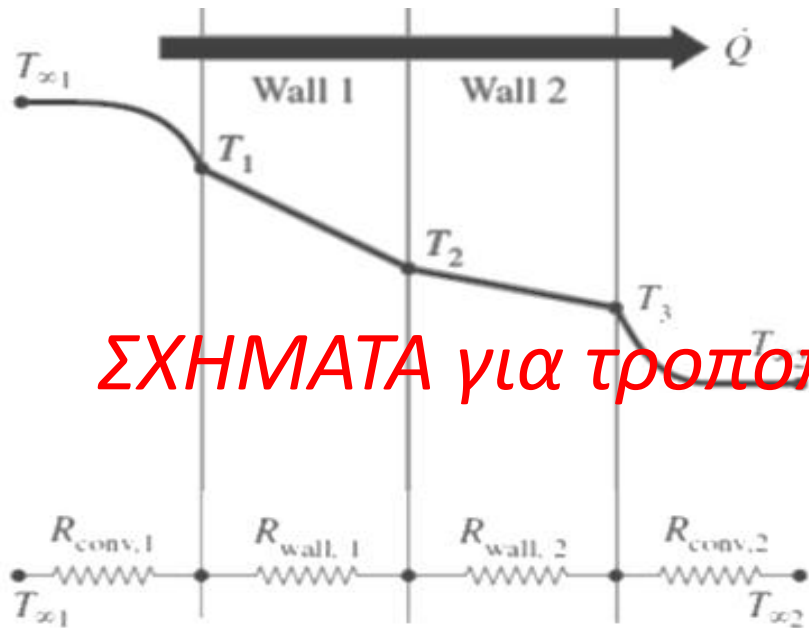
Όταν ο ρυθμός μεταφοράς θερμότητας υπολογιστεί, οι επιφανειακές θερμοκρασίες μπορούν να υπολογιστούν

Πολλά επίπεδα τοιχώματα



$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{\text{total}}}$$

$$\begin{aligned} R_{\text{total}} &= R_{\text{conv}, 1} + R_{\text{wall}, 1} + R_{\text{wall}, 2} + R_{\text{conv}, 2} \\ &= \frac{1}{h_1 A} + \frac{L_1}{k_1 A} + \frac{L_2}{k_2 A} + \frac{1}{h_2 A} \end{aligned}$$



Υπολογισμός θερμοκρασίας στις επιφάνειες

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_1}{R_{conv,1}}$$

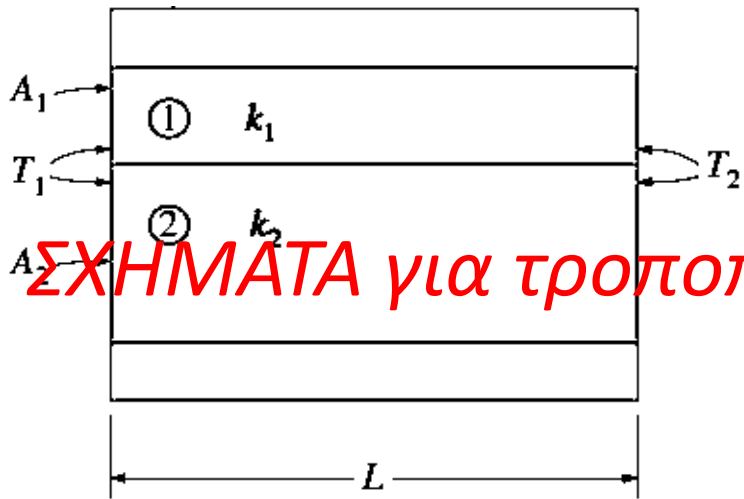
$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_2}{R_{conv,1} + R_{wall,1}}$$

$$\dot{Q} = \frac{T_3 - T_{\infty 2}}{R_{conv,2}}$$

ΣΧΗΜΑΤΑ για τροποποίηση

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_2}{R_{conv,1} + R_{wall,1}} = \frac{T_{\infty 1} - T_2}{\frac{1}{h_1 A} + \frac{L_1}{k_1 A}}$$

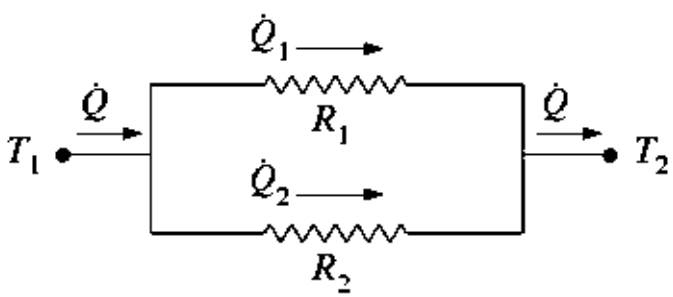




ΣΧΗΜΑΤΑ για τροποποίηση

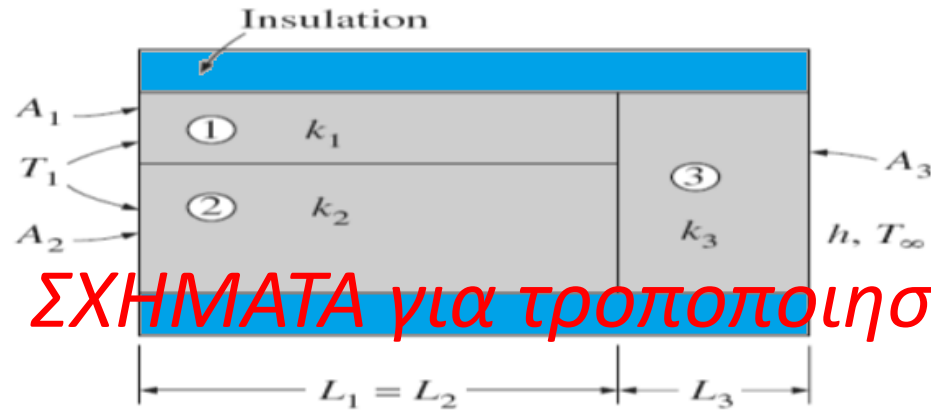
$$\dot{Q} = \frac{T_1 - T_2}{R_{\text{total}}}$$

$$\frac{1}{R_{\text{total}}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \longrightarrow R_{\text{total}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$



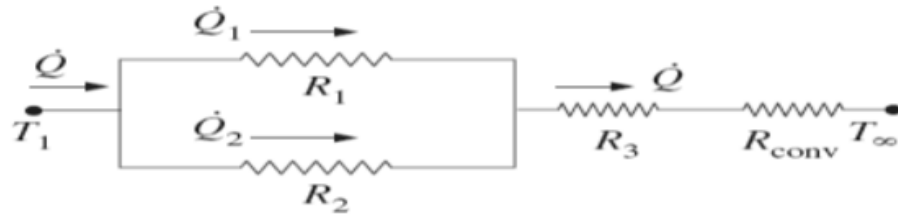
$$\dot{Q} = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_2$$

$$\dot{Q} = \dot{Q}_1 + \dot{Q}_2 = \frac{T_1 - T_2}{R_1} + \frac{T_1 - T_2}{R_2} = (T_1 - T_2) \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$



ΣΧΗΜΑΤΑ για τροποποίηση

$$\dot{Q} = \frac{T_1 - T_\infty}{R_{\text{total}}}$$



$$R_1 = \frac{L_1}{k_1 A_1}$$

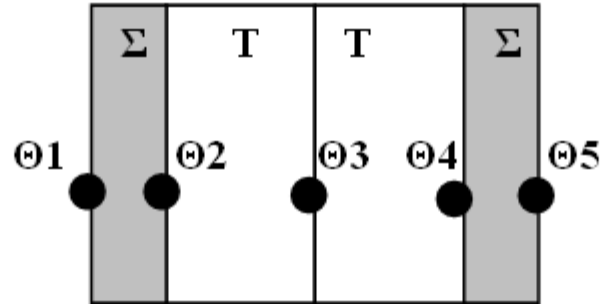
$$R_2 = \frac{L_2}{k_2 A_2}$$

$$R_3 = \frac{L_3}{k_3 A_3}$$

$$R_{\text{conv}} = \frac{1}{h A_3}$$

$$R_{\text{total}} = R_{12} + R_3 + R_{\text{conv}} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3 + R_{\text{conv}}$$

1. Δίνεται τοίχος συνολικού εμβαδού  $100 \text{ m}^2$  που αποτελείται από 2 τούβλα πάχους  $10 \text{ cm}$  το καθένα και σοβά πάχους  $2 \text{ cm}$  στο εσωτερικό και στο εξωτερικό του τοίχου όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Ο τοίχος έχει εσωτερική θερμοκρασία  $\Theta_1 = 20^\circ \text{C}$  και εξωτερική θερμοκρασία  $\Theta_5 = 0^\circ \text{C}$ .



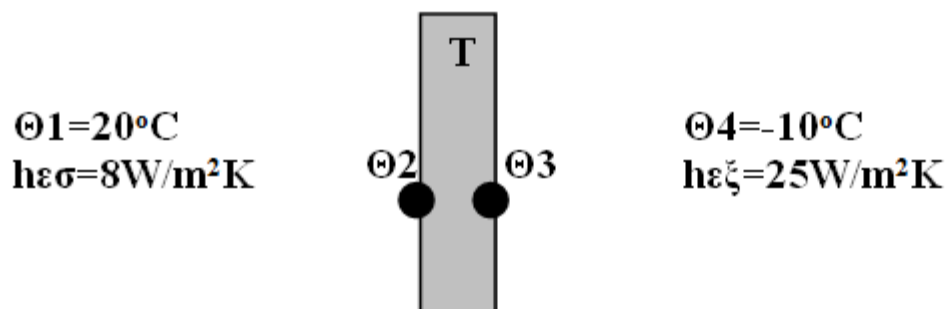
Να υπολογιστούν:

α) η τιμή της συνολικής θερμορροής που διέρχεται από τον τοίχο συνολικού εμβαδού  $100 \text{ m}^2$

β) οι τιμές των θερμοκρασιών  $\theta_2$ ,  $\theta_3$ , και  $\theta_4$

Δίνονται: οι συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας του τούβλου  $0,5 \text{ W}/(\text{mK})$  και του σοβά  $1,0 \text{ W}/(\text{mK})$ .

2. Δίνεται τοίχος συνολικού εμβαδού  $50 \text{ m}^2$  που αποτελείται από 1 τούβλο πάχους  $10 \text{ cm}$  όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Ο χώρος έχει εσωτερική θερμοκρασία  $\Theta_1=20^\circ\text{C}$ . Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος εξωτερικά είναι  $\Theta_4= -10^\circ\text{C}$ .

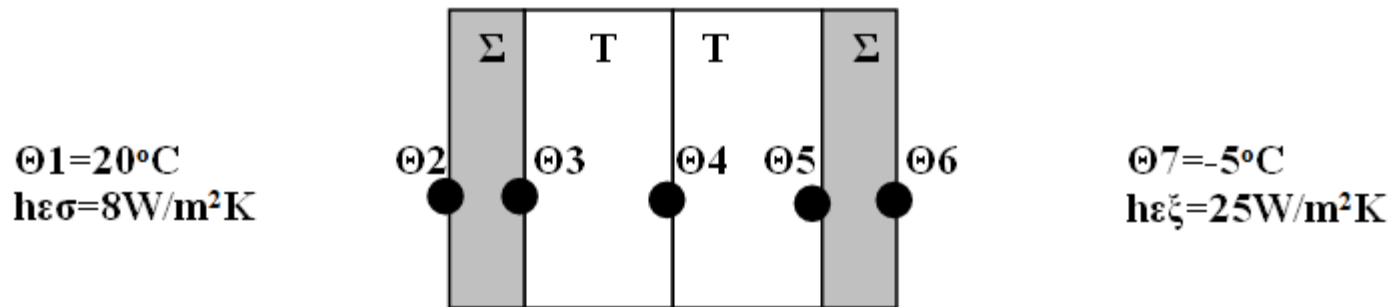


Να υπολογιστούν:

- α) η τιμή της συνολικής θερμορροής που διέρχεται από τον τοίχο συνολικού εμβαδού  $100\text{m}^2$
- β) οι τιμές των θερμοκρασιών  $\theta_2$  και  $\theta_3$

Δίνονται: οι συντελεστές συναγωγής του τοίχου  $h_{\epsilon\sigma}=8\text{W/m}^2\text{K}$ ,  $h_{\epsilon\xi}=25\text{W/m}^2\text{K}$ , οι συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας του τούβλου  $0,5\text{W}/(\text{mK})$ .

3. Δίνεται τοίχος συνολικού εμβαδού  $100 \text{ m}^2$  που αποτελείται από 2 τούβλα πάχους  $10 \text{ cm}$  το καθένα και σοβά πάχους  $2 \text{ cm}$  στο εσωτερικό και στο εξωτερικό του τοίχου όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Ο χώρος έχει εσωτερική θερμοκρασία  $\Theta_1 = 20^\circ\text{C}$ . Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος εξωτερικά είναι  $\Theta_7 = -5^\circ\text{C}$ .

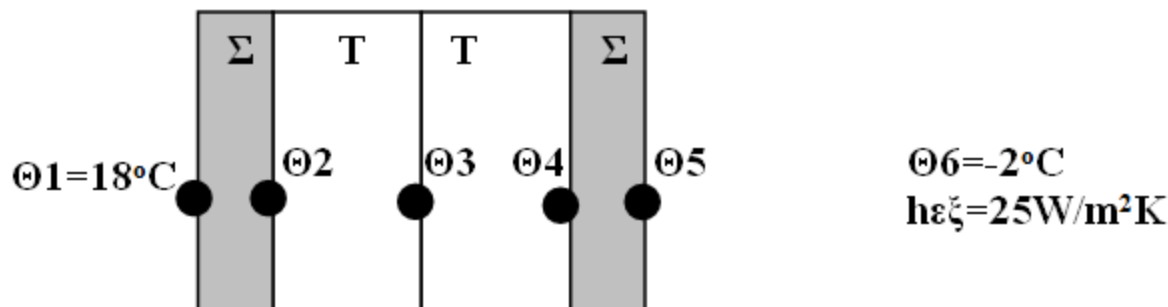


Να υπολογιστούν:

- α) η τιμή της συνολικής θερμορροής που διέρχεται από τον τοίχο συνολικού εμβαδού  $100 \text{ m}^2$
- β) οι τιμές των θερμοκρασιών  $\theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5$  και  $\theta_6$

Δίνονται: οι συντελεστές συναγωγής του τοίχου  $h_{\epsilon\sigma} = 8 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $h_{\epsilon\xi} = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$ , οι συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας του τούβλου  $0,5 \text{ W/(mK)}$  και του σοβά  $1,0 \text{ W/(mK)}$ .

4. Δίνεται τοίχος συνολικού εμβαδού  $100 \text{ m}^2$  που αποτελείται από 2 τούβλα πάχους  $10 \text{ cm}$  το καθένα και σοβά πάχους  $2 \text{ cm}$  στο εσωτερικό και στο εξωτερικό του τοίχου όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Ο τοίχος έχει εσωτερική θερμοκρασία  $\Theta_1 = 18^\circ\text{C}$ . Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος εξωτερικά είναι  $\Theta_6 = -2^\circ\text{C}$ .



Να υπολογιστούν:

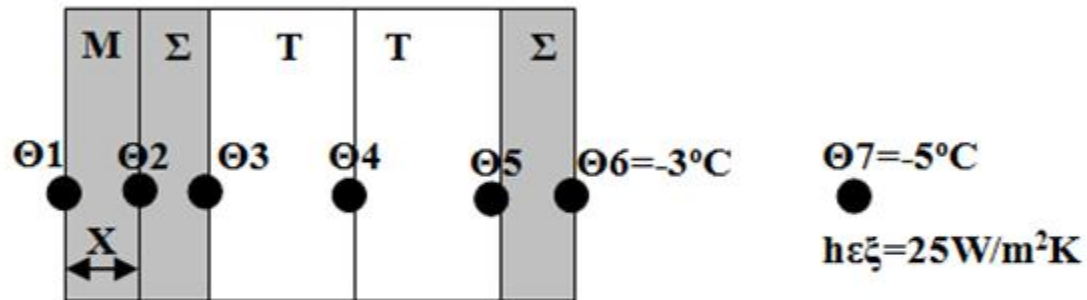
α) η τιμή της συνολικής θερμορροής που διέρχεται από τον τοίχο συνολικού εμβαδού  $100 \text{ m}^2$

β) οι τιμές των θερμοκρασιών  $\theta_2$ ,  $\theta_3$ ,  $\theta_4$  και  $\theta_5$

γ) ποια θα είναι η τιμή της θερμορροής (μεγαλύτερη ή μικρότερη) και η κατεύθυνση της σε σχέση με το ερώτημα (α) στην περίπτωση που η εσωτερική θερμοκρασία γίνει  $22^\circ\text{C}$ ,  $0^\circ\text{C}$  και  $-2^\circ\text{C}$  αντίστοιχα; (στην περίπτωση αυτή εξηγήστε τις παραπάνω περιπτώσεις χωρίς να κάνετε υπολογισμούς)

Δίνονται: οι συντελεστές συναγωγής εξωτερικά του τοίχου  $h_{\epsilon\xi} = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$  αντίστοιχα, οι συντελεστές θερμικής αγωγιμότητας του τούβλου  $0,5 \text{ W/(mK)}$  και του σοβά  $1,0 \text{ W/(mK)}$ .

5. Δίνεται τοίχος συνολικού εμβαδού  $40 \text{ m}^2$  που αποτελείται από 2 τούβλα πάχους  $8 \text{ cm}$  το καθένα και 2 ίδια στρώματα σοβά πάχους  $2 \text{ cm}$  (στο εσωτερικό και στο εξωτερικό του τοίχου), καθώς και από μονωτικό τοίχωμα πάχους  $X$ , όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος εξωτερικά είναι  $\Theta_7 = -5^\circ\text{C}$  ενώ η θερμοκρασία πάνω στην επιφάνεια του εξωτερικού τοίχου είναι  $\Theta_6 = -3^\circ\text{C}$ . (3,5 μονάδες)



Να υπολογιστούν:

α) το πάχος  $X$  που πρέπει να έχει το μονωτικό έτσι ώστε η θερμοκρασία  $\Theta_1$  να μην πέσει κάτω από  $18^\circ\text{C}$  καθώς και η τιμή της συνολικής θερμορροής που διέρχεται από τον τοίχο

β) οι τιμές των θερμοκρασιών  $\Theta_2$ ,  $\Theta_3$ ,  $\Theta_4$ ,  $\Theta_5$

Δίνονται: ο συντελεστής συναγωγής εξωτερικά του τοίχου  $h_{εξ} = 25 \text{ W/m}^2\text{K}$ , ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του τούβλου  $0,5 \text{ W/(mK)}$ , ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του σοβά  $1,0 \text{ W/(mK)}$  και ο συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας του μονωτικού  $0,04 \text{ W/(mK)}$ .

# Τέλος Ενότητας

---

