

Διάδοση Θερμότητας

(Αγωγή / Μεταφορά με τη βοήθεια ρευμάτων /
Ακτινοβολία)

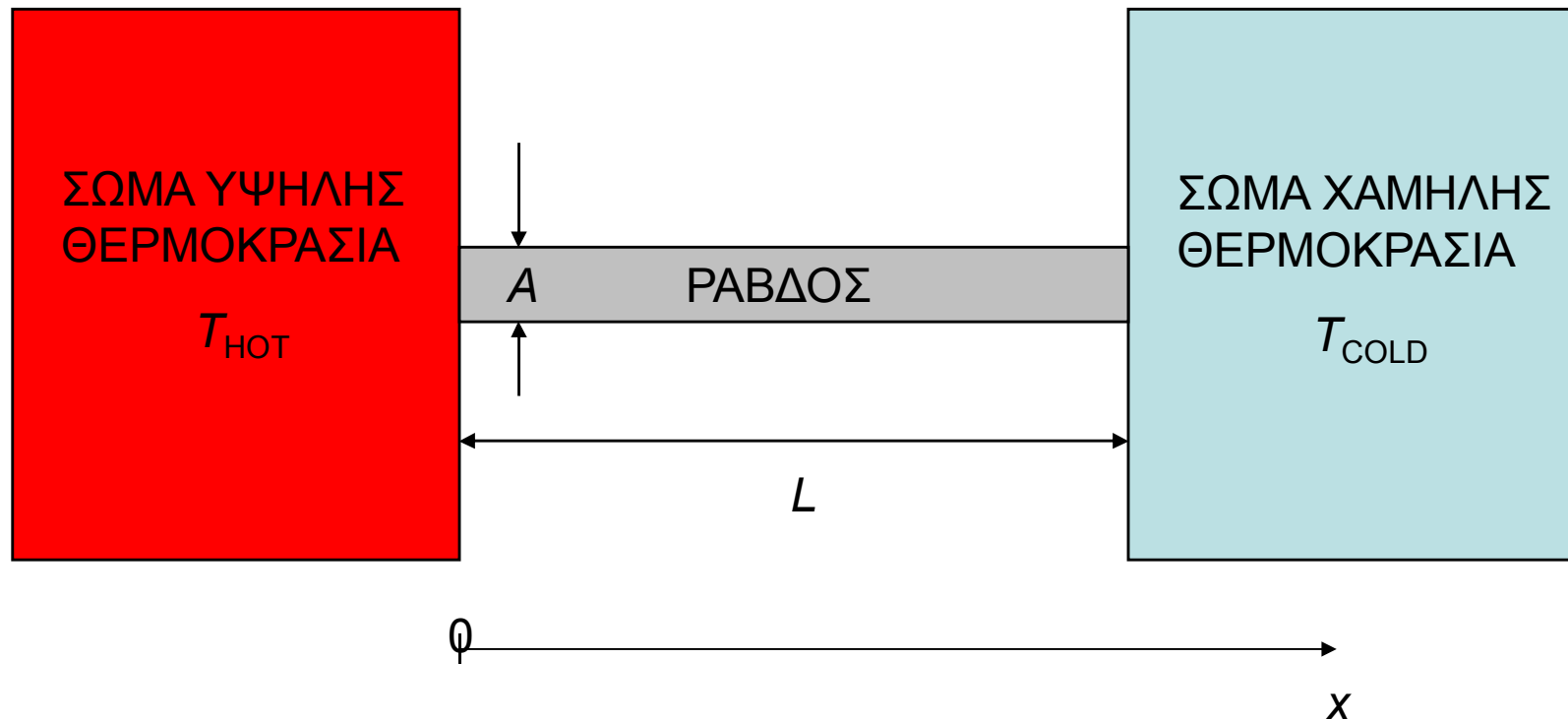
Τρόποι διάδοσης θερμότητας

- Με αγωγή
- Με μεταφορά (με τη βοήθεια ρευμάτων)
- Με ακτινοβολία

άλλα ΠΑΝΤΑ από το θερμότερο προς το ψυχρότερο σώμα.

Αγωγή (1ος τρόπος ανταλλαγής θερμότητας)

- Δεν έχω μετακίνηση ύλης.
- Αφορά κυρίως τα στερεά.
- Πρέπει να υπάρχει επαφή.



- Στη σταθερή κατάσταση (αν δηλ. υποθέσω ότι οι θερμοκρασίες T_{HOT} και T_{COLD} είναι σταθερές) ισχύει ότι:

Το πρόσημο πλὴν δείχνει ότι το θερμικό ρεύμα «ρέει» προς την κατεύθυνση που μειώνεται η θερμοκρασία

$$\frac{dQ}{dt} = A \cdot k \cdot \frac{dT}{dx}$$

ΕΜΒΑΔΟΝ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

ΘΕΡΜΙΚΟ ΡΕΥΜΑ
(Ρυθμός μεταφοράς θερμότητας)

ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ
(watt/m·K)
Εξαρτάται από το υλικό της ράβδου

ΘΕΡΜΟΒΑΘΜΙΔΑ

- Ανάλογα με την τιμή του k διακρίνω τα υλικά σε θερμικούς αγωγούς και θερμικούς μονωτές.

Table 2.5. Thermal conductivity κ , and specific heat C for various materials

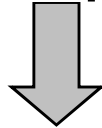
material	water	ice	wood ^a	muscle, bone	body fat	wool	goose down	air
κ W/m ^o	0.6	2.2	0.16	0.42	0.2	0.04	0.026	0.0256

Ο αέρας είναι θερμικός μονωτής

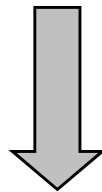
- Ορισμένες φορές τα ζώα έχουν μηχανισμούς για να αλλάζουν το k (π.χ. Ένα πουλί που «ανασηκώνει» τα φτερά του).

Μικροσκοπικός μηχανισμός εξήγησης της μεταφοράς θερμότητας με αγωγή

- Τα άτομα κοντά στη θερμή περιοχή έχουν μεγαλύτερη μέση κινητική ενέργεια.



- Μέσω των συγκρούσεων, μεταφέρουν μέρος της ενέργειας τους στα γειτονικά ψυχρότερα άτομα.



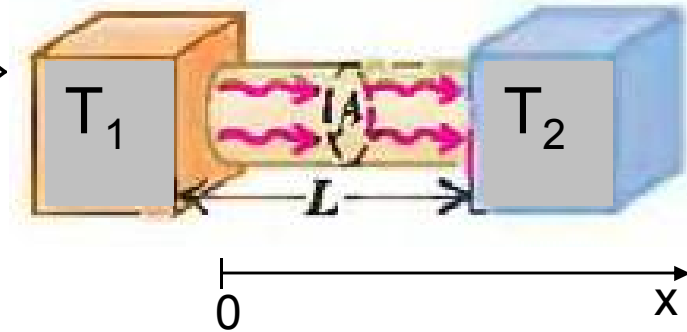
- Η διαδικασία συνεχίζεται σε όλο το μήκος της ράβδου.
- Χωρίς λοιπόν να μεταφερθούν άτομα (ύλη) μεταφέρεται ενέργεια.

- Στα μέταλλα η πρηγούμενη διαδικασία υποβοηθείται από την ύπαρξη των ελευθέρων ηλεκτρονίων. Σε γενικές γραμμές οι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού είναι και καλοί αγωγοί της θερμότητας.

1η βασική γεωμετρία: γραμμική

- Είναι η πιο απλή περίπτωση:

$$\frac{dQ}{dt} = -A \cdot k \cdot \frac{dT}{dx} \Rightarrow H = -A \cdot k \cdot \frac{dT}{dx} \Rightarrow$$



Στη σταθερή κατάσταση ο
ρυθμός $dQ/dt = H$ είναι
σταθερός

$$\Rightarrow \int_0^x H \cdot dx = -A \cdot k \cdot \int_{T_1}^T dT \Rightarrow H \cdot (x - 0) = -A \cdot k \cdot (T - T_1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H \cdot x = -A \cdot k \cdot (T - T_1) \Rightarrow T - T_1 = -\frac{H}{A \cdot k} \cdot x \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{T = T_1 - \frac{H}{A \cdot k} \cdot x}$$

Συνάρτηση που μας υπολογίζει τη
θερμοκρασία κατά μήκος της ράβδου

- ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ 1: Μπορούμε να απαλείψουμε το ρυθμό μεταφοράς θερμότητας αν χρησιμοποιήσουμε την οριακή συνθήκη σύμφωνα με την οποία για $x = L$ πρέπει $T = T_2$.

$$T_2 = T_1 - \frac{H}{A \cdot k} \cdot L \Rightarrow T_2 - T_1 = -\frac{H}{A \cdot k} \cdot L \Rightarrow$$

$$\Rightarrow H = -\frac{(T_2 - T_1) \cdot A \cdot k}{L}$$

οπότε η συνάρτηση για τη θερμοκρασία γίνεται:

$$T = T_1 - \frac{(T_2 - T_1) \cdot A \cdot k}{L} \cdot x \Rightarrow T = T_1 + (T_2 - T_1) \cdot \frac{x}{L}$$

- ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ 2: Η τελευταία εξίσωση «δουλεύει» καλά και στις δύο πιθανές περιπτώσεις:

Περίπτωση 1: $T_1 > T_2 \Rightarrow T_2 - T_1 < 0$

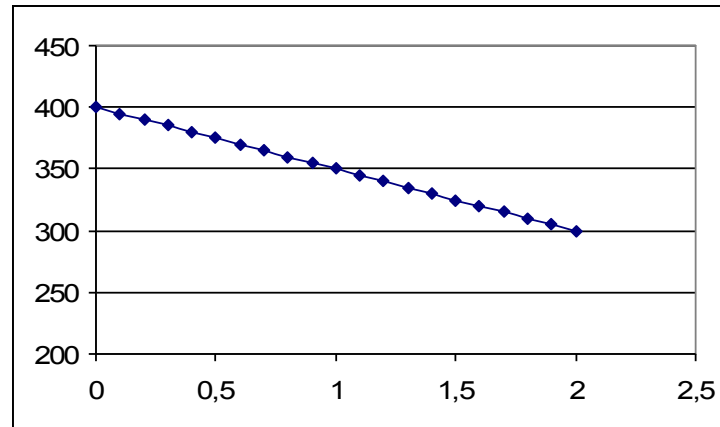
$$T = T_1 + (T_2 - T_1) \cdot \frac{x}{L} \quad \text{Φθίνουσα συνάρτηση της απόστασης } x.$$

Περίπτωση 2: $T_1 < T_2 \Rightarrow T_2 - T_1 > 0$

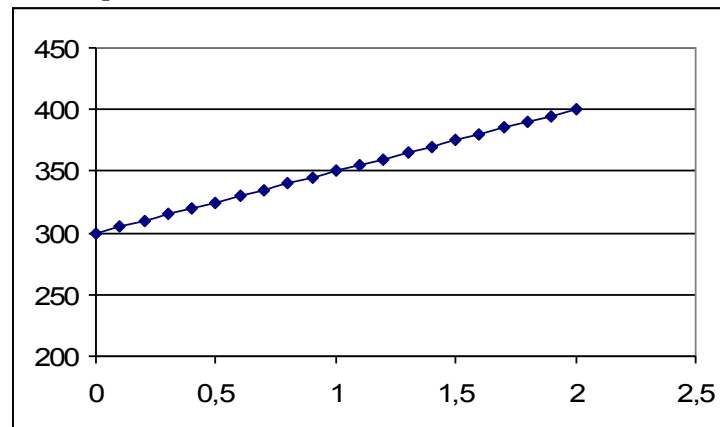
$$T = T_1 + (T_2 - T_1) \cdot \frac{x}{L} \quad \text{Αύξουσα συνάρτηση της απόστασης } x.$$

- ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ 3: Οι γραφικές παραστάσεις:

Περίπτωση 1: $T_1 > T_2 \Rightarrow T_2 - T_1 < 0$



Περίπτωση 2: $T_1 < T_2 \Rightarrow T_2 - T_1 > 0$

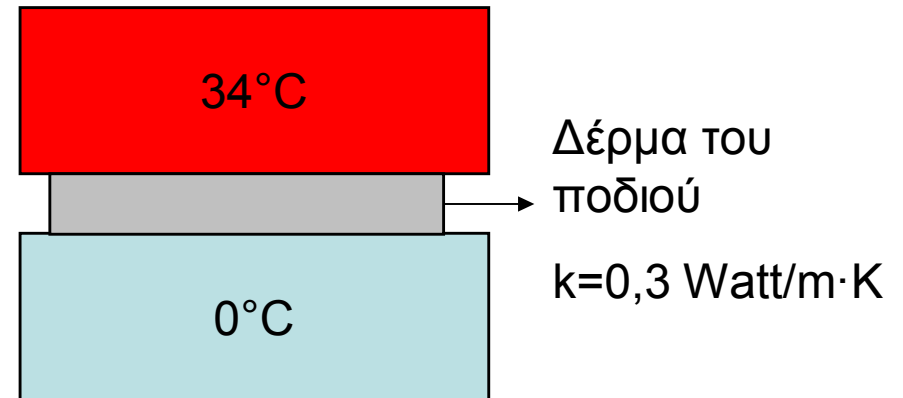
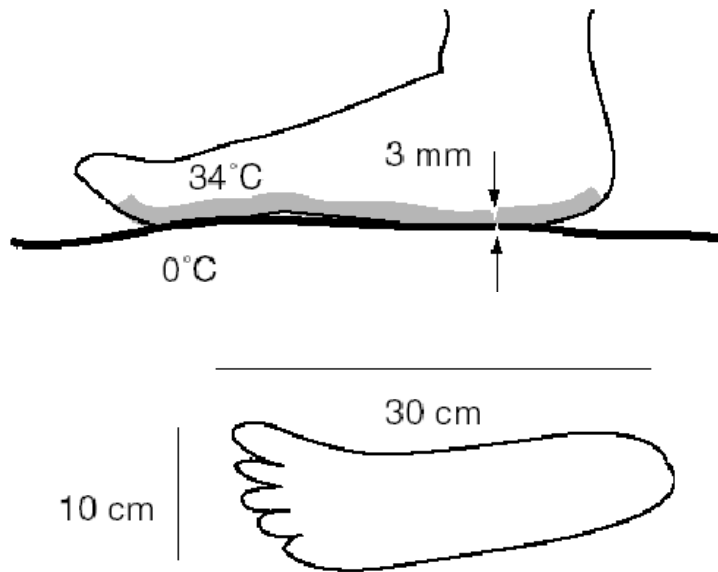


Άσκηση

- Η θερμοκρασία στο εσωτερικό ενός δωματίου διατηρείται σταθερή στους 18°C , ενώ έξω από αυτό είναι 0°C . Ποια θα είναι η θερμότητα που θα μεταφερθεί από το δωμάτιο στο περιβάλλον σε χρόνο 1 h από ένα γυάλινο παράθυρο με διαστάσεις $1,4\text{ m} \times 1,1\text{ m}$ και πάχος $0,5\text{ mm}$. Η θερμική αγωγιμότητα του γυαλίου είναι ίση με $0,84\text{ J/s}\cdot\text{m}\cdot\text{grad}$.

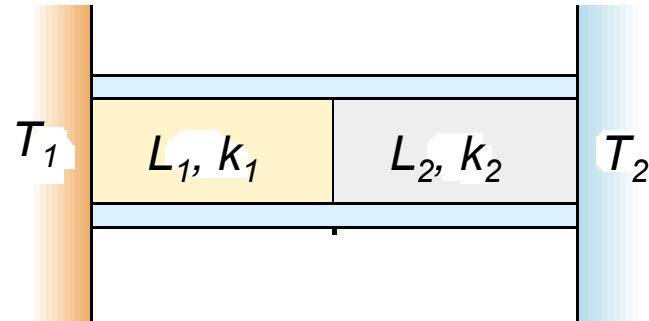
Άσκηση

- Ένας άνθρωπος στέκεται ξυπόλυτος πάνω σε πάγο. Ποια ποσότητα θερμότητας «χάνει», εξαιτίας της αγωγής, από το πόδι του σε 15 min.



Άσκηση

- Έστω δύο ράβδοι που συνδέονται σε σειρά ο ένας μετά τον άλλο όπως στο σχήμα. Υπολογίστε τη θερμοκρασία στο σημείο επαφής τους.



Άσκηση

- Είναι ασφαλές να αγγίξουμε ένα ταψί από το φούρνο ($\theta_1=120^\circ \text{ C}$) με ένα γάντι ($L_1=2 \text{ mm}$, $k_1=0,04 \text{ W/m}\cdot\text{grad}$). Υποθέστε για την παλάμη ότι $L_2=1,5 \text{ mm}$, $k_2=0,2 \text{ W/m}\cdot\text{grad}$ ενώ $\theta_2=34^\circ \text{ C}$.

Μια αναλογία με τα ηλεκτρικά κυκλώματα

- Οι μηχανικοί που ασχολούνται με προβλήματα θερμικής μόνωσης ορίζουν την έννοια της θερμικής αντίστασης R μέσω της σχέσης:

$$R = \frac{1}{k} \cdot \frac{L}{A}$$

οπότε η βασική εξίσωση για την ανταλλαγή θερμότητας με αγωγή γίνεται:

$$|H| = \left| \frac{dQ}{dt} \right| = \left| - \frac{(T_2 - T_1) \cdot A \cdot k}{L} \right| \Rightarrow |H| = \frac{\Delta T}{R}$$

- Οι προηγούμενες σχέσεις θυμίζουν τις σχέσεις στα ηλεκτρικά κυκλώματα και μας οδηγούν στις παρακάτω αναλογίες:

ΔΙΑΔΟΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑΣ

$$R = \frac{1}{k} \cdot \frac{L}{A}$$

(Θερμική αντίσταση)

ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A}$$

(Ηλεκτρική αντίσταση)

«Αιτία» ροής

«Αποτέλεσμα» ροής

(Νόμος Ohm)

Άσκηση (Σύνδεση ράβδων σε σειρά)

- Για το σύστημα των δύο ράβδων σε σειρά που μελετήσαμε προηγουμένως, βρείτε την ισοδύναμη θερμική αντίσταση.

Άσκηση (Παράλληλη σύνδεση ράβδων)

- Να υπολογίσετε την ισοδύναμη θερμική αντίσταση για δύο ράβδους που συνδέονται παράλληλα.

2η βασική γεωμετρία: κυλινδρική

- Ξεκινάμε και πάλι από τη βασική εξίσωση:

$$\frac{dQ}{dt} = -A \cdot k \cdot \frac{dT}{dr} \Rightarrow H = -A \cdot k \cdot \frac{dT}{dr}$$

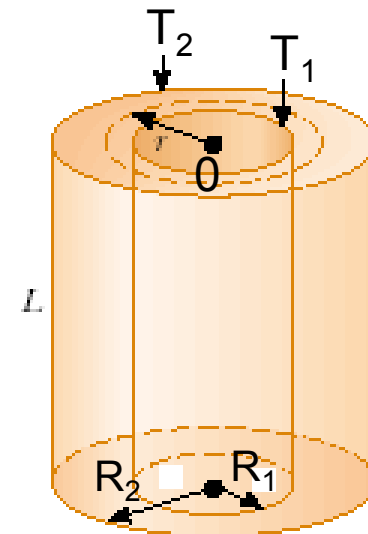
Στη σταθερή κατάσταση ο
ρυθμός dQ/dt είναι σταθερός

όμως τώρα το εμβαδόν A

δεν είναι σταθερό αλλά $A = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot L$

ΟΠΟΤΕ:

$$H = -2 \cdot \pi \cdot r \cdot L \cdot k \cdot \frac{dT}{dr} \Rightarrow H \cdot \int_{R_1}^r \frac{dr}{r} = -2 \cdot \pi \cdot L \cdot k \cdot \int_{T_1}^T dT$$



$$\Rightarrow H \cdot \ln \frac{r}{R_1} = -2 \cdot \pi \cdot L \cdot k \cdot (T - T_1) \Rightarrow T - T_1 = -\frac{H}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot k} \cdot \ln \frac{r}{R_1} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T = T_1 - \frac{H}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot k} \cdot \ln \frac{r}{R_1}$$

και με χρήση της οριακής συνθήκης $r=R_2$ $T=T_2$
υπολογίζω το H και καταλήγω στη σχέση:

$$\Rightarrow T = T_1 + (T_2 - T_1) \cdot \frac{\ln \frac{r}{R_1}}{\ln \frac{R_2}{R_1}}$$

Συνάρτηση που μας
υπολογίζει τη θερμοκρασία
κατά μήκος του κυλίνδρου

Άσκηση

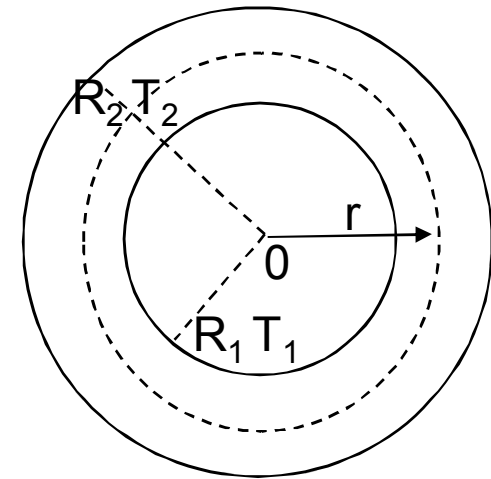
- Ένα παιδί τοποθετεί το χέρι του, μέχρι τον αγκώνα, μέσα σε ένα δοχείο με κρύο νερό (4°C) για 2 min. Πόση θερμότητα αποβάλλει;
 $L = 30\text{ cm}$, $\Delta R = R_2 - R_1 = 3\text{ mm}$, $R_2 = 3\text{ cm}$, $k = 0.2\text{ W/m}\cdot\text{grad}$.

3η βασική γεωμετρία: σφαιρική

- Μπορείτε να εργαστείτε ανάλογα για σφαιρική γεωμετρία:

$$\frac{dQ}{dt} = -A \cdot k \cdot \frac{dT}{dr}$$

$$A = 4 \cdot \pi \cdot r^2$$

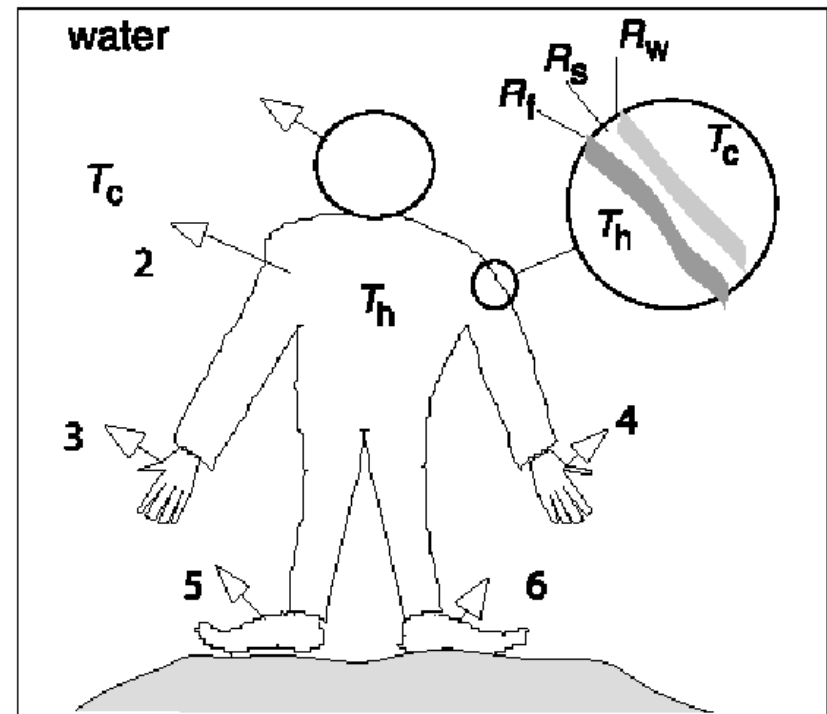


για να καταλήξετε τελικά στη σχέση:

$$T = T_1 + (T_2 - T_1) \cdot \frac{\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{r} \right)}{\left(\frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right)}$$

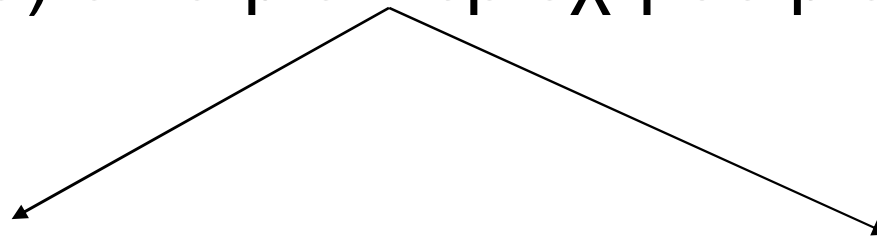
Η γραμμική γεωμετρία είναι η πιο
συχνή αλλά μπορεί να συνδυάζεται με
τις υπόλοιπες

- Στο παρακάτω σχήμα φαίνεται ένα μοντέλο για τις απώλειες θερμότητας λόγω αγωγής σε ένα δύτε όπου έχω απώλειες:
 - Από το κεφάλι
 - Από το σώμα
 - Από τα χέρια
 - Από τα πόδια
- και σε όλα αυτά πρέπει να λάβω υπόψη τη στολή.
-
- The diagram illustrates a diver's thermal model. A central figure represents the diver, with a head, torso, arms, and legs. Arrows indicate heat loss from various parts: 1 from the head, 2 from the torso, 3 from the hands, 4 from the feet, 5 from the legs, and 6 from the feet. A circular inset shows a cross-section of the diver's body, with labels T_h (body temperature) and T_c (water temperature). The inset also shows the thermal resistance of the water (R_w), the diver's body (R_s), and the thermal resistance of the water (R_f). The diver is standing on a surface labeled 'water'.



Μεταφορά (2ος τρόπος διάδοσης θερμότητας)

- Είναι ανταλλαγή θερμότητας που συνδέεται με τη μετακίνηση ύλης (μετακίνηση μάζας ενός **ρευστού**) από μια περιοχή σε μια άλλη.

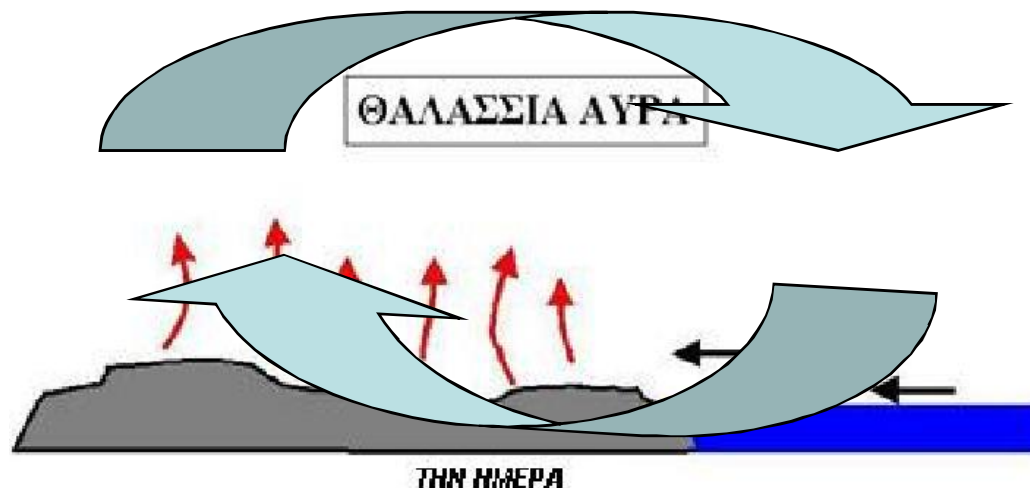


ΕΞΑΝΑΓΚΑΣΜΕΝΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ: Η μετακίνηση του ρευστού είναι εξαναγκασμένη (από κάποια αντλία) π.χ. καλοριφέρ.

ΦΥΣΙΚΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑ: Η ροή του ρευστού οφείλεται σε διαφοροποιήσεις της πυκνότητας π.χ. αέρας θαλάσσια και απόγεια αύρα.

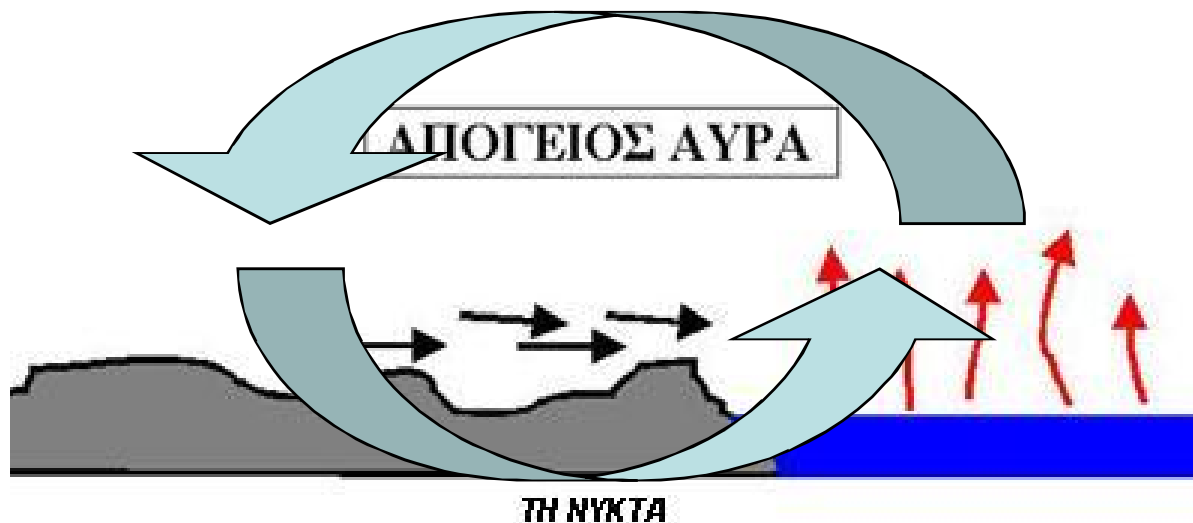
Φυσική Μεταφορά

- Την ημέρα η στεριά θερμαίνεται γρηγορότερα από τη θάλασσα, δημιουργούνται ανοδικά ρεύματα, ο αέρας υψώνεται και βαρύτερα, ψυχρότερα ρεύματα αέρα από τη θάλασσα έρχονται να καταλάβουν τη θέση του αέρα που υψώθηκε, δημιουργώντας έτσι τη *θαλάσσια αύρα*.



Φυσική Μεταφορά

- Τη νύκτα η στεριά ψύχεται γρηγορότερα από τη θάλασσα. Ανοδικά ρεύματα δημιουργούνται πάνω από τη θάλασσα και ψυχρός, κρύος αέρας πνέει από τη στεριά προς τη θάλασσα, δημιουργώντας έτσι την *απόγειο αύρα*.



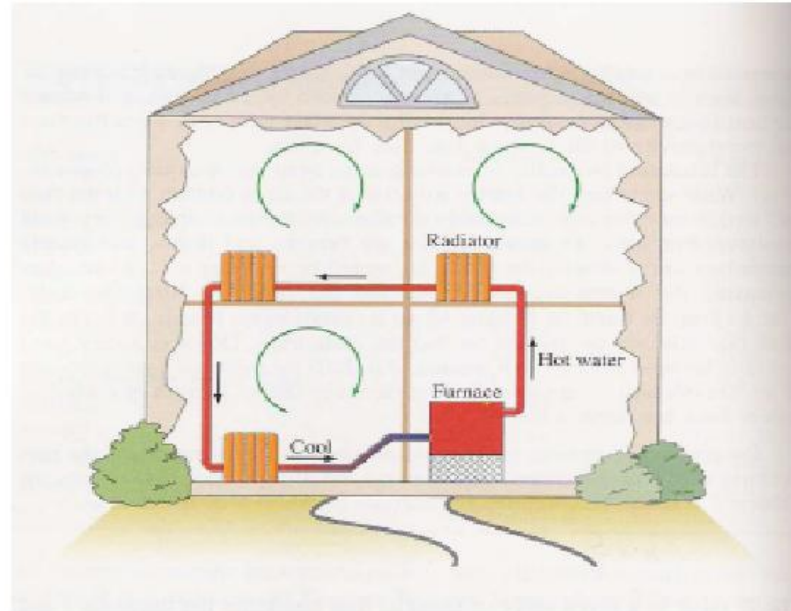
Εξαναγκασμένη Μεταφορά

- Ο βασικότερος μηχανισμός διατήρησης της σταθερής θερμοκρασίας στα περισσότερα ομοιόθερμα ζώα είναι η εξαναγκασμένη ροή αίματος. Τον ρόλο της αντλίας τον παίζει στην περίπτωση αυτή η καρδιά.

Μεταφορά (2ος τρόπος διάδοσης θερμότητας)

- Η εύρεση μιας γενικής εξίσωσης για το θερμικό ρεύμα (H) στην περίπτωση αυτή δεν είναι δυνατή. Έτσι περιοριζόμαστε σε απλά προβλήματα και προσεγγιστικές εξισώσεις.

Η Περίπτωση ενός καυστήρα



Ο καυστήρας παρέχει
θερμότητα με ρυθμό

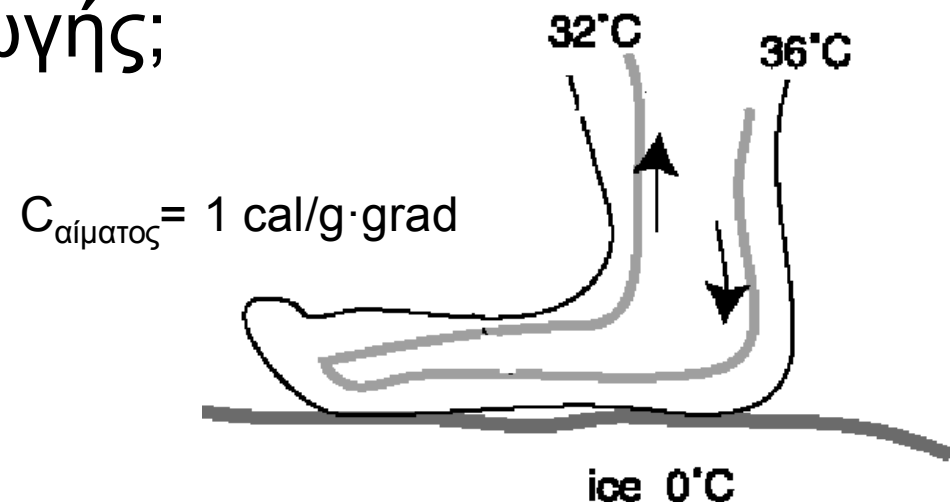
$$\frac{dQ}{dt} = C \cdot \frac{dm}{dt} \cdot (\theta_2 - \theta_1)$$

Είσοδος νερού σε
θερμοκρασία θ_1
με ρυθμό $J =$
 dm/dt (kg/s)

Έξοδος νερού σε
θερμοκρασία $\theta_2 > \theta_1$
με ρυθμό $J = dm/dt$
(kg/s)

Πρόβλημα 1

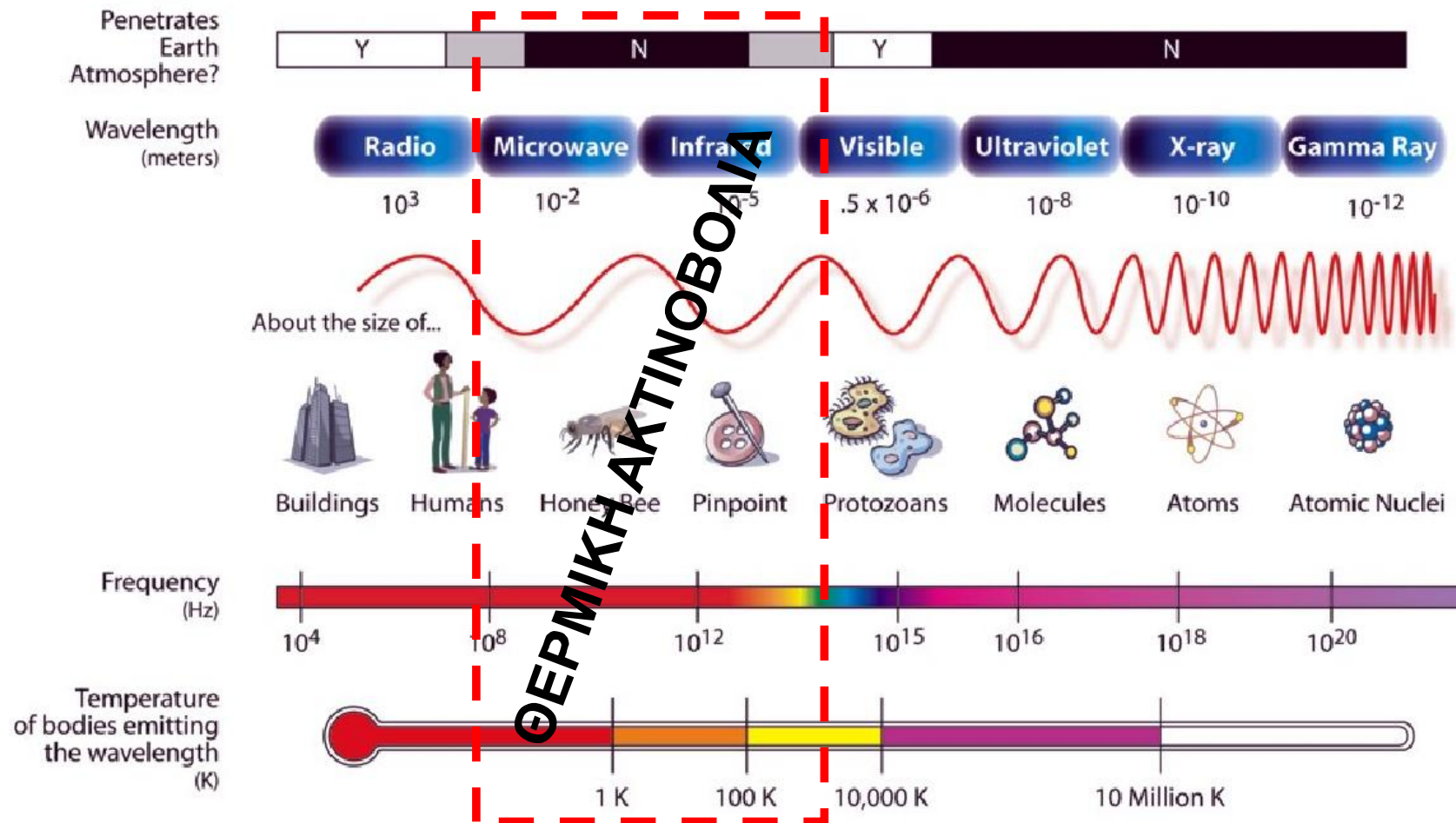
- Σε ένα προηγούμενο πρόβλημα ένας άνθρωπος έχανε θερμότητα, όταν ήταν ξυπόλυτος πάνω στον πάγο, με ισχύ 68 Watt. Τι σημαίνει αυτό; Έστω τώρα ότι το αίμα εισέρχεται στο πόδι με θερμοκρασία 36°C και εξέρχεται με 32°C . Με ποιο ρυθμό πρέπει να ρέει ώστε να αναπληρώνει τις απώλειες θερμότητας λόγω αγωγής;



Ακτινοβολία (3ος τρόπος διάδοσης θερμότητας)

- Είναι (η εκπομπή ενέργειας και) η μεταφορά θερμότητας που, σε αντίθεση με τους άλλους τρόπους, γίνεται και στο κενό (π.χ. ο τρόπος με τον οποίο η ηλιακή ενέργεια φθάνει στη Γη).
- Χρησιμοποιούμε τον όρο ακτινοβολία ως συνώνυμο των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που εκπέμπονται από ένα σώμα ΚΥΡΙΩΣ στην περιοχή του υπέρυθρου και των μικροκυμάτων.
- Ακτινοβολία εκπέμπουν ΟΛΑ τα σώματα.
- Όταν η ακτινοβολία προσπέσει σε ένα σώμα που δεν είναι διαφανές σε αυτή, τότε απορροφάται και θερμαίνει το σώμα.

THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM



Ρυθμός με τον οποίο εκπέμπεται ενέργεια από ένα σώμα που ακτινοβολεί

- Εξαρτάται από τη θερμοκρασία αλλά και το υλικό του σώματος σύμφωνα με τη σχέση:

$$H = \frac{dQ}{dt} = A \cdot \epsilon \cdot \sigma \cdot T^4$$

Θερμικό Ρεύμα
(1 Watt =
1 Joule/s)

Επιφάνεια
εκπομπής
(1 m²)

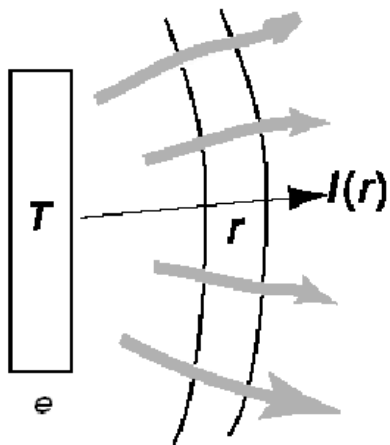
Συντελεστής
εκπομπής

Απόλυτη
θερμοκρασία
(1 Kelvin)
Νόμος Stefan-Boltzmann

Σταθερά Stefan-
Boltzmann
5,6705 10⁻⁸ W/m²·K⁴

Ένταση της Ακτινοβολίας

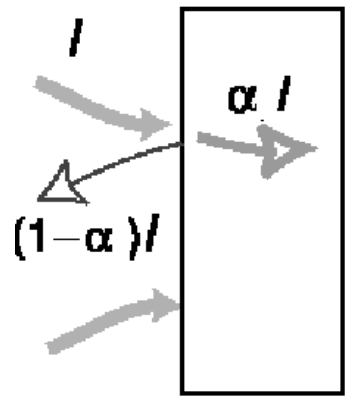
- Αν το θερμικό ρεύμα από ένα σώμα που ακτινοβολεί είναι H , τότε ορίζουμε ως ένταση ακτινοβολίας I σε απόσταση r από το σώμα την ισχύ που διέρχεται από τη μονάδα της επιφάνειας που είναι τοποθετημένη σε αυτή την απόσταση δηλ.:



$$I = \frac{H}{S} = \frac{1}{S} \cdot \frac{dQ}{dt}$$

Ακτινοβολία που απορροφά ένα σώμα

- Εκτός όμως από το να εκπέμπει, κάθε σώμα απορροφά ένα μέρος της ακτινοβολίας που προσπίπτει επάνω του. Αν λοιπόν στο σώμα προσπίπτει ακτινοβολία έντασης I , τότε η απορροφώμενη ισχύς είναι:


$$\frac{dQ_{\text{απορ.}}}{dt} = \alpha_r A_r I$$

Εμβαδόν επιφάνειας

Συντελεστής απορρόφησης

Ένταση προσπίπτουσας ακτινοβολίας

Το ισοζύγιο της ακτινοβολίας

- Κάθε σώμα εκπέμπει και απορροφά ακτινοβολία ταυτόχρονα οπότε το ισοζύγιο ακτινοβολίας είναι:

$$H_{ολικό} = H_{απορροφούμενο} - H_{εκπεμπόμενο} \Rightarrow$$

$$\frac{dQ_{ολική}}{dt} = \frac{dQ_{απορροφούμενη}}{dt} - \frac{dQ_{εκπεμπόμενη}}{dt} \Rightarrow$$

$$\boxed{\frac{dQ_{ολικό}}{dt} = \alpha \cdot A \cdot I - e \cdot A \cdot \sigma \cdot T^4}$$

εφόσον απορροφά και εκπέμπει ακτινοβολία από την ίδια επιφάνεια A .

- Ανάλογα τώρα με το πρόσημο του ρυθμού $dQ_{ολικό}/dt$ έχω εισροή θερμότητας από το περιβάλλον προς το σώμα (αν το αποτέλεσμα είναι θετικό) ή εκροή θερμότητας από το σώμα προς το περιβάλλον (αν το αποτέλεσμα είναι αρνητικό).
- Συνήθως, οι δύο αυτοί ρυθμοί είναι ίσοι με αποτέλεσμα η θερμοκρασία ενός σώματος να μην μεταβάλλεται (το σώμα ούτε να θερμαίνεται ούτε να ψύχεται).
- Επειδή στην προηγούμενη σχέση μπορεί να εμφανιστεί η διαφορά θερμοκρασιών, για το λόγο αυτό χαρακτηρίζουμε τον τρόπο αυτό μεταφοράς ενέργειας ως θερμότητα.

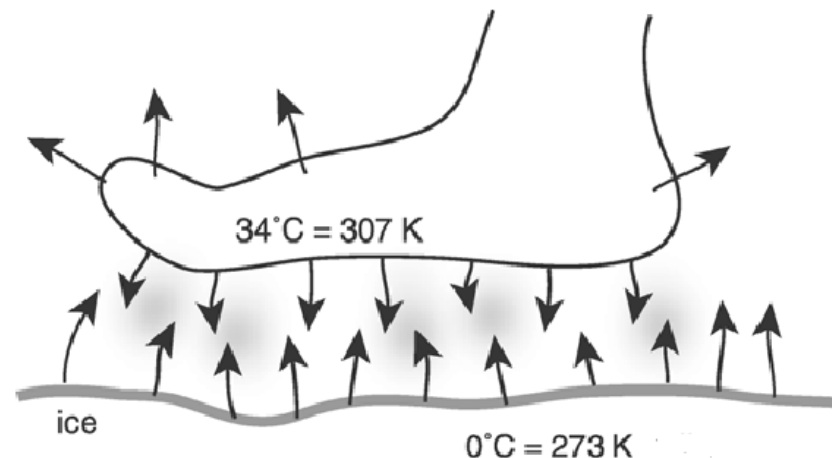
Οι συντελεστές εκπομπής (e) και απορρόφησης (a)

- Είναι χαρακτηριστικά του υλικού από το οποίο αποτελείται το σώμα.
- Δεν έχουν μονάδες.
- Κυμαίνονται από 0 έως 1.
- Είναι συνήθως ίσοι μεταξύ τους.
- Για τις σκούρες επιφάνειες έχουν μεγαλύτερες τιμές από ότι για τις ανοιχτόχρωμες.

- Η τιμή $e = \alpha = 1$ χαρακτηρίζει το λεγόμενο ΜΕΛΑΝ ΣΩΜΑ. Πρόκειται για ένα σώμα που απορροφά εύκολα και ακτινοβολεί επίσης εύκολα.
- Αντίθετα, τιμές των e και α κοντά στο μηδέν αντιστοιχούν σε σώματα που δεν εκπέμπουν εύκολα ακτινοβολία ούτε και απορροφούν (κάτοπτρα).

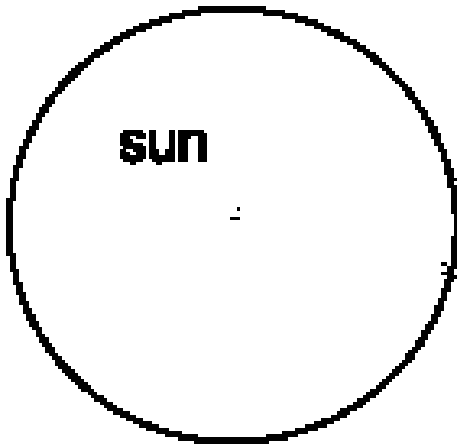
Πρόβλημα 2

- Έστω ότι το πόδι ενός ανθρώπου ($\theta = 34^\circ \text{ C}$) είναι ανασηκωμένο πάνω από μια παγωμένη επιφάνεια ($\theta = 0^\circ \text{ C}$). Υποθέστε ότι επιφάνεια είναι $0,02 \text{ m}^2$ ενώ οι συντελεστές εκπομπής είναι $e_{\text{πόδι}} = 0,3$ $e_{\text{πάγος}} = 0,1$. Υπολογίστε το ισοζύγιο ακτινοβολίας για την πατούσα.



Πρόβλημα 3

- Α) Ποια η τιμή του θερμικού ρεύματος που εκπέμπεται από τον Ήλιο.

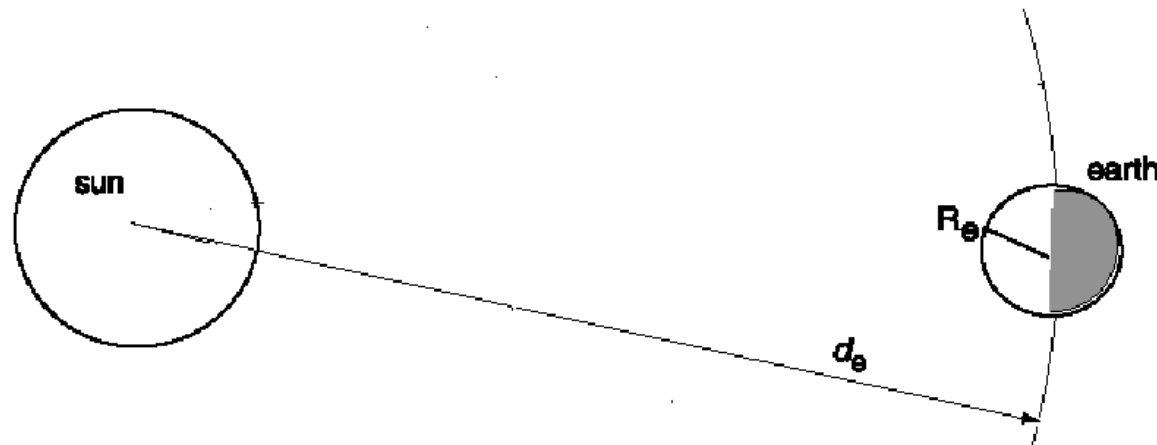


$$T=6000 \text{ K}$$

$$R=7 \cdot 10^8 \text{ m}$$

$$e = 1$$

- Β) Ποια η τιμή της έντασης της θερμικής ακτινοβολίας του Ήλιου σε απόσταση $d_{\Gamma\eta\varsigma} = 1,5 \cdot 10^{11} \text{ m}$ (που είναι η απόσταση της Γης από τον Ήλιο);



- Γ) Από ποια έκφραση δίνεται η ισχύς που απορροφά η Γη από τον Ήλιο;

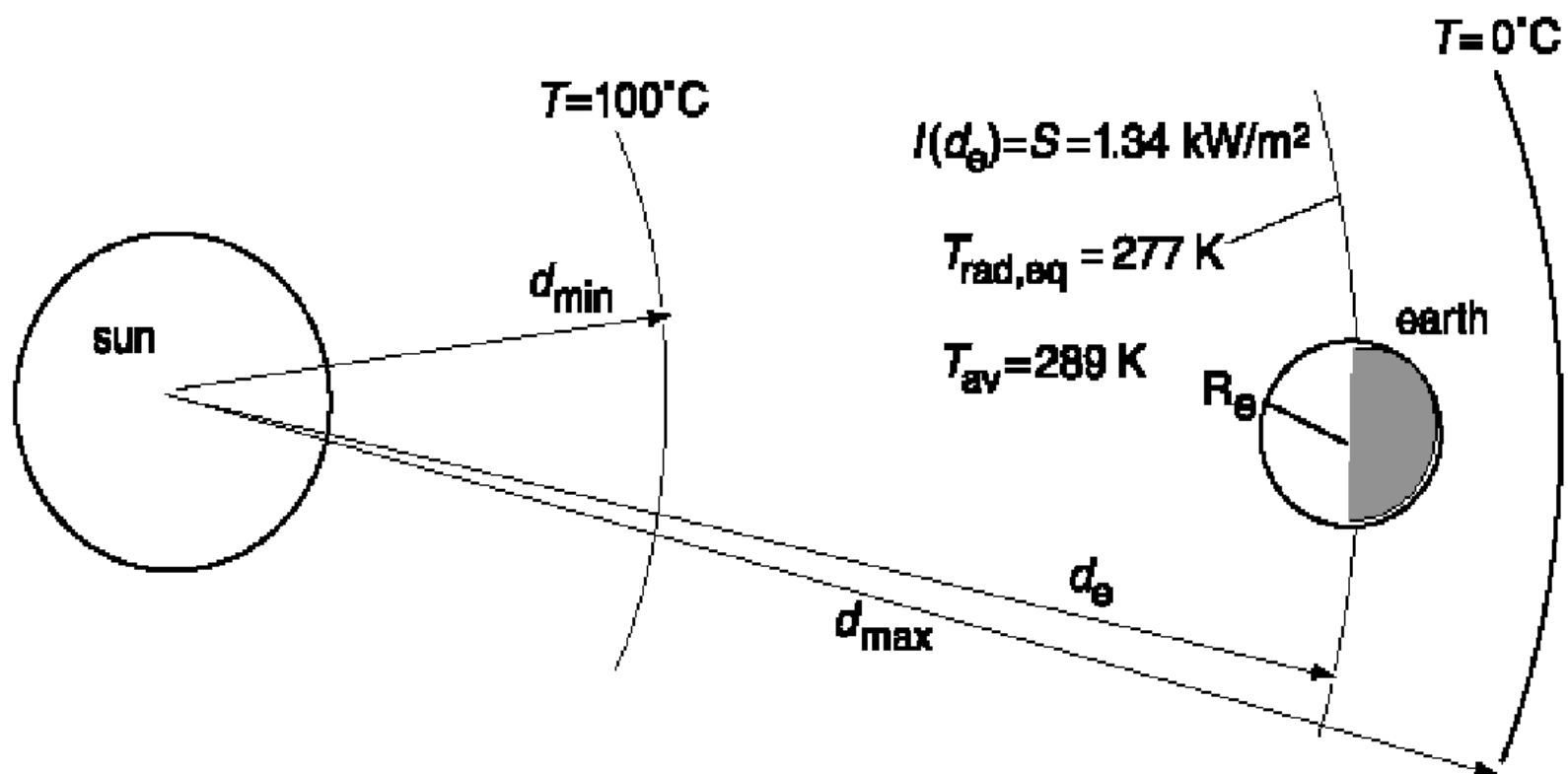
- Δ) Από ποια έκφραση δίνεται η ισχύς της ακτινοβολίας που εκπέμπει η Γη;
- Ε) Δεδομένου ότι η Γη βρίσκεται σε ισορροπία τι πρέπει να συμβαίνει με τη απορροφούμενη και την εκπεμπόμενη θερμική ισχύ;

Πρόβλημα 4

- Α) Ποια είναι η έκφραση για την εκπεμπόμενη ακτινοβολία από τον Ήλιο (θερμικό ρεύμα);
- Β) Ποια είναι η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας σε απόσταση d από τον Ήλιο;
- Γ) Ένας πλανήτης που βρίσκεται σε αυτή την απόσταση πόση ισχύ ακτινοβολίας απορροφά;
- Δ) Ο ίδιος πλανήτης δεδομένου ότι βρίσκεται σε μια θερμοκρασία πόση ισχύ ακτινοβολίας εκπέμπει;

- Ε) Δεδομένου ότι ο πλανήτης βρίσκεται σε ισορροπία τι πρέπει να συμβαίνει με τη απορροφούμενη και την εκπεμπόμενη θερμική ισχύ;
- ΣΤ) Χρησιμοποιήστε την προηγούμενη συνθήκη ώστε να παράγετε μια έκφραση για την απόσταση του πλανήτη από τον Ήλιο.

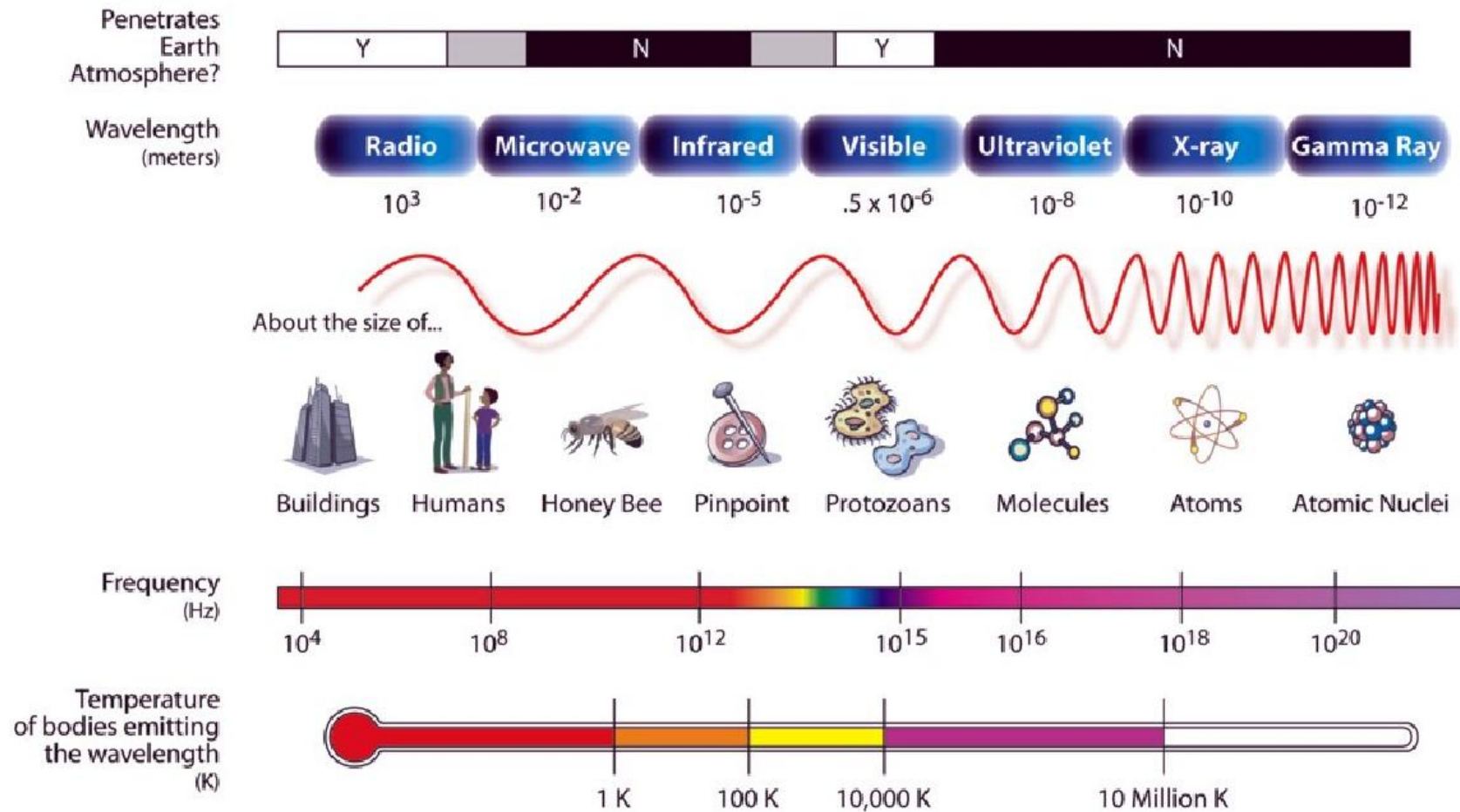
- Ζ) Ενδιαφερόμαστε τώρα να προσδιορίσουμε την ζώνη γύρω από τον Ήλιο όπου μπορεί να υπάρξει ζωή. Κριτήριο θα αποτελέσει το αν η θερμοκρασία είναι τέτοια ώστε να υπάρχει νερό σε υγρή μορφή. Άρα η θερμοκρασία του πλανήτη πρέπει να κυμαίνεται από 270 K (νερό σε στερεή μορφή) μέχρι 370 K (νερό σε αέριο μορφή). Υπολογίστε αυτή τη βιώσιμη ζώνη γύρω από τον Ήλιο.



Το φάσμα της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας

- Έχουμε ήδη αναφέρει ότι με τον όρο ακτινοβολία εννοούμε την εκπομπή ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων σε μήκη κύματος μεγαλύτερα του ορατού.
- Ο νόμος των Stefan-Boltzmann μας παρέχει τη ΣΥΝΟΛΙΚΗ ισχύ (άρα και τη συνολική ενέργεια) που εκπέμπει το σώμα σε ΟΛΑ τα μήκη κύματος.

THE ELECTROMAGNETIC SPECTRUM

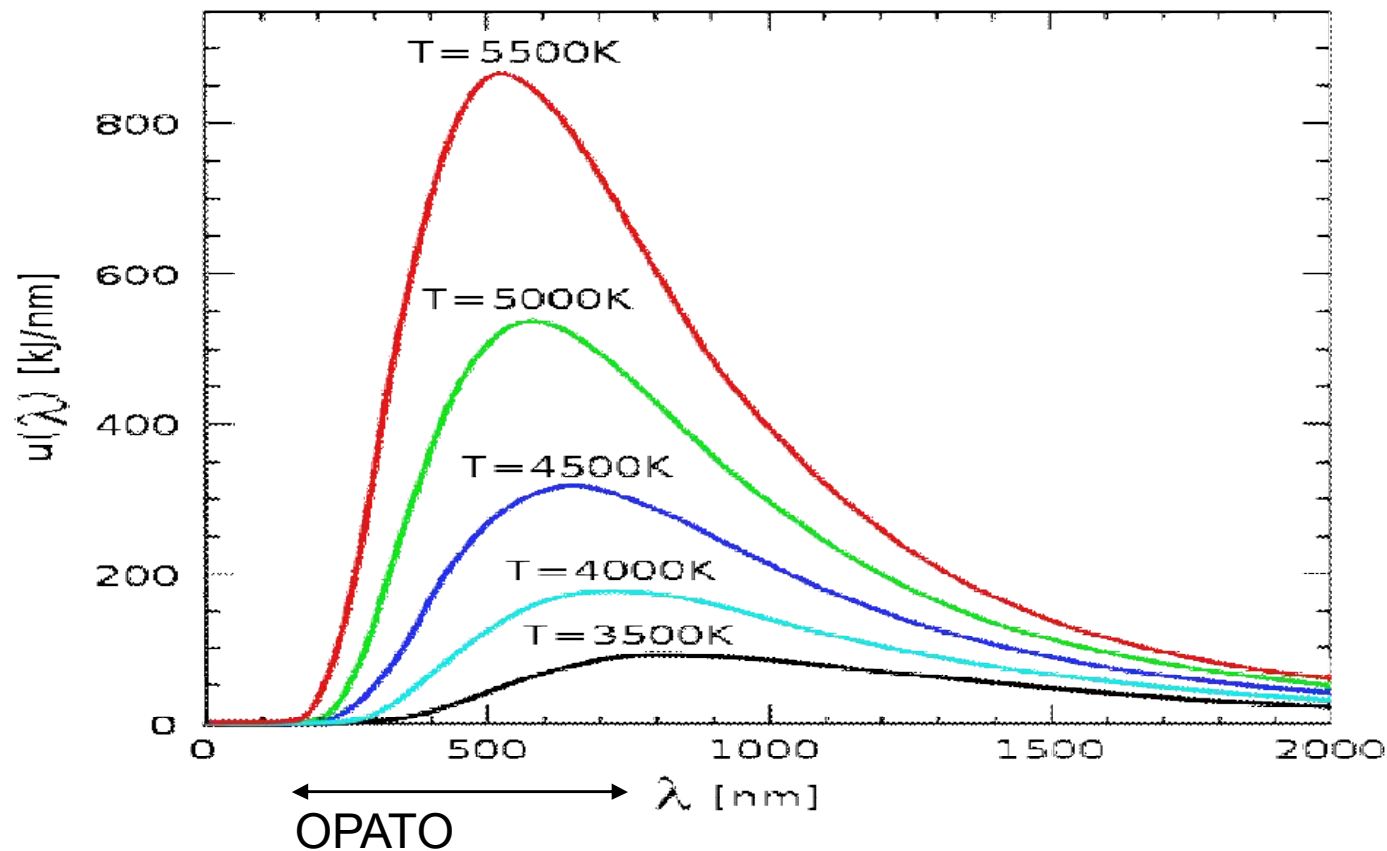


- Κάθε σώμα όμως δεν εκπέμπει την ίδια ισχύ σε όλα τα μήκη κύματος. Η ένταση της ακτινοβολίας που εκπέμπει ένα μέλαν σώμα σε ένα απειροστό παράθυρο του φάσματος με εύρος $d\lambda$ δίνεται από την εξίσωση:

$$I_{\lambda} = \frac{dI_{\lambda}}{d\lambda} = \frac{8 \cdot \pi \cdot h \cdot c}{\lambda^5} \cdot \frac{1}{e^{h \cdot c / \lambda \cdot k \cdot T} - 1}$$

όπου: h = σταθερά του Planck, c = ταχύτητα του φωτός, k = σταθερά Boltzmann, λ = μήκος κύματος, T = απόλυτη θερμοκρασία.

- Αντί της προηγούμενης εξίσωσης εμείς θα χρησιμοποιούμε τη γραφική της παράσταση που φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα για διάφορες τιμές θερμοκρασίας.



Μερικές Παρατηρήσεις

1) Προκειμένου να υπολογίσουμε τη συνολική ενέργεια που εκπέμπεται σε όλα τα μήκη κύματος πρέπει να υπολογίσουμε το εμβαδόν της καμπύλης.

$$\int_0^{\infty} I_{\lambda} \cdot d\lambda = I = \frac{dQ}{dA \cdot dt} = \sigma \cdot T^4$$

Νόμος Stefan-Boltzmann

2) Καθώς αυξάνει η θερμοκρασία η καμπύλη μετατοπίζεται σε μικρότερα μήκη κύματος. Μπορούμε να παρακολουθούμε αυτή τη μετατόπιση βρίσκοντας την τιμή του μήκους κύματος λ_{max} στο οποίο αντιστοιχεί η μέγιστη τιμή της έντασης I_λ . Η τιμή αυτή προκύπτει από τη σχέση:

$$\lambda_{max} \cdot T = \text{σταθερά} = 2,88 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$$

Νόμος Μετατόπισης
του Wien

3) Καθώς αυξάνει η θερμοκρασία το ύψος της καμπύλης αυξάνεται.

Πρόβλημα 5

- Να σχεδιάσετε τις καμπύλες της έντασης της ακτινοβολίας στα διάφορα μήκη κύματος ως συνάρτηση του μήκους κύματος για τον ήλιο και ένα λαμπτήρα πυράκτωσης αν $T_{\text{Ηλίου}} = 4 \cdot T_{\text{Λαμπτήρα}}$.

Σύγκριση των μηχανισμών μεταφοράς θερμότητας

Τρόπος διάδοσης	Μηχανισμός	Μεταφορά μάζας?	Μέσα διάδοσης
Αγωγή (Conduction)	Θερμική κίνηση μορίων, διάδοση κιν. ενέργειας (θερμικό κύμα) η/και ελεύθερα e (μέταλλα)	ΟΧΙ	Στερεά , υγρά αέρια
Μεταφορά (Convection)	Μεταφορά θερμών μαζών λόγω διαφοράς πυκνότητας (φυσική μεταφορά), ή με εξωτερικό αίτιο (εξαναγκασμένη μεταφορά)	ΝΑΙ	Ρευστά (υγρά, αέρια)
Ακτινοβολία (Radiation)	Η/Μ ακτινοβολία, κυρίως στην περιοχή του υπέρυθρου (θερμική ακτινοβολία)	ΟΧΙ	Στερεά, υγρά αέρια ΚΕΝΟ

Άσκηση

- Σε έναν ενήλικα μάζας 80 kg, που ηρεμεί χωρίς να εκτελεί καμία εργασία, ο οργανισμός μπορεί να παράγει περίπου 380.000 J/h. Υπολογίστε την αύξηση θερμοκρασίας στην περίπτωση που δεν είχαμε ΚΑΜΙΑ απώλεια θερμότητας προς το περιβάλλον θεωρώντας την ειδική θερμότητα για το ανθρώπινο σώμα ίση με την ειδική θερμότητα του νερού δηλ. 4.200 J/kg·°C.

Τι γίνεται με τον άνθρωπο;

- Στην περίπτωση του ανθρώπου «συνεργάζονται» και οι τρεις τρόποι:
 - 1) Επειδή το ανθρώπινο σώμα δεν έχει πολύ καλή θερμική αγωγιμότητα, η θερμική ενέργεια φθάνει με την βοήθεια του αίματος (μεταφορά με ρεύματα) στην επιφάνεια του δέρματος.
 - 2) Στη συνέχεια με το μηχανισμό της αγωγής η θερμότητα «διασχίζει» το λεπτό στρώμα του δέρματος.
 - 3) Από εκεί με εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας, ρεύματα αέρα μεταφέρεται στο περιβάλλον.

Τι γίνεται με τον άνθρωπο;

- Η όλη διαδικασία υποβοηθείται από μια σειρά μηχανισμών όπως εντονότερη ροή αίματος προς την επιφάνεια του δέρματος (σε αυτή ωφείλεται το κοκκίνισμα ότων αθλούμαστε) παραγωγή ιδρώτα (ψύξη του δέρματος με εξάτμιση) κ.ο.κ.
- Αλλά γίνεται και το αντίστροφο. Τις κρύες ημέρες για παράδειγμα έχουμε περιορισμένη ροή αίματος προς τα άκρα (για να μειωθούν οι θερμικές απώλειες)