

Μια γρήγορη επανάληψη...

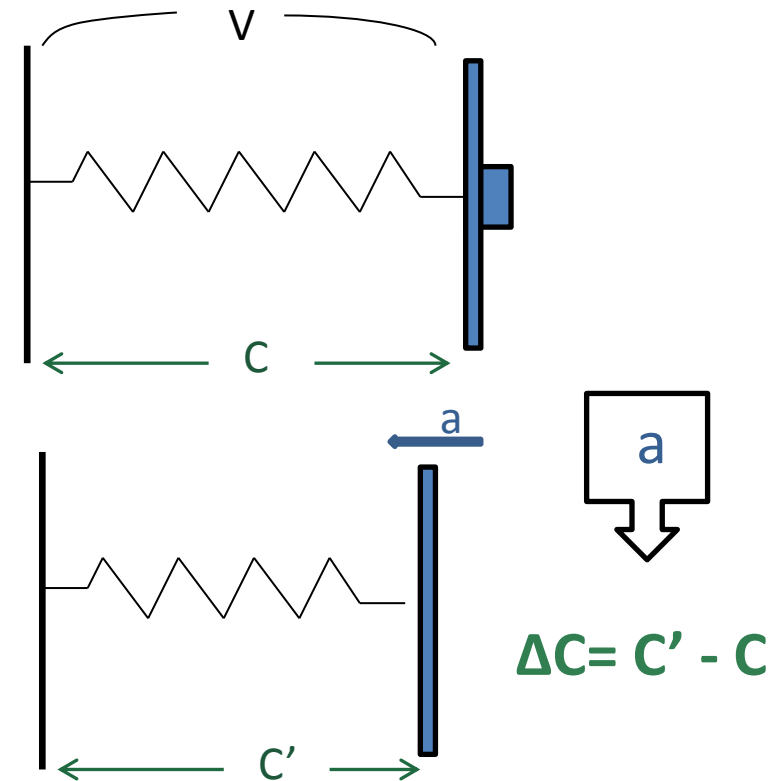
Αρχή λειτουργίας

Η φυσική αρχή στην οποία βασίζεται η λειτουργία του αισθητήρα. (Ειδικότερα, το φυσικό μέγεθος στο οποίο βασίζεται ο μετατροπέας του αισθητήρα.)

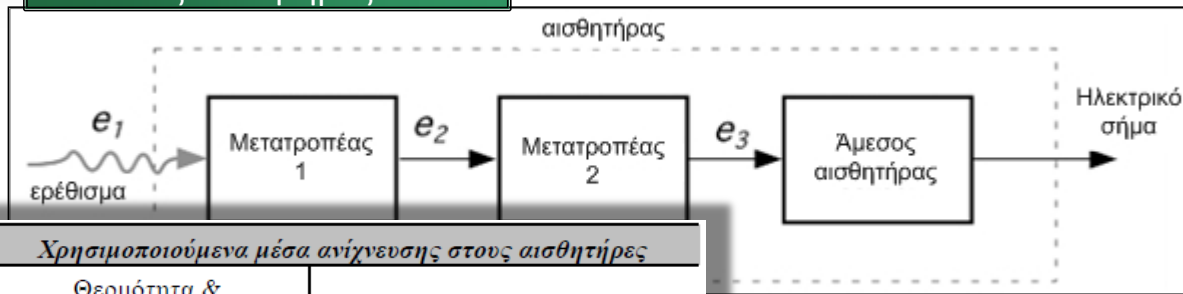


- Κοινά γενικά χαρακτηριστικά της κάθε κατηγορίας.
- Συγκεκριμένα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

π.χ.



Σύνθετος αισθητήρας



Χρησιμοποιούμενα μέσα αντίληψης στους αισθητήρες

Θερμότητα & Θερμοκρασία
 Ηλεκτρικά
 Μηχανική μετατόπιση
 Ραδιενέργεια
 Άλλα

Χημικά
 Μαγνητικά & ηλεκτρομαγνητικά κύματα
 Μηχανικό κύμα
 Ακτινοβολία (διάφορες μορφές)
 Βιολογικά

Φαινόμενα μετατροπής

Φυσικοί αισθητήρες

Θερμοηλεκτρικό
 Φωτοηλεκτρικό
 Μαγνητοηλεκτρικό
 Ηλεκτρομαγνητικό
 Θερμοελαστικό
 Ηλεκτροελαστικό
 Θερμομαγνητικό
 Θερμοοπτικό
 Πιεζοηλεκτρικό
 Άλλα

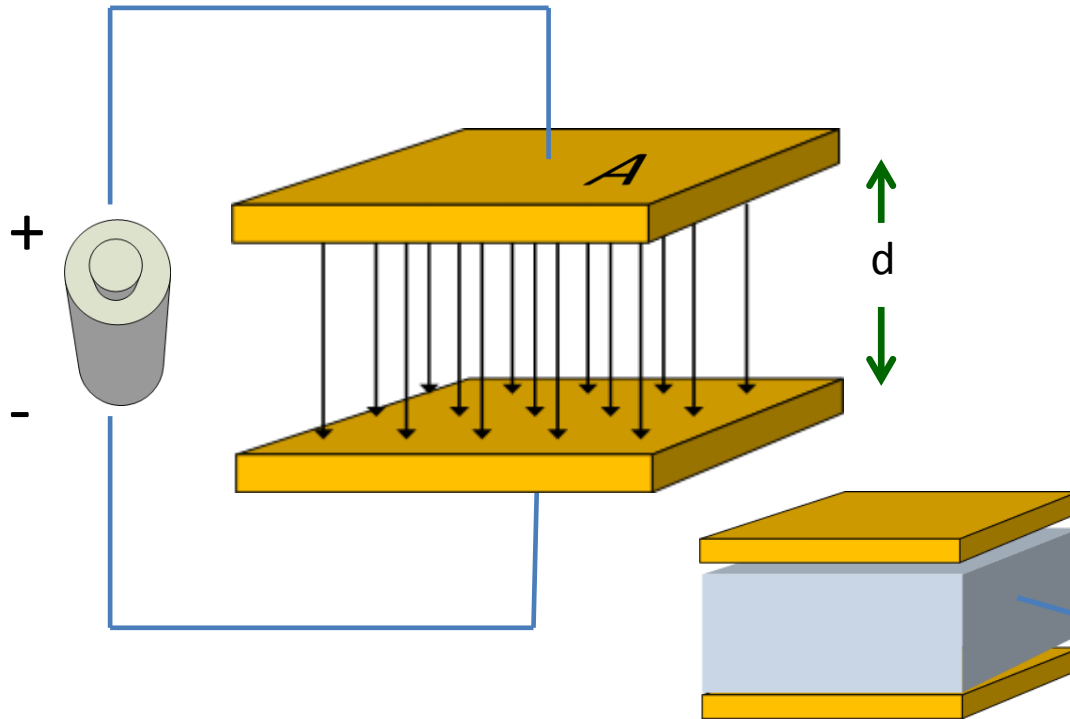
Χημικοί αισθητήρες

Χημικός μετασχηματισμός
 Φυσικός μετασχηματισμός
 Ηλεκτροχημική διαδικασία
 Φασματοσκοπία
 Άλλα
Βιολογικοί αισθητήρες
 Βιοχημικός μετασχηματισμός
 Επίδραση σε οργανισμούς
 Φασματοσκοπία
 Άλλα

Θα εξειδικεύσουμε στην αναλυτική μελέτη των παρακάτω φαινομένων:

- Χωρητικότητα
- Μεταφορά Θερμότητας
- Φαινόμενο Seebeck

Πυκνωτές: Συσσκευές αποθήκευσης ενέργειας

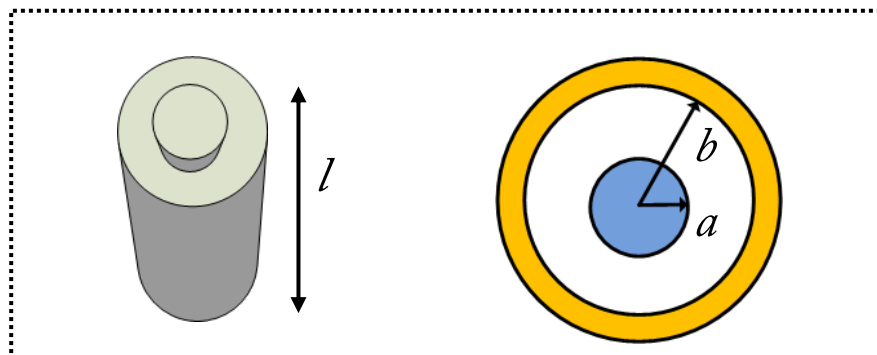


$$C = \frac{Q}{V}$$

$$W = \frac{1}{2} CV^2 = \frac{1}{2} QV$$

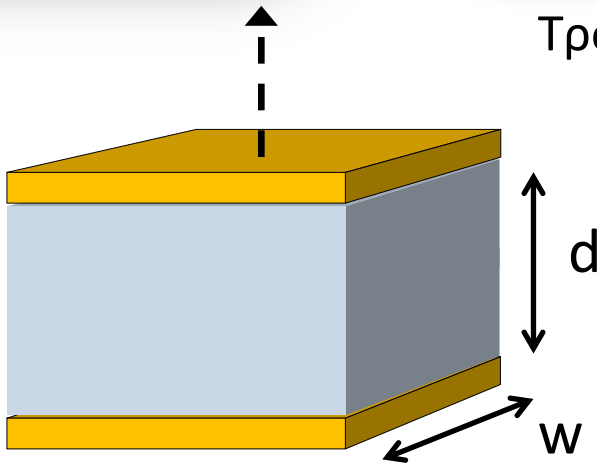
$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$

Διηλεκτρικό
Για τον αέρα/κενό
 $\epsilon=1$

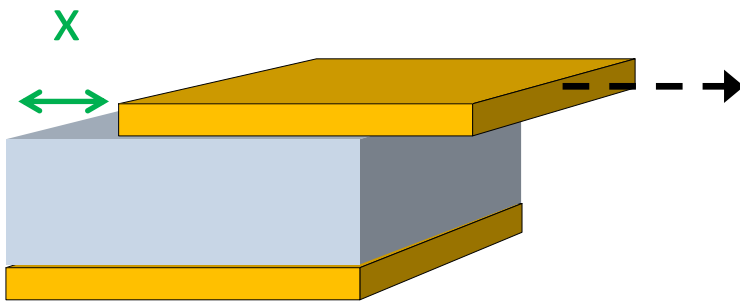


$$C = \frac{2\pi\epsilon l}{\ln(b/a)}$$

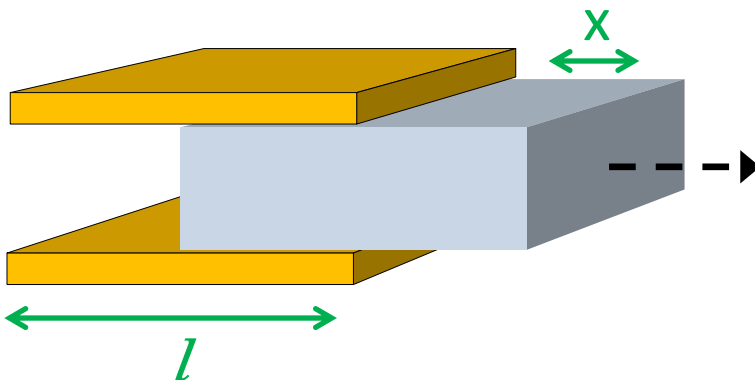
Τρόποι μεταβολής χωρητικότητας



$$C = \frac{\epsilon A}{d}$$



$$C = \frac{\epsilon(A - wx)}{d}$$



$$C = \frac{\epsilon_1 wx}{d} + \frac{\epsilon_2 (l - x)w}{d} = \frac{w[\epsilon_2 l - (\epsilon_2 - \epsilon_1)x]}{d}$$

Χαρακτηριστικά πυκνωτών στη μικροκλίμακα:

- ❑ Τυπικές τιμές χωρητικότητας (100fF – 100pF)
- ❑ Η συχνότητα της τάσης μέτρησης τουλάχιστον μία τάξη μεγέθους μεγαλύτερη της συχνότητας συντονισμού
- ❑ Χαρακτηριστικά χωρητικών αισθητήρων



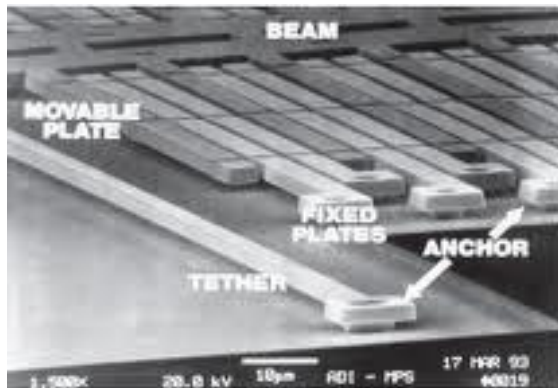
- Μικρή κατανάλωση ισχύος
- Αυξημένη ακρίβεια
- Μικρός χρόνος απόκρισης
- Χαμηλή θερμοκρασιακή εξάρτηση



- Υψηλές απαιτήσεις σε ηλεκτρονικά
- Παρουσία παρασιτικών

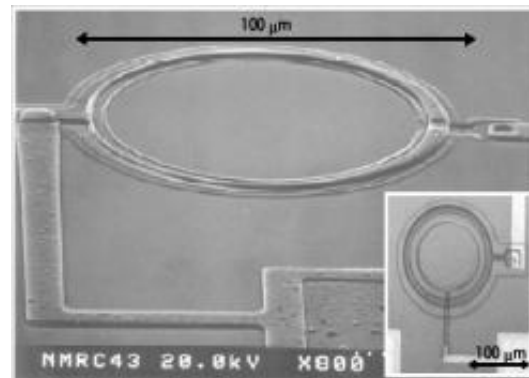
$$1\text{nF} = 10^{-9} \text{ F}$$
$$1\text{pF} = 10^{-12} \text{ F}$$
$$1\text{fF} = 10^{-15} \text{ F}$$

Αισθητήρας Επιτάχυνσης



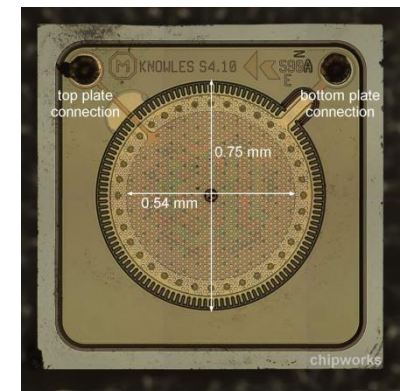
Analog Devices

Αισθητήρας Πίεσης



Tyndall National Institute

Μικρόφωνο



Knowles S4.10 microphone die
του iPhone 4.

Θερμοκρασία: Το μέτρο της ενέργειας που συνδέεται με τις κινήσεις των μορίων

$$E = k_B T$$

Θερμότητα: η ενέργεια που διασχίζει το σύνορο ενός συστήματος, όταν η μεταφορά αυτή της ενέργειας οφείλεται στη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ του συστήματος και του περιβάλλοντος

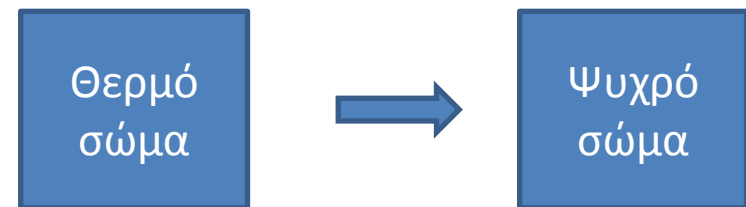
Μηχανισμοί διάδοσης θερμότητας:

1. Αγωγή
2. Διαγωγή
3. Ακτινοβολία



http://en.wikipedia.org/wiki/File:Thermally_Agitated_Molecule.gif

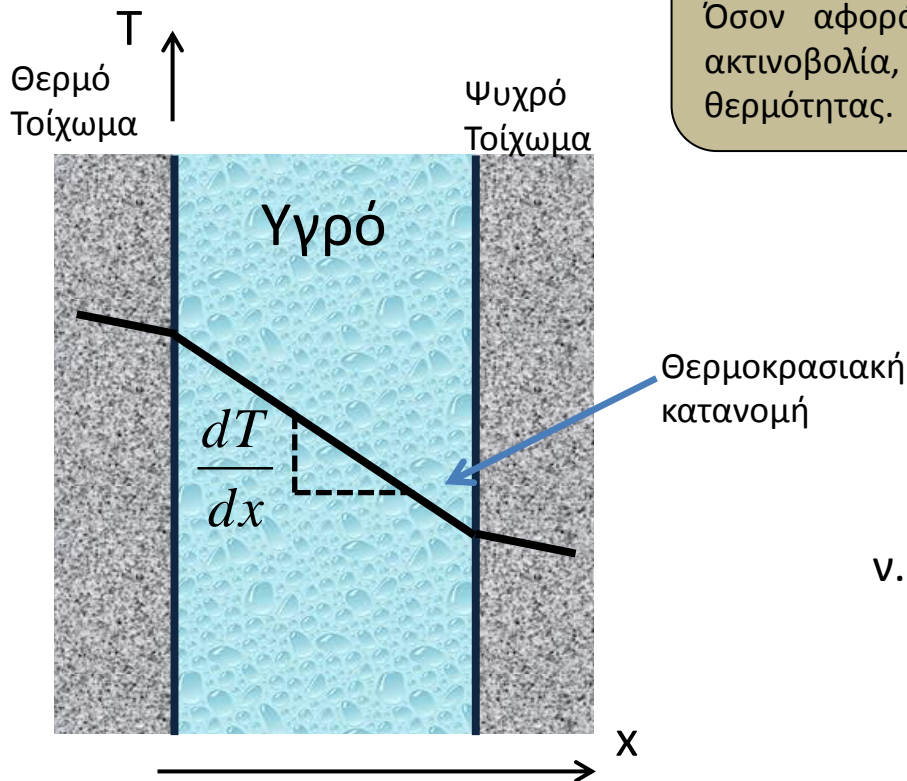
2^{ος} v. Θερμοδυναμικής:



Ροή θερμότητας q

Αγωγή (conduction): Διάδοση θερμότητας μέσω της επαφής σωμάτων.
Μικροσκοπικό φαινόμενο

Η διαδικασία μεταφοράς ενέργειας μεταξύ γειτονικών μορίων μέσα σε μια ουσία λόγω της ύπαρξης θερμοκρασιακής βαθμίδας. Όσον αφορά τις περιπτώσεις στερεών που δεν εκπέμπουν ακτινοβολία, η αγωγή είναι ο μόνος μηχανισμός μεταφοράς της θερμότητας.



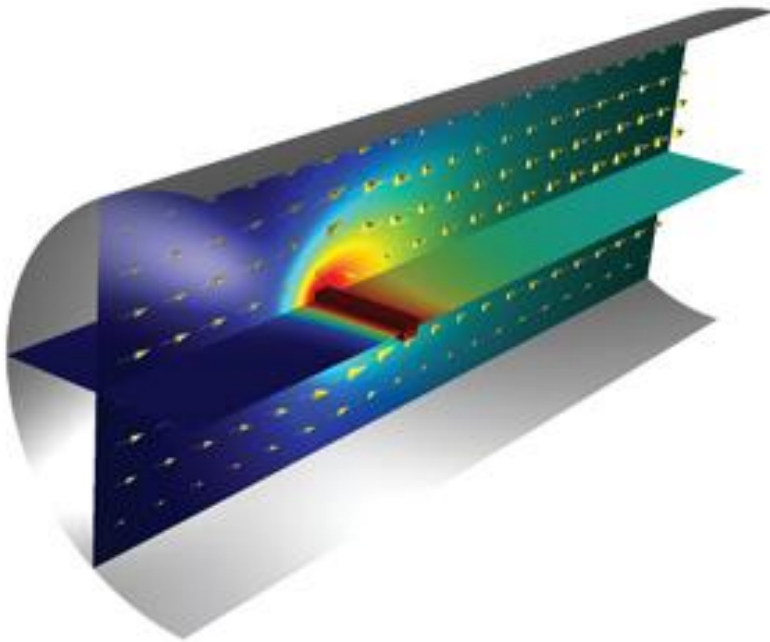
Θερμοκρασιακή Βαθμίδα:

$$T = T(\mathbf{x}, t)$$

v. Fourier: $\mathbf{q} = -k\nabla T$

- Θερμική Αγωγιμότητα $k = k(p, T)$
- Αρνητικό πρόσημο

Διαγωγή (convection): Διάδοση θερμότητας μέσω της κίνησης του ρευστού.
Μακροσκοπικό φαινόμενο



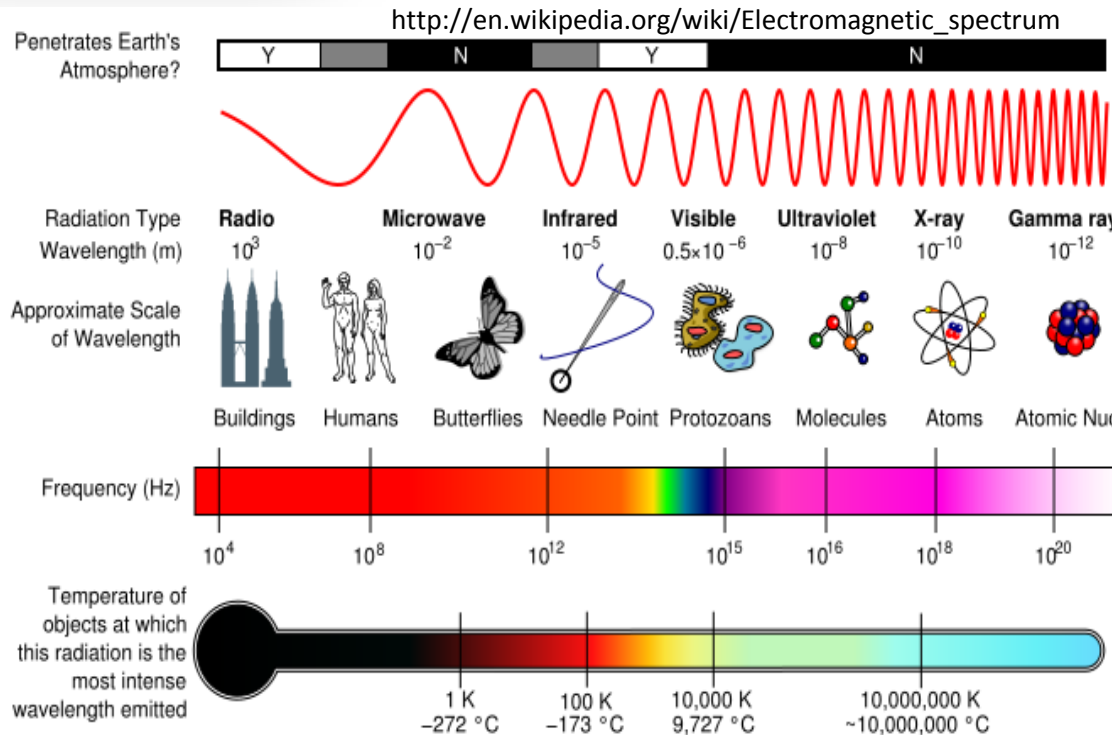
Εικόνα από Comsol

Όταν ένα ρευστό βρίσκεται σε κίνηση (ροή) τότε η θερμική ενέργεια δεν μεταφέρεται μόνο μέσω της αγωγής μεταξύ γειτονικών μορίων, αλλά και μέσω της μακροσκοπικής κίνησης του ίδιου του ρευστού. Ο συγκεκριμένος μηχανισμός μεταφοράς θερμότητας ονομάζεται **διαγωγή** και ουσιαστικά αποτελεί την υπέρθεση της μεταφοράς ενέργειας μέσω αγωγής και της ενέργειας που μεταφέρεται χωρικά από το κινούμενο ρευστό.

Η ροή αυτή της θερμότητας στην διεπιφάνεια εξαρτάται τόσο από το πεδίο θερμοκρασίας όσο και από το πεδίο ταχυτήτων, ενώ ο ακριβής προσδιορισμός της τιμής της μπορεί να είναι εξαιρετικά σύνθετος. Η αναλογία μεταξύ της ροής θερμότητας q_w και της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ ρευστού T_F και τοιχώματος T_W εκφράζεται ως:

$$q_w = h(T_W - T_F)$$

h : διαγωγική σταθερά



$$\lambda_{\max} = \frac{b}{T}$$

$$P_{net} = K \cdot (\epsilon_{obj} T_{obj}^4 - \epsilon_{sens} T_a^4)$$

ϵ : σταθερά εκπομπής (emissivity)
 S : ευαισθησία (sensitivity - σταθερά αναλογίας)

T_{obj} / T_{sens} = η θερμοκρασία επιφάνειας σε °K του σώματος/αισθητήρα

Θερμική ακτινοβολία

- Όλες οι μορφές της ύλης εκπέμπουν και απορροφούν ενέργεια από το περιβάλλον τους μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (φωτονίων)
- Όταν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα προσκρούουν στην ύλη, μέρος της ενέργειάς τους απορροφάται οπότε και μετατρέπεται σε εσωτερική ενέργεια, ενώ το υπόλοιπο είτε ανακλάται είτε εκπέμπεται
- η θερμική ενέργεια μπορεί να διαδοθεί χωρίς την ύπαρξη ύλης

Όλες οι μορφές της ύλης εκπέμπουν και απορροφούν ενέργεια από το περιβάλλον τους μέσω ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (φωτονίων), με μια αντίστοιχη μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας σε μοριακό επίπεδο. Αυτό συμβαίνει επειδή η ύλη έχει θετική θερμοδυναμική θερμοκρασία. Η συγκεκριμένη μορφή διάχυσης ενέργειας ονομάζεται *θερμική ακτινοβολία*. Όταν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα προσκρούουν στην ύλη, μέρος της ενέργειάς τους απορροφάται οπότε και μετατρέπεται σε εσωτερική ενέργεια, ενώ το υπόλοιπο είτε ανακλάται είτε εκπέμπεται

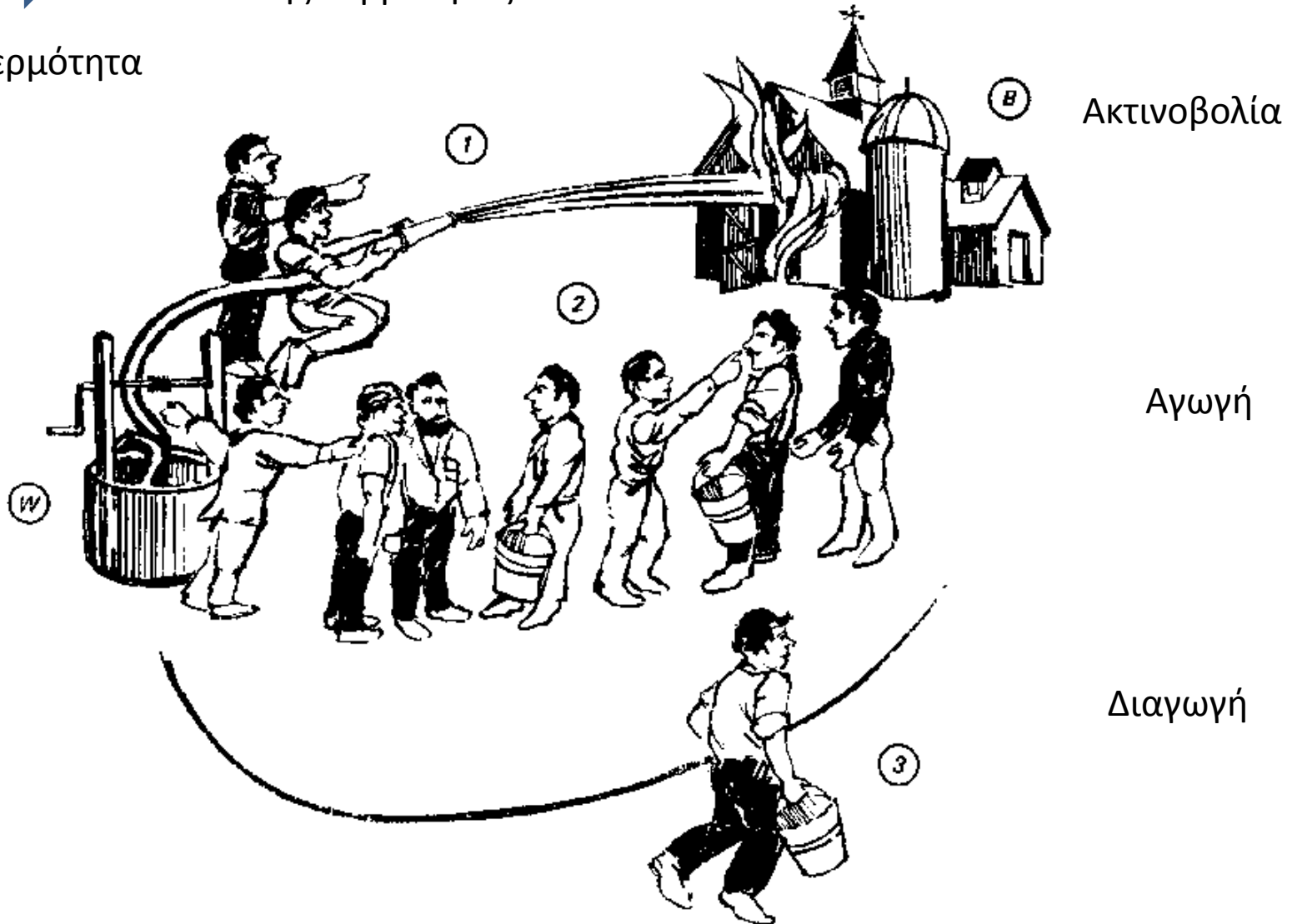
Ο μηχανισμός *διάδοσης θερμότητας μέσω ακτινοβολίας (radiative heat transfer)* είναι η μοναδική περίπτωση όπου η θερμική ενέργεια μπορεί να διαδοθεί χωρίς την ύπαρξη ύλης, μια και τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα μπορούν να ταξιδέψουν στο κενό. Αυτό επιτρέπει στην θερμότητα να μεταδοθεί σε μεγάλες αποστάσεις και καθιστά δυνατή την ανίχνευση της θερμοκρασίας ενός σώματος χωρίς αυτό να είναι σε επαφή με κάποια μετρητική διάταξη.

Διάδοση Θερμότητας- Συγκεντρωτικά

Από "A heat transfer textbook, J.H Lienhard IV & V"

Άνθρωποι → Μέσο διάδοσης θερμότητας

Νερό → Θερμότητα



Resistance Temperature Detectors (RTDs)

Για μεταλλικούς αντιστάτες ($0 < T < 650^{\circ}\text{C}$)

$$\rho(T) \approx \rho_o (1 + \alpha_T T + \beta_T T^2)$$

Callendar-Van Dusen

$$\alpha_T = \frac{1}{\rho_o} \cdot \frac{d\rho}{dT}$$

γραμμικός θερμικός συντελεστής της αντίστασης
(*linear thermal coefficient of resistance*– TCR)

Π.χ. για **bulk Pt**

$$\alpha_T = 3.9 \times 10^{-3} /^{\circ}\text{C}$$

$$\beta_T = -5.9 \times 10^{-7} /^{\circ}\text{C}^2$$

$$R(T) \approx R_o [1 + \alpha_T (T - T_o)]$$

✓ Πρακτικά γραμμική συμπεριφορά

Μικροκλίμακα: Για **thin film Pt** (300nm) $\alpha_T = 2.4 \times 10^{-3} /^{\circ}\text{C}$

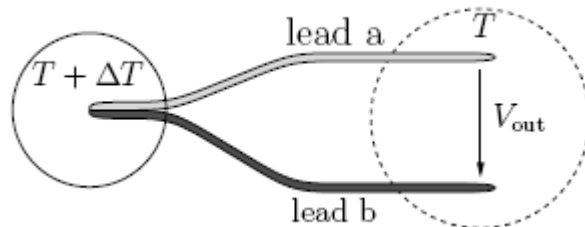
Φαινόμενο Seebeck

Η θερμοκρασιακή διαφορά ΔT μεταξύ των ενωμένων και των ανοικτών ακρων δύο αγωγών ενός θερμοζεύγους οδηγεί στην εμφάνιση διαφοράς δυναμικού V_{out} .

$$V_{out} = N a_t \Delta T$$

a_t : συντελεστής Seebeck

Θερμοζεύγος



Θερμοστοιχεία

