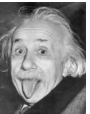


# Ενέργεια, Θερμότητα, Έργο και Ισχύς του Σώματος



1. Θερμοκρασία
2. Αλλαγές Φάσης Υλικού (τήξη, εξαέρωση)
3. Διάδοση και Μεταβίβαση Θερμότητας στην ύλη

1. Το σώμα ως Θερμική μηχανή
2. Βασικός Καταβολισμός
3. Έργο και Ισχύς

1. Διάδοση και Μεταβίβαση Θερμότητας στην Βιολογία
2. Απώλεια Θερμότητας από το σώμα

1. Θερμογραφία
2. Άλλες Εφαρμογές



# ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ



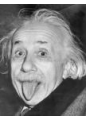
# Θερμοκρασία

Ο άνθρωπος είχε εμπειρικά την έννοια του **θερμού** και του **ψυχρού** πολύ πριν μετρήσει τη θερμοκρασία και ακόμη περισσότερο πριν επινοήσει την κινητική θεωρία των ιδανικών αερίων.

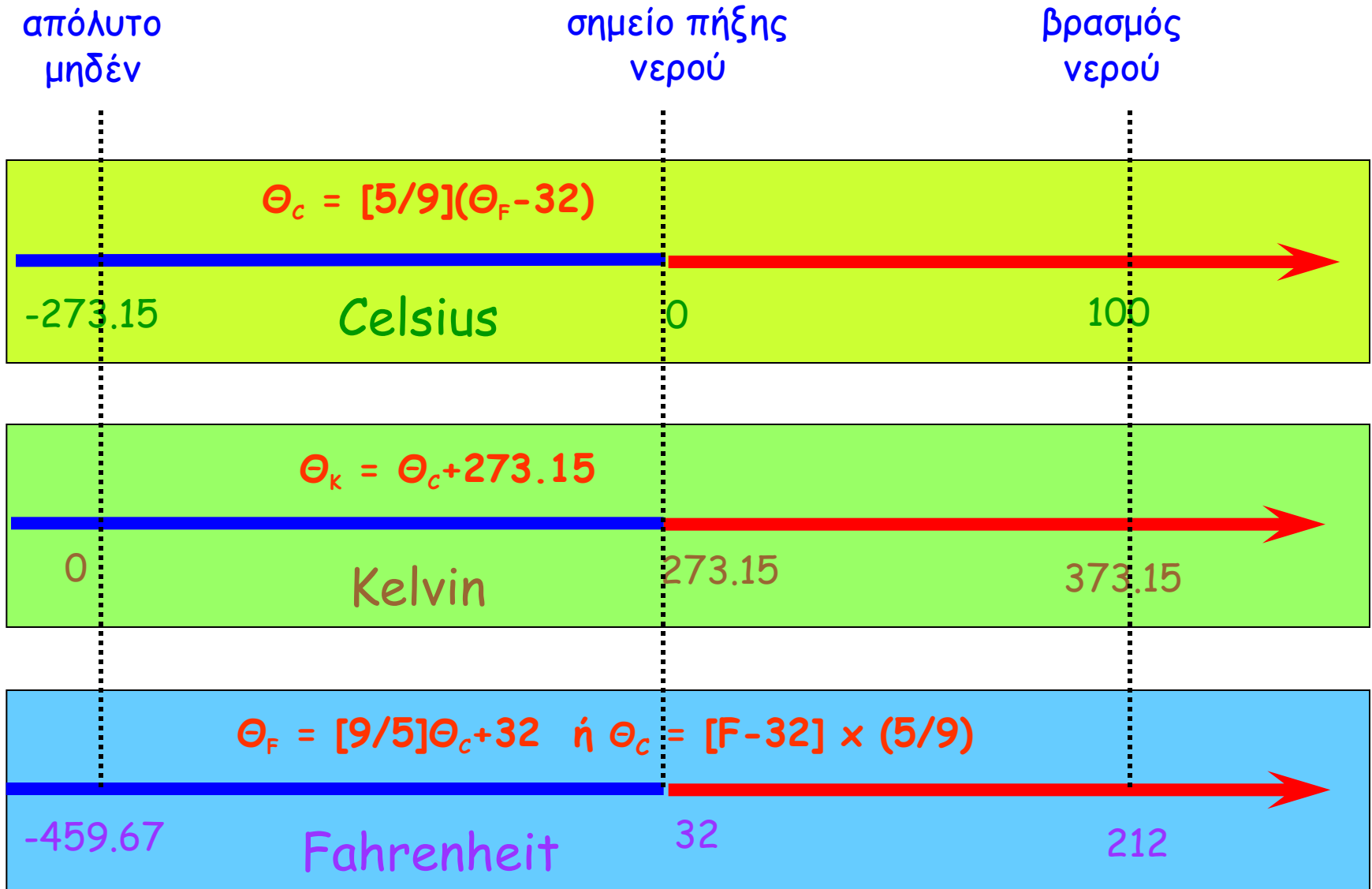
**Η έννοια της θερμοκρασίας ήταν μία έννοια υποκειμενική**

Οι πρώτες μετρήσεις γίνονται στον 17<sup>ο</sup> αιώνα και μόνο τον 18<sup>ο</sup> ο **Fahrenheit** προτείνει τον ορισμό μιας θερμομετρικής κλίμακας με τη βοήθεια δύο σταθερών θερμοκρασιών αναφοράς που μπορούμε εύκολα να δημιουργήσουμε.

Λίγα χρόνια αργότερα, ο **Celsius** πρότεινε την εκατονταβάθμια κλίμακα, καθορίζοντας σαν θερμοκρασίες αναφοράς αυτές της τήξης του πάγου και του βρασμού του νερού υπό ατμοσφαιρική πίεση και αντιστοιχώντας τις στους 0<sup>ο</sup> και στους 100<sup>ο</sup>C, αντίστοιχα



## Κλίμακες Θερμοκρασίας



Η κλίμακα του Κελσίου **δεν αποτελεί** μία αντικειμενική μέθοδο μέτρησης της θερμοκρασίας.

## Μέτρηση

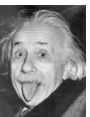
είναι η σύγκριση του μετρούμενου μεγέθους με ένα άλλο **ομοειδές** μέγεθος που λαμβάνεται σαν μονάδα μέτρησης.

**Αυτό δεν συμβαίνει με την κλίμακα Κελσίου:** μια θερμοκρασία π.χ.  $80^{\circ}\text{C}$  δεν έχει το νόημα ότι είναι διπλάσια των  $40^{\circ}\text{C}$ .

Η κλίμακα αυτή δεν είναι παρά μία **αναφορά** που επιτρέπει να πούμε αν δύο θερμοκρασίες είναι ίδιες ή πόσους βαθμούς διαφέρουν μεταξύ τους αλλά **όχι με τη σχέση αναλογίας που έχει η μία με την άλλη.**

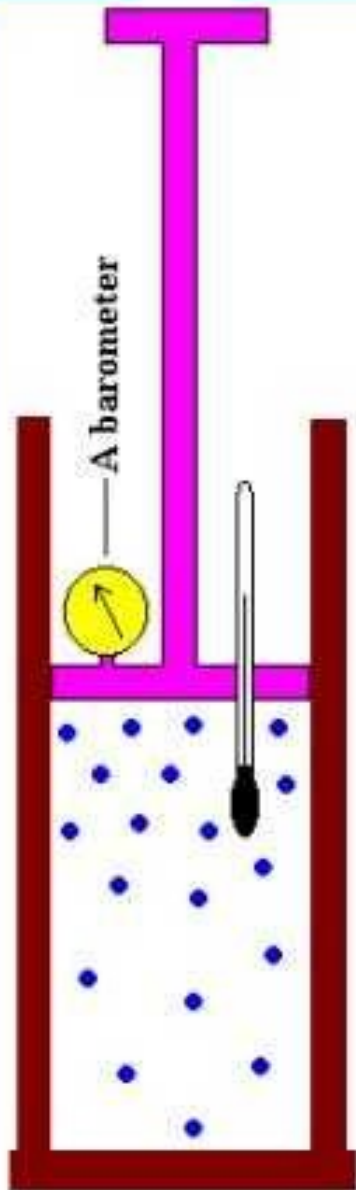


Επίδραση της Θερμοκρασίας στα ιδανικά αέρια

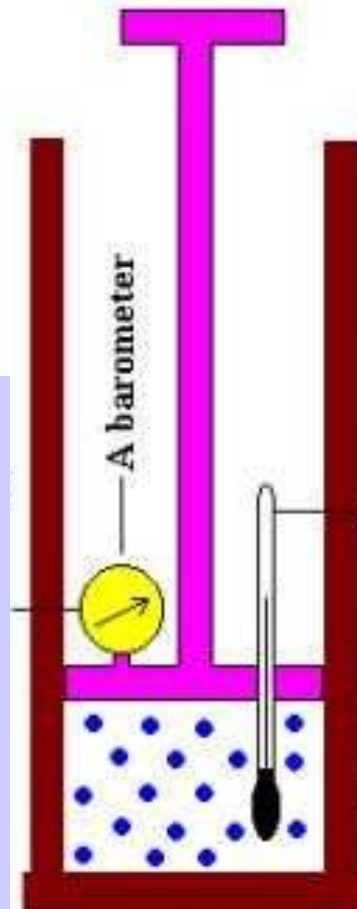


# Νομος των Boyle - Mariotte

Αύξηση Πίεσης και Μείωση Ογκου



Η πίεση  $P$  αυξάνεται διότι ο ρυθμός συγκρούσεων των μορίων του αερίου ανά μονάδα επιφάνειας στο εσωτερικό τοίχωμα είναι υψηλότερος από το ότι ήταν πριν ελατρωθεί ο όγκος



Η θερμοκρασία  $T$  παραμένει σταθερή δείχνοντας ότι η μέση κινητική ενέργεια των μορίων του αερίου δεν έχει αλλάξει.

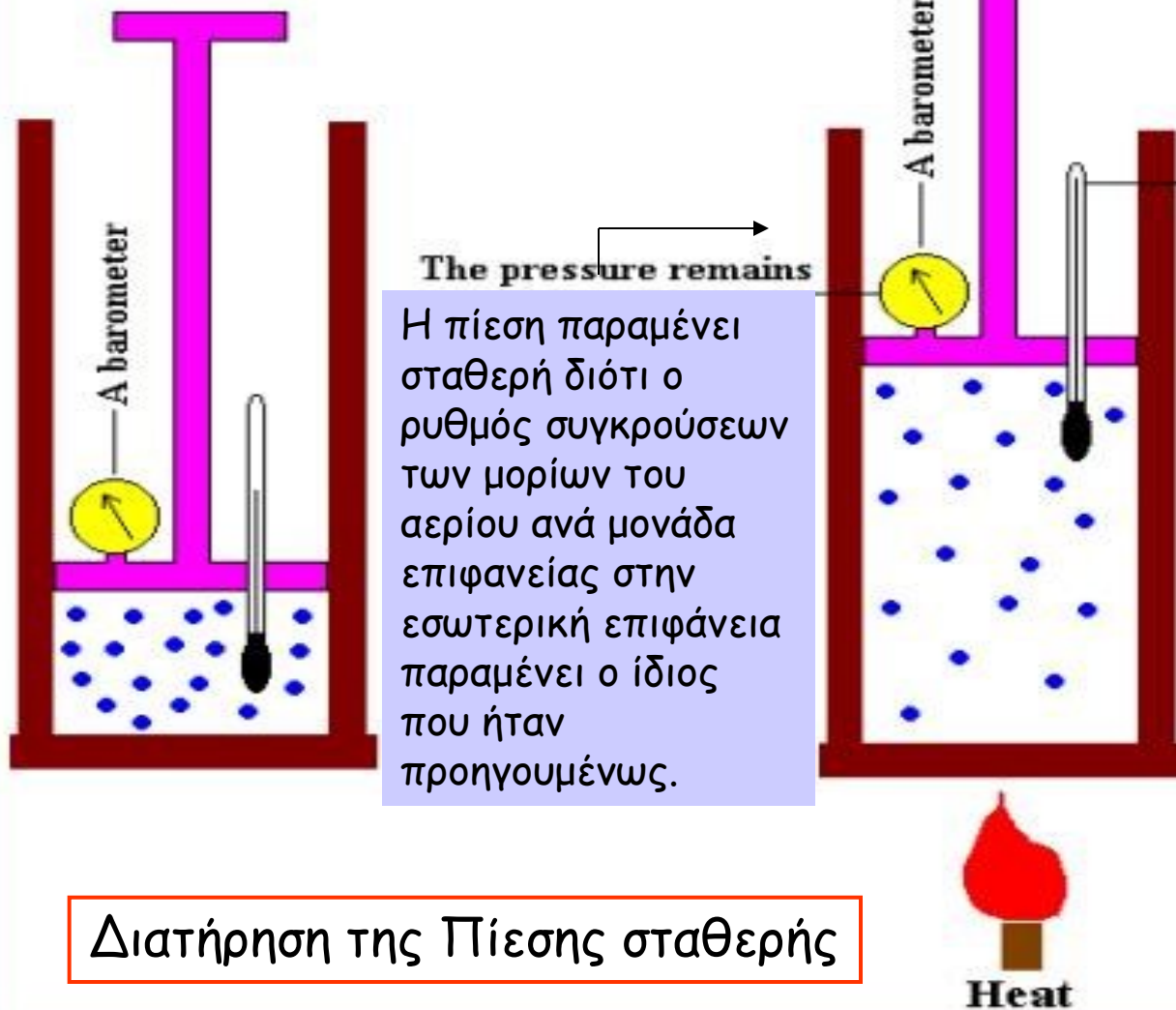
Ο όγκος  $V$  μειώνεται και αυτό είναι αποτέλεσμα της μείωσης της επιφάνειας των τοιχωμάτων στο εσωτερικό του δοχείου



μεταβολή της πίεσης και του όγκου ενός ιδανικού αερίου υπό σταθερή θερμοκρασία



## Νόμος των Gay-Lussac



Η πίεση παραμένει σταθερή διότι ο ρυθμός συγκρούσεων των μορίων του αερίου ανά μονάδα επιφάνειας στην εσωτερική επιφάνεια παραμένει ο ίδιος που ήταν προηγουμένως.

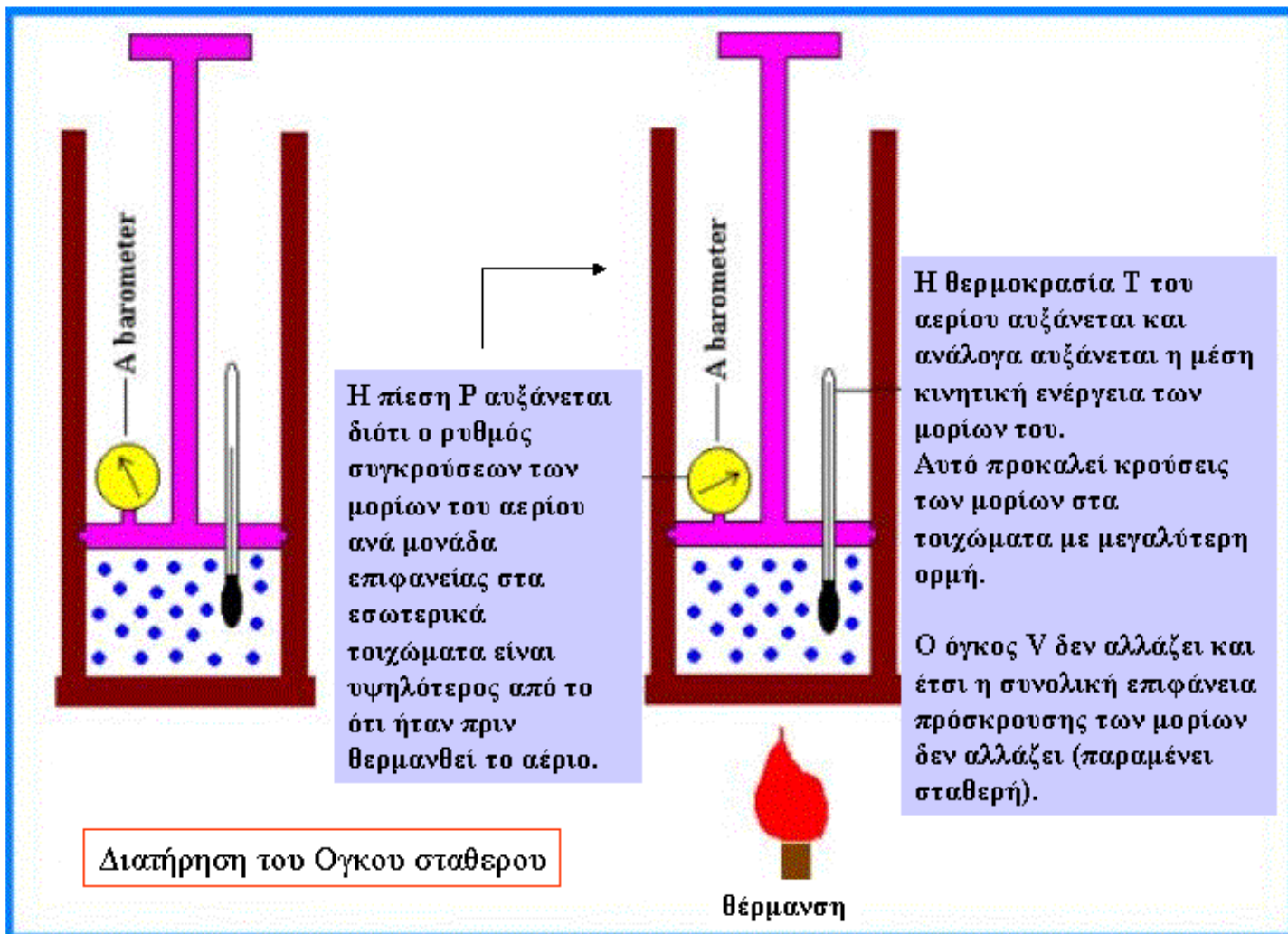
Η θερμοκρασία  $T$  αυξάνεται δείχνοντας μια αύξηση της μέσης κινητικής ενέργειας των μορίων του αερίου.

Ο όγκος  $V$  αυξάνεται καθώς αυξάνεται η εσωτερική επιφάνεια των τοιχωμάτων και τοιουτοτρόπως ο ρυθμός συγκρούσεων του αερίου ανά μονάδα επιφάνειας στα εσωτερικά τοιχώματα δεν αλλάζει σε σχέση με την τιμή που είχε πριν αυξηθεί η μέση κινητική ενέργεια του αερίου.

Διατήρηση της Πίεσης σταθερής

μεταβολή του όγκου  $V$  ενός ιδανικού αερίου  
 συναρτήσει της θερμοκρασίας  $T$  υπό σταθερή πίεση  $P$



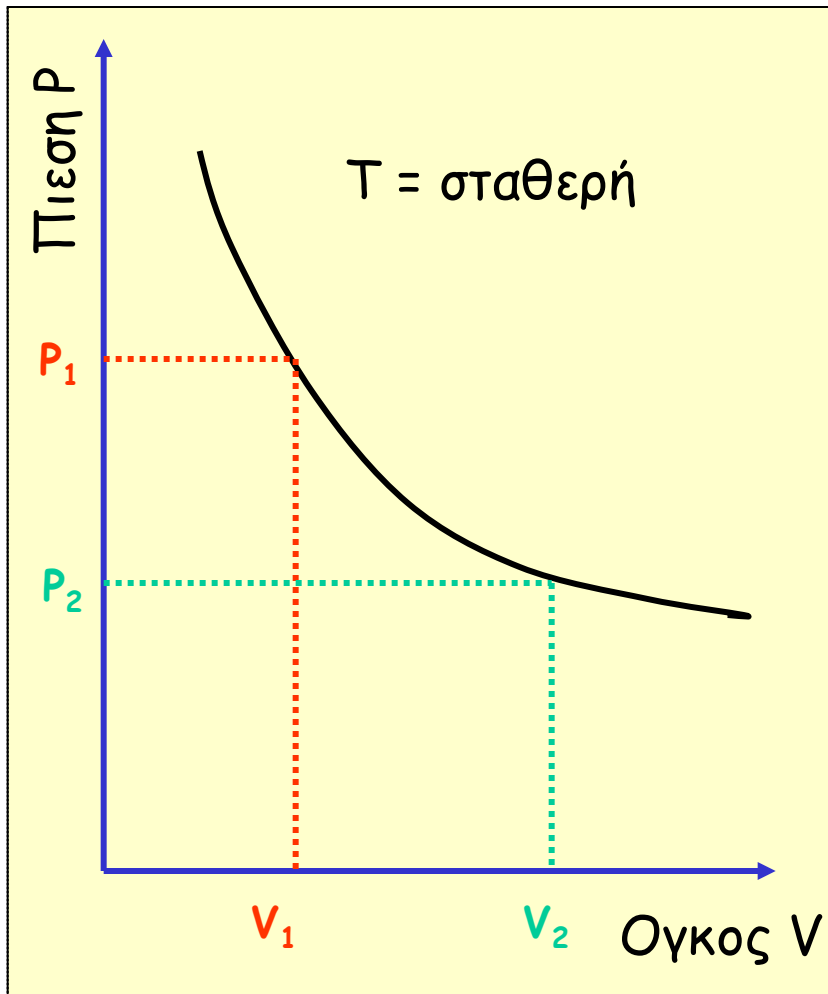


**μεταβολή της πίεσης  $P$  ενός ιδανικού αερίου συναρτήσε της θερμοκρασίας  $T$  υπό σταθερό όγκο  $V$**



Η μέτρηση της θερμοκρασίας μπορεί να ορισθεί ξεκινώντας από την κινητική θεωρία των ιδανικών αερίων:  $PV = nRT$

## Νομος των Boyle - Mariotte



$$P = \frac{2}{3} n \left\langle \frac{1}{2} m_0 U^2 \right\rangle$$

$$PV = \frac{2}{3} nV \left\langle \frac{1}{2} m_0 U^2 \right\rangle$$

ή

$$PV = \frac{2}{3} N \left\langle \frac{1}{2} m_0 U^2 \right\rangle = \text{σταθερό}$$

(μακριά από συνθήκες υγροποίησης)



Η μέτρηση της θερμοκρασίας μπορεί να ορισθεί ξεκινώντας από την κινητική θεωρία των ιδανικών αερίων:  $PV = nRT$

Αντικαθιστώντας την πίεση  $P$  από τη σχέση

$$P = \frac{2}{3} \nu \langle KE \rangle$$

$$\frac{2}{3} \nu \langle KE \rangle V = nRT$$

Λύνοντας ως προς  $T$ :

$$T = \frac{2}{3} \frac{\nu V}{nR} \langle 1/2 m_0 U^2 \rangle$$

$KE$

ή

$$T = \frac{2}{3} \frac{N_\alpha}{R} \langle 1/2 m_0 U^2 \rangle$$

$\nu$ : αριθμός των μορίων στη μονάδα του όγκου  $V$   
 $n$ : αριθμός των mol



$$T = \frac{2}{3} \frac{1}{[R / N_a]} \langle KE \rangle$$

Θέτοντας  $R/N_a = k = 1.38 \cdot 10^{-23}$  (μονάδες J/grad)

όπου η σταθερά  $k$  είναι γνωστή σαν σταθερά του Boltzman

$$T = \frac{2}{3k} \langle KE \rangle \quad \rightarrow \quad k = \frac{2}{3T} \langle KE \rangle$$

για  $T = 1 \text{ } ^\circ\text{K}$

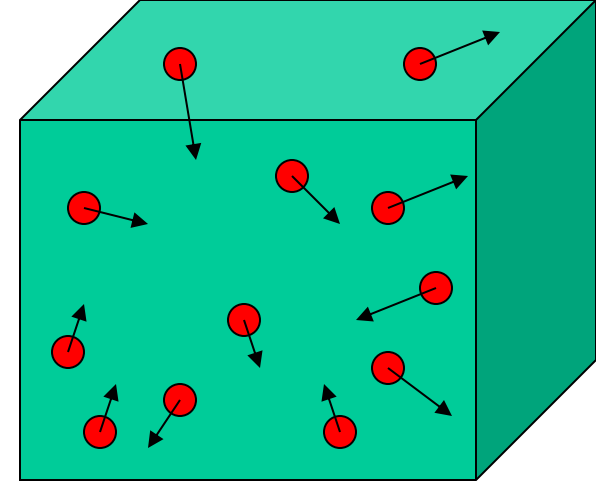
$\rightarrow$

$$k = \frac{2}{3} \langle KE_{1^\circ\text{K}} \rangle$$

η σταθερά  $k$  αντιπροσωπεύει τα 2/3 της μέσης κινητικής ενέργειας των μορίων του αερίου σε  $1 \text{ } ^\circ\text{K}$ .



$$T = \frac{2}{3k} \langle KE \rangle$$



δηλαδή η θερμοκρασία ιδανικού αερίου είναι μακροσκοπικό μέγεθος και ισούται με τη μέση κινητική ενέργεια των μορίων του επί μία σταθερά ( $2/3k$ ).

Λαμβάνοντας σαν κλίμακα μέτρησης **την κλίμακα Kelvin**, η απόλυτη θερμοκρασία ενός ιδανικού αερίου μπορεί να μετρηθεί

συγκρίνοντας στην ουσία τη μέση κινητική ενέργεια των μορίων του αερίου με τη μέση κινητική ενέργεια στη θερμοκρασία του  $1^\circ\text{K}$ .

Το **απόλυτο μηδέν**, αντιστοιχεί στην ολοκληρωτική απουσία θερμότητας και στην κατάσταση αυτή το αέριο έχει μηδενική κινητική ενέργεια (:).



## Παράδειγμα

Ποιά είναι η μάζα ενός κυβικού μέτρου αέρα;

- 1 γραμμομόριο (mole) αέρα έχει μάζα  $\approx 32\text{g}$

$$pV = nRT$$

$$\text{Ατμοσφαιρική Πίεση} = 10^5 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Ατμοσφ. Θερμοκρασία.} = 300 \text{ K}$$

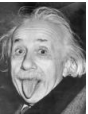
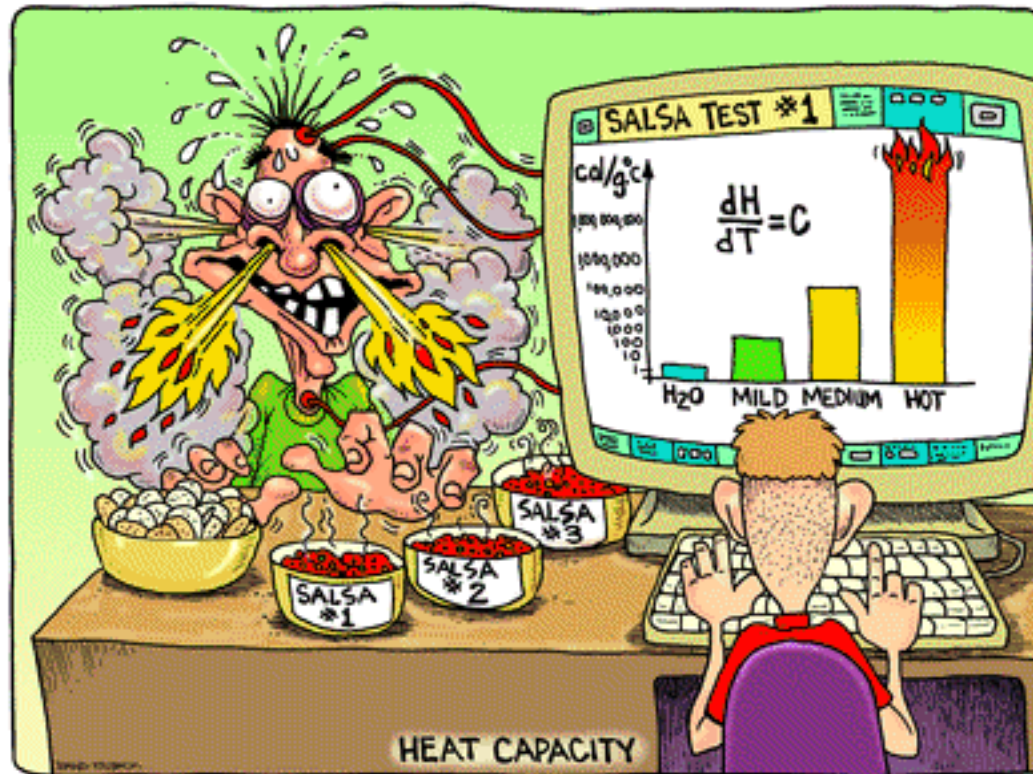
Για όγκο  $1 \text{ m}^3$

$$n = pV/RT = 10^5 / (8.3 \times 300) = 40 \text{ moles}$$

$$M = 40 \times 0.032 = 1,3 \text{ kg}$$



# ΑΛΛΑΓΕΣ ΦΑΣΗΣ ΥΛΙΚΟΥ (τήξη, εξαέρωση)

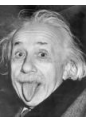




## Στερεά

### Πως πραγματοποιείται η αλλαγή φάσης:

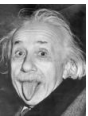
- A. Δίδεται συνεχώς θερμότητα σε ένα υλικό που ευρίσκεται στην στερεά φάση
- B. Αρχικά αυξάνεται η μέση κινητική ενέργεια των παλλόμενων «δοκιμών λίθων» του (ατόμων ή μορίων). Δηλαδή αυξάνεται η θερμοκρασία του και διαστέλλεται χωρίς να αλλάζει φάση.  
(Οι δομικοί λίθοι του δεν αποσπώνται από τα αντίστοιχα φρέατα δυναμικού που οφείλονται στις δυνάμεις που ασκούν οι γειτονικοί «λίθοι»)
- Γ. Σε μια ορισμένη θερμοκρασία, η προσφορά θερμότητας έχει σαν αποτέλεσμα την απόσπαση δομικών λίθων από το υλικό και την αλλαγή φάσης.



Πως εξηγείται η αλλαγή φάσης (π.χ. Από στερά σε υγρή φάση):

**Ανεβάζοντας συνεχώς την θερμοκρασία  $T$  του σώματος:**

- A. η μέση κινητική ενέργεια  $\langle KE \rangle$  των δομικών λίθων αυξάνεται συνεχώς (→ η πιθανότητα ορισμένοι από αυτούς να αποκτήσουν  $KE >$  φράγμα δυναμικού αυξάνεται)
- B. οι λίθοι αυτοί αποσπώνται από τις θέσεις τους.
- Γ. Η διεργασία αυτή γίνεται με δαπάνη  $KE$ , με αποτέλεσμα οι λίθοι να έχουν τελικά μικρότερη  $\langle KE \rangle$  από εκείνη που είχαν πριν (γεγονός που οδηγεί σε ελάττωση της θερμοκρασίας).
- Δ. Επομένως, απαιτείται προσθήκη θερμότητας για την διατήρηση της ίδιας θερμοκρασίας.
- Ε. Αρχίζει η αλλαγή από την στερεά στην υγρή φάση, δηλαδή η τήξη (σε μια ορισμένη **θερμοκρασία τήξης**).



## “Γυαλιά”

Υπάρχουν υγρά που ψυχόμενα δεν στερεοποιούνται με την παραπάνω έννοια (ορισμένη θερμοκρασία πήξεως και κρυσταλλική δομή).

- Με την ελάττωση της θερμοκρασίας αυξάνει απλώς το ιξώδες τους σε πολύ υψηλές τιμές  $10^8$  poise (το ιξώδες του νερού είναι  $10^{-2}$  poise).
- πρακτικά δεν ρέουν πλέον και καλούνται γυαλιά (κοινό γυαλί, πολυστυρίνη, “plexiglass”)
- τα μόρια τους δεν αλλάζουν πλέον θέσεις αλλά παραμένουν σε άτακτη, τυχαία, μη κρυσταλλική διάταξη

Άρα στα γυαλιά δεν υπάρχει λανθάνουσα θερμότητα τήξης



## Υγρά

Στα υγρά, τα μόρια δεν έχουν:

- μόνιμη γεωμετρική τάξη και δέσμευση (όπως τα στερεά),
- πλήρη αταξία και ελευθερία (όπως τα αέρια)

Γι' αυτό δεν υπάρχει για τα υγρά ικανοποιητική θεωρία αντίστοιχη με την κινητική θεωρία των αερίων.

Τα μόρια των υγρών, ελκόμενα μεταξύ τους (δυνάμεις Van der Waals) παραμένουν σε μικρές μεταξύ τους αποστάσεις κινούμενα κατά τυχαίο τρόπο.

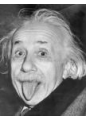


## Υγρά

### Εξαέρωση

προσφέροντας θερμότητα και ανεβάζοντας την θερμοκρασία:

- αυξάνει η μέση κινητική ενέργεια των μορίων
- σε κάποια θερμοκρασία, τα ταχύτερα από τα μόρια που βρίσκονται κοντά στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού κινούνται κάθετα προς αυτή,
- Τα μόρια αυτά κατορθώνουν να υπερνικήσουν τις ελκτικές δυνάμεις και να διαφύγουν,
- με αυτόν τον τρόπο αρχίζει η εξάτμιση ή εξαέρωση



## Υγρά

### Λανθάνουσα θερμότητα εξαέρωσης

Τα μόρια που ξεφεύγουν από το υγρό έχουν μεγαλύτερη ΚΕ,

- η μέση κινητική ενέργεια των υπόλοιπων, δηλαδή η θερμοκρασία, τείνει να μειωθεί.
- Απαιτείται η παροχή θερμότητας κατά την διάρκεια της εξαέρωσης για να διατηρηθεί σταθερή η θερμοκρασία.

Αυτή ονομάζεται λανθάνουσα θερμότητα εξαέρωσης.



## Υγρά

### Ατμός

Το παραγόμενο αέριο, όταν ευρίσκεται κοντά στις συνθήκες υγροποίησης, καλείται συχνά ατμός και η διεργασία καλείται εξάτμιση.



### Υγροποίηση

Η ακριβώς αντίστροφη αλλαγή από την αέρια στην υγρή φάση, καλείται υγροποίηση και αποδίδει την ίδια λανθάνουσα θερμότητα που απορροφήθηκε κατά την εξαέρωση ή εξάτμιση.

## Γενικοί νόμοι της αλλαγής φάσης των σωμάτων

Η ύλη παρουσιάζεται υπό στερεά, υγρή ή αέρια κατάσταση.

Ανάλογα με τις συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης, ένα σώμα μπορεί να ευρίσκεται σε κάποια από αυτές τις τρεις καταστάσεις.

Γενικά, μπορούμε να πούμε ότι:

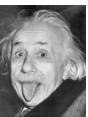
- αύξηση της θερμοκρασίας =>
- αυξάνει την κινητική ενέργεια των μορίων =>
- τα μόρια μπορούν να περάσουν από την στερεά κατάσταση στην υγρή και στην αέρια.
- Το πέρασμα αυτό γίνεται σε συνθήκες πλήρως καθορισμένες μόνο στην περίπτωση εκείνων των στερεών που ευρίσκονται σε κρυσταλλική μορφή.

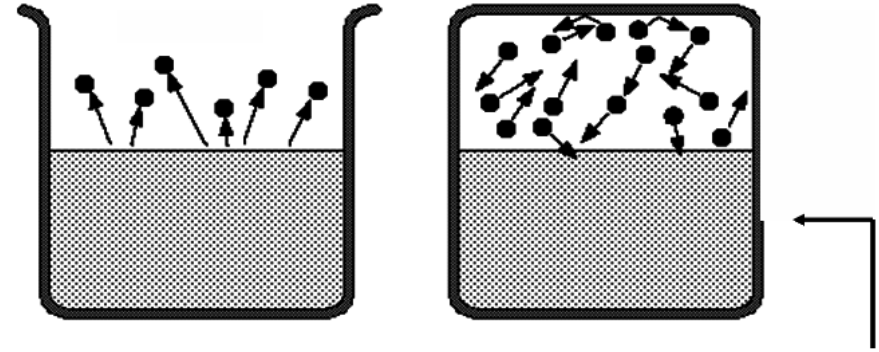




Οι γενικοί νόμοι που ισχύουν κατά την αλλαγή της φάσης των σωμάτων και οι οποίοι έχουν ευρεθεί πειραματικά, είναι οι παρακάτω:

- Η θερμοκρασία στην οποία γίνεται η αλλαγή φάσης είναι:
  - ✓ χαρακτηριστική του σώματος,
  - ✓ σταθερή για συγκεκριμένη πίεση και
  - ✓ παραμένει αμετάβλητη σε όλη της διάρκεια της αλλαγής φάσης
- Η θερμοκρασία αυτή είναι η ίδια και κατά τις δύο «φορές» της αλλαγής φάσης (εκτός ορισμένων εξαιρέσεων ασταθούς ισορροπίας της κατάστασης που ευρίσκεται το σώμα).
- Η αλλαγή φάσης, συνοδεύεται από απορρόφηση ή απελευθέρωση μιας ποσότητας θερμότητας ανά γραμμάριο ουσίας που λέγεται «λανθάνουσα θερμότητα αλλαγής φάσης». Η λανθάνουσα θερμότητα είναι ανεξάρτητη της «φοράς» της αλλαγής φάσης.





Η εξάτμιση η οποία ευρίσκεται σε ισορροπία με την επιφάνεια του υγρού είναι κορεσμένη

## Ταχύτητα εξάτμισης υγρού

Εστω ότι:

- ποσότητα υγρού ευρίσκεται σε κλειστό δοχείο και
- δημιουργούμε κενό πάνω στην στάθμη του υγρού

Τότε:

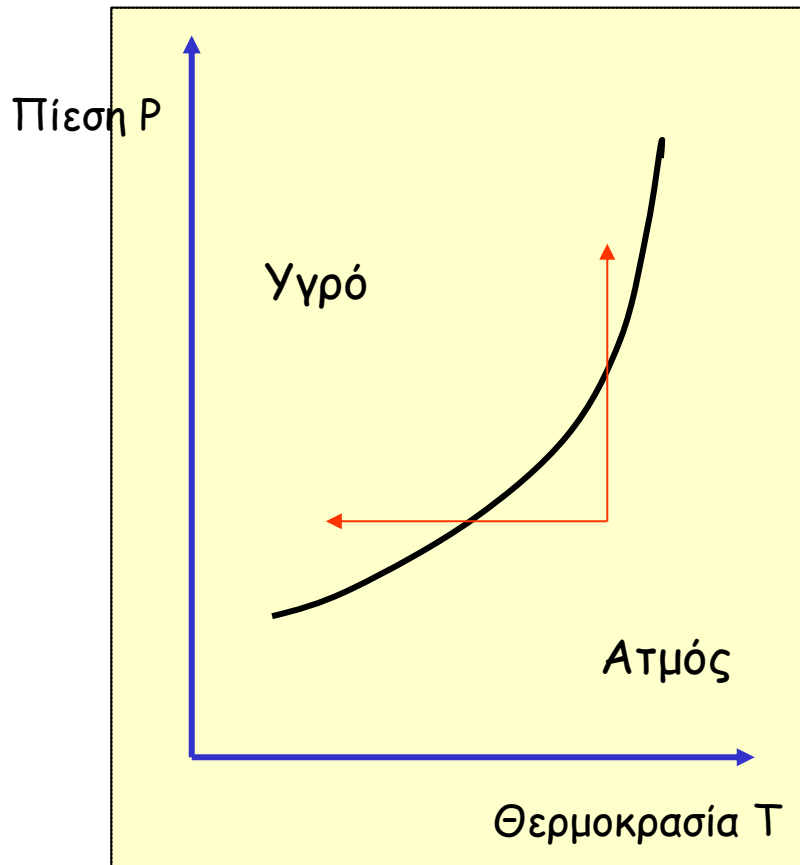
- ⇒ ποσότητα του υγρού θα αρχίσει να εξατμίζεται για να καλύψει τον κενό χώρο.
- ⇒ ένα μέρος των ατμών που δημιουργούνται θα ξαναεπιστρέψει στην υγρή κατάσταση μέχρις ότου υγρή και αέρια κατάσταση φθάσουν σε συνθήκες ισορροπίας.
- ⇒ στις συνθήκες αυτές, η ποσότητα των ατμών στην μονάδα του χρόνου που υγροποιούνται και του υγρού που εξατμίζονται, είναι ίσες.

Κάτω από αυτές τις συνθήκες:

- οι ατμοί, είναι **κορεσμένοι** και
- η πίεση κατά την οποία ευρίσκεται ονομάζεται **πίεση των κορεσμένων ατμών**
- η πίεση των κορεσμένων ατμών **αυξάνεται** με την θερμοκρασία



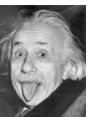
Η καμπύλη της πίεσης των κορεσμένων ατμών συναρτήσει της θερμοκρασίας, χωρίζει το επίπεδο σε δύο περιοχές: της υγρής φάσης και της αέριας φάσης. Κατά μήκος της γραμμής, οι δύο φάσεις ευρίσκονται σε ισορροπία.



## Υγροποίηση των αερίων

Η καμπύλη της πίεσης των κορεσμένων ατμών συναρτήσει της θερμοκρασίας, δείχνει ότι ένα αέριο σε κατάσταση A μπορεί να υγροποιηθεί είτε :

- αυξάνοντας την πίεση,
- ελαττώνοντας την θερμοκρασία.





## Βρασμός

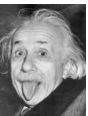
Αν η πίεση των κορεσμένων ατμών που αντιστοιχεί σε μία ορισμένη θερμοκρασία γίνει μεγαλύτερη της εξωτερικής πίεσης, τότε το υγρό εξατμίζεται **και** με σχηματισμό φυσαλίδων ατμού που σχηματίζονται μέσα στην μάζα του υγρού.

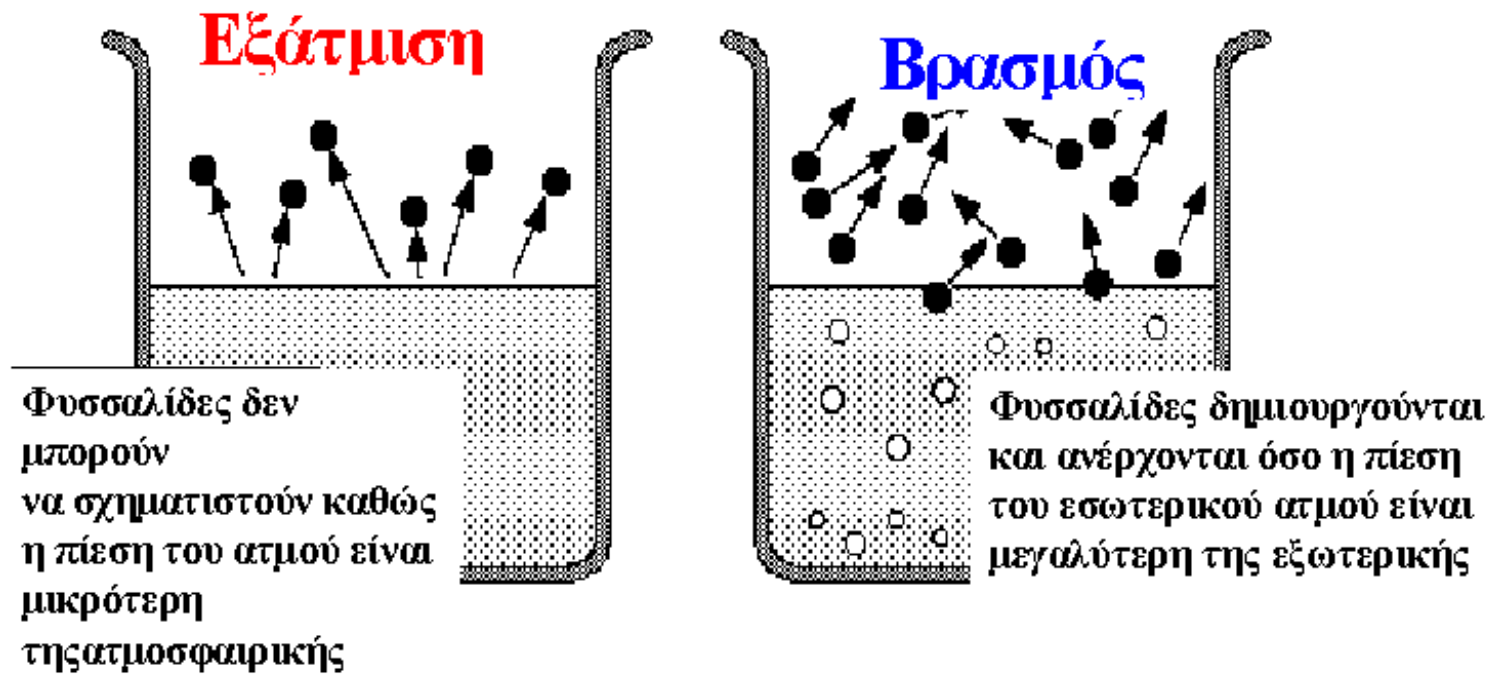
**Βρασμό** ονομάζουμε την εξατμηση του υγρού με σχηματισμό φυσαλίδων μέσα στο ίδιο το υγρό.

Η θερμοκρασία στην οποία γίνεται το φαινόμενο αυτό ονομάζεται **θερμοκρασία βρασμού**.

Όταν σχηματίζεται μία φυσαλίδα ατμού, μέσα στο υγρό υφίσταται:

$P$  ίση με την εξωτερική πίεση  $+$  την υδροστατική  $P$  στο σημείο σχηματισμού της





Επομένως, για να υπάρξει μία τέτοια φυσαλίδα ατμού, πρέπει η πίεση των κορεσμένων ατμών που περιέχει να είναι τουλάχιστον ίση με την εξωτερική πίεση.

Η αρχή του σχηματισμού των φυσαλίδων γίνεται από διάφορα αέρια που είναι διαλυμένα μέσα στο υγρό.

Με την αύξηση της θερμοκρασίας, η διαλυτότητα των αερίων ελαττώνεται και αυτά σχηματίζουν μικρές φυσαλίδες. Οι φυσαλίδες αυτές, αμέσως μετά πληρώνονται με κορεσμένους ατμούς του υγρού.



## Σχετική υγρασία

Για κάθε θερμοκρασία  $\Theta$  περιβάλλοντος υπάρχει μια αντίστοιχη πίεση κορεσμένων ατμών  $f$ . Αν η  $\Theta$  μειωθεί, μειώνεται αντίστοιχα και η  $f$ .

Στον αέρα υπάρχουν πάντα υδρατμοί που χαρακτηρίζονται από την μερική τους πίεση  $P_{\mu}$  όπου πάντα  $P_{\mu} \leq f$

Αν η πίεση των κορεσμένων ατμών  $f$  μειούμενη γίνει ίση με την μερική πίεση υδρατμών  $P_{\mu}$  ( $f = P_{\mu}$ ) ο υδρατμός αρχίζει να συμπυκνώνεται.

Ο λόγος  $P_{\mu} / f$  της μερικής πίεσης προς την πίεση των κορεσμένων ατμών στην θερμοκρασία του περιβάλλοντος, ονομάζεται **σχετική υγρασία** και εκφράζεται συνήθως επί τοις εκατό.

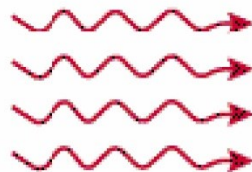
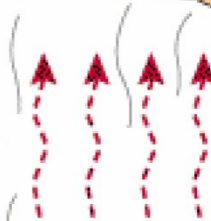
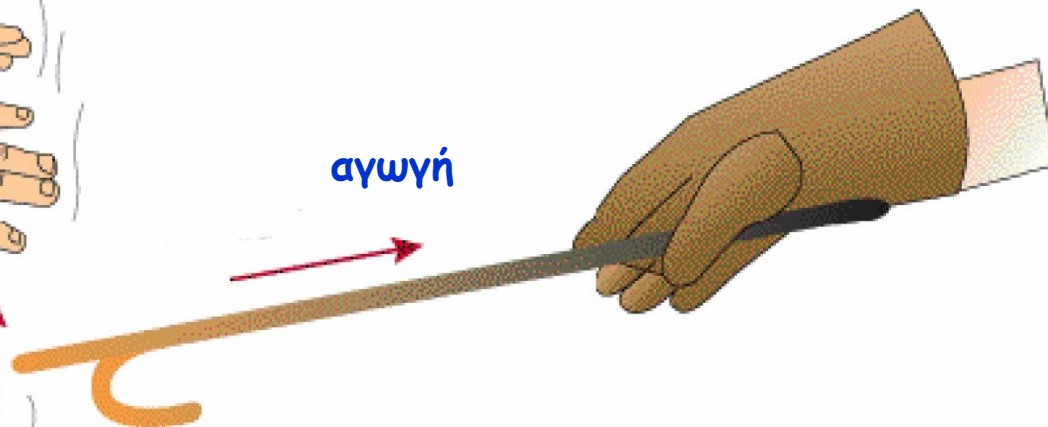


# ΔΙΑΔΟΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΙΒΑΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ ΣΤΗΝ ΥΛΗ

μεταφορά



αγωγή



ακτινοβολία



## Διάδοση και μεταβίβαση Θερμότητας

Η διάδοση της θερμικής ενέργειας από ένα σώμα σε άλλο γίνεται με τρεις τρόπους:

### 1. αγωγή:

Μεταβίβαση θερμότητας μέσω ύλης χωρίς μετακίνηση της ύλης



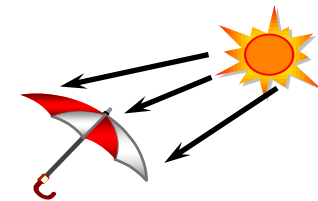
### 2. μεταφορά:

Μεταβίβαση θερμότητας με μεταφορά της ύλης



### 3. ακτινοβολία:

Μεταβίβαση θερμότητας χωρίς μεσολάβηση ύλης.





## 1. Διάδοση δι'αγωγής



Όταν ένα τμήμα ενός σώματος ευρίσκεται σε διαφορετική θερμοκρασία από ένα άλλο, θερμική ενέργεια μεταβιβάζεται από το πρώτο στο δεύτερο μέσω των συγκρούσεων των μορίων με τα γειτονικά τους.

Η μεταβίβαση αυτή της θερμότητας είναι ταχύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά θερμοκρασίας.

Ο ρυθμός διάδοσης της θερμότητας  $\Delta Q/\Delta t$  (ή το θερμικό ρεύμα σε μια εγκάρσια διατομή της ράβδου με επιφάνεια  $S$ , προς μια γειτονική διατομή που απέχει απόσταση  $\Delta x$  και είναι ψυχρότερη από την πρώτη κατά  $\Delta T$ ) είναι:

$$\frac{\Delta Q}{\Delta t} = -\lambda S \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Γενικότερα ο ρυθμός διάδοσης της θερμότητας δι' αγωγής είναι ανάλογος της επιφάνειας και της διαφοράς θερμοκρασίας μεταξύ θερμής και ψυχρής περιοχής.



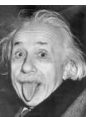
## 1. Διάδοση δι'αγωγής

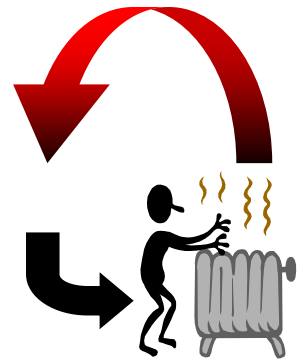
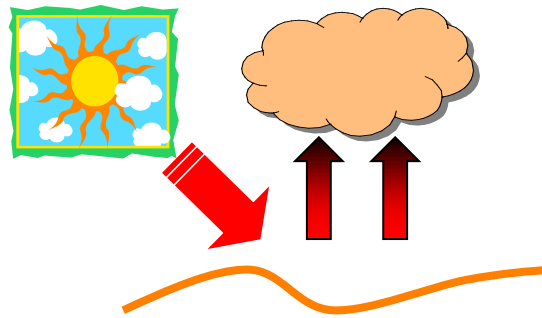
**Πίνακας:** Συντελεστής  $\lambda$  θερμικής αγωγιμότητας σε  $20^{\circ}\text{C}$ , μετρούμενος σε  $\text{cal}/\text{sec}\cdot\text{cm}\cdot\text{grad}$ )

Στερεό	Ag	Cu	Fe	Beton	Γυαλί	Αμίαντος	Ξύλο	Φελλός
$\lambda$	1.0	0.93	0.16	0.002	0.002	0.0004	0.0003	0.0001

Ρευστό	Νερό	Ορυκτέλαιο	Υδρογόνο	Αέρας
$\lambda$	0.0014	0.0003	0.00044	0.000064

- ⇒ καλοί αγωγοί της θερμότητας είναι κυρίως τα στερεά και ιδιαίτερα τα μέταλλα
- ⇒ τα περισσότερα αέρια και υγρά είναι κακοί αγωγοί θερμότητας,
- ⇒ οι πολύ μικρές τιμές του  $\lambda$  μερικών στερεών (φελλός, υαλοβάμβακας, πολυστυρίνη) οφείλεται ακριβώς στον αέρα που ευρίσκεται κλεισμένος σε μικροσκοπικές θήκες μέσα τους διότι ο αέρας είναι πολύ κακός αγωγός της θερμότητας, τα στερεά αυτά χρησιμοποιούνται στις θερμικές μονώσεις.
- ⇒ Η θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα των μετάλλων συμβαδίζουν διότι οφείλονται κυρίως στην κίνηση των ελεύθερων ηλεκτρονίων,
- ⇒ όσο μεγαλύτερη η πυκνότητα των ελεύθερων ηλεκτρονίων, τόσο υψηλότερες οι αγωγιμότητες αυτές ( $\lambda$  και  $1/\rho$ )





## 2. Διάδοση δια μεταφοράς

Ο μηχανισμός αυτός απαιτεί μεταφοράς ύλης και γι' αυτό λειτουργεί στο ρευστό.

«αυτόματη» ή «φυσική» μεταφορά: όταν η μετακίνηση του ρευστού οφείλεται μόνο στην παραπάνω μεταβολή της πυκνότητας,

- ✓ Το ρευστό μιας περιοχής θερμαινόμενο διαστέλλεται και η πυκνότητα του  $\rho$  μειώνεται σε  $\rho'$
- ✓ Αν  $h$  το ύψος της θερμανθείσας στήλης, θα εμφανιστεί διαφορά πίεσης  $gh(\rho-\rho')$  που θα την κινήσει προς τα πάνω.
- ✓ Λόγω της κίνησης, η θερμή μάζα θα αντικατασταθεί με ψυχρή που επίσης θα θερμανθεί, κ.ο.κ.



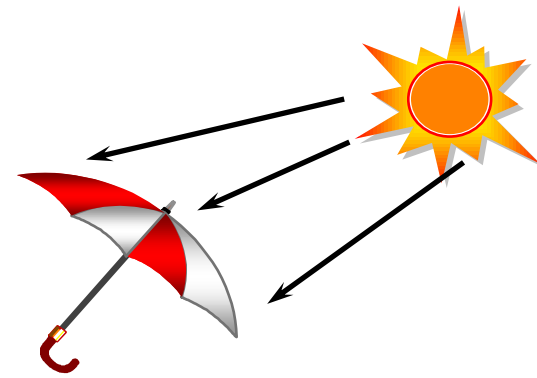
## 2. Διάδοση δια μεταφοράς



«εξαναγκασμένη» μεταφορά:

όταν η μετακίνηση του ρευστού δεν προκαλείται από μεταβολή πυκνότητας αλλά από άλλη αιτία (ανεμιστήρας, αντλία, άνεμος, κ.λ.π.)





### 3. Διάδοση δι' ακτινοβολίας

(ο μηχανισμός διάδοσης της θερμότητας δι' ακτινοβολίας (ηλεκτρομαγνητικής φύσης) από σώμα σε σώμα δεν προϋποθέτει την παρεμβολή ύλης)

η περιοχή των μηκών κύματος της εξαρτάται από την θερμοκρασία του σώματος:

- α) για σώματα σε θερμοκρασία δωματίου: στο υπέρυθρο του Η/Μ φάσματος.
- β) σε υψηλότερες όμως θερμοκρασίες (όπου το σώμα ερυθροπυρώνεται), τμήμα της ακτινοβολίας αυτής εκπέμπεται στην περιοχή του ορατού



### 3. Διάδοση δι'ακτινοβολίας

Η θερμότητα ( $Q$ ) που εκπέμπεται υπό μορφή ακτινοβολίας μήκους κύματος  $\lambda$  από ένα αντικείμενο σε θερμοκρασία  $T_1$  στην μονάδα του χρόνου, δηλαδή η εκπεμπόμενη ισχύς ( $P$ ) δίνεται από την σχέση:

εκπεμπόμενη ισχύς

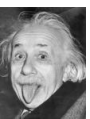
$$P = \frac{Q}{t} = E_{\lambda} \sigma S T_1^4$$

όπου:

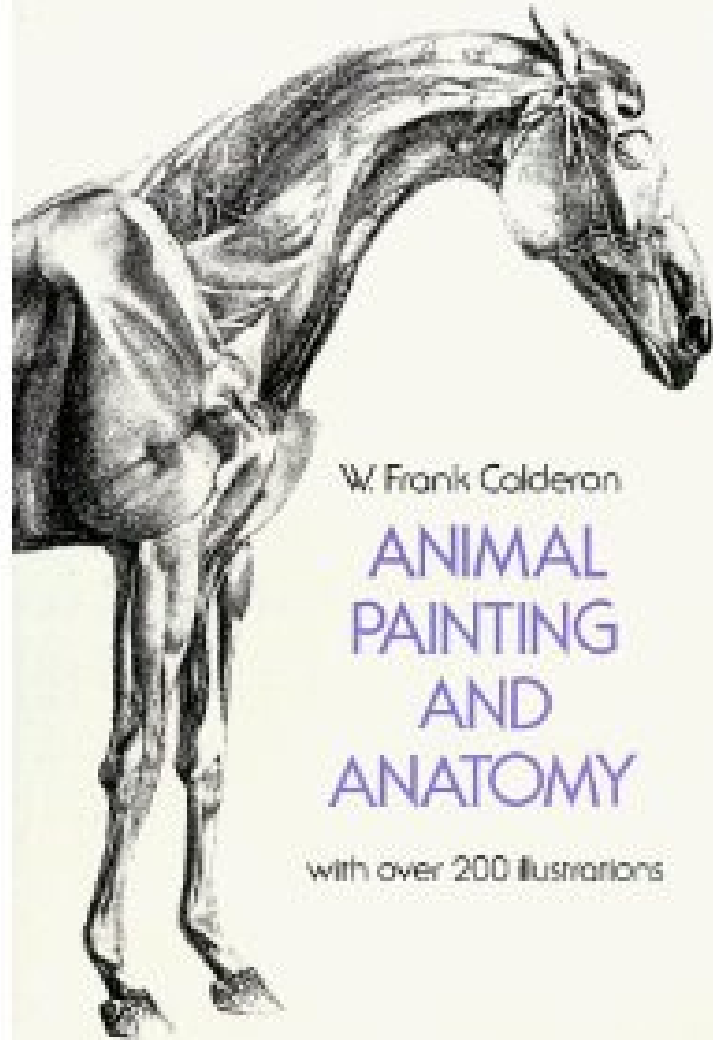
$S$ : η επιφάνεια του σώματος,

$\sigma$ : η σταθερά Stefan-Boltzmann

$E_{\lambda}$ : ο συντελεστής εκπομπής του σώματος για ακτινοβολία μήκους κύματος  $\lambda$ .



# ΤΟ ΣΩΜΑ ΩΣ ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ



## ΤΟ ΣΩΜΑ ΩΣ ΘΕΡΜΙΚΗ ΜΗΧΑΝΗ

Υπό συνθήκες ηρεμίας (βασικές λειτουργίες) η κατανάλωση ενέργειας χρησιμοποιείται από:

1.	Σκελετικούς μυς και καρδιά	25%
2.	Εγκέφαλο	19%
3.	Νεφρούς	10%
4.	Ήπαρ και Σπλήνα	27%
5.	Υπόλοιπα Συστήματα (π.χ. πεπτικό)	19%
-----		-----
	ΣΥΝΟΛΟ	100%

### ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ

**Καταβολισμός:** πολύπλοκα μόρια διασπώνται σε απλούστερα, π.χ. για χρήση ενέργειας  
**Αναβολισμός:** απλά μόρια συνδιάζονται για να σχηματίσουν σύνθετα μόρια, π.χ. για αποθήκευση ενέργειας

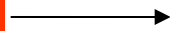




## Ο καταβολισμός και ο «πρώτος νόμος» της Θερμοδυναμικής

**ΣΩΜΑ:** Ενεργειακός Μετατροπέας ο οποίος υπόκειται στην αρχή διατήρησης της ενέργειας.

Ενέργεια τροφής



- Λειτουργία Οργάνων
- Παροχή Ενέργειας για σταθεροποίηση θερμοκρασίας
- Δημιουργία Αποθήκης Ενέργειας (λίπος)
- Παραγωγή εξωτερικού έργου

Μεταβολή στην αποθηκευμένη ενέργεια στο σώμα  
(π.χ. τροφή, ενέργεια, σωματικό λίπος και θερμότητα του σώματος)

=

Μεταβολή της θερμότητας που αποβάλλεται από το σώμα

+

Μεταβολή στο παραγόμενο έργο

$$\Delta E = \Delta Q - \Delta W$$

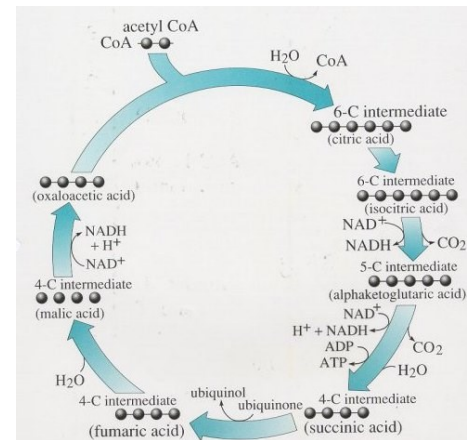


## Ο καταβολισμός και ο «πρώτος νόμος» της Θερμοδυναμικής

Ο πρώτος νόμος ( $\Delta E = \Delta Q - \Delta W$ ) εκφράζει το ενεργειακό ισοζύγιο ενός συστήματος και έπαιξε σημαντικό ρόλο στην εξέλιξη της φυσιολογίας.

- Η βασική πηγή ενέργειας (τα «καύσιμα») του σώματος είναι οι **τροφές**
- Ένα μικρό ποσοστό (5%) της ενέργειας των εισαγομένων τροφών, αποβάλλεται με τα κόπρανα και τα ούρα.
- Στην αρχική τους μορφή οι τροφές δεν είναι γενικά «καύσιμες».
- Το σώμα πρέπει πρώτα να τις μετασχηματίσει χημικά, σε μόρια που μπορούν να οξειδωθούν μέσα στα κύτταρα.

Η περίπλοκη αυτή διαδικασία (**κύκλος του Krebs**) αποτελεί αντικείμενο άλλων ειδικοτήτων (κυρίως της Βιοχημείας). Στην Ιατρική Φυσική θα θεωρήσουμε το σώμα σαν μετατροπέα ενέργειας υποκείμενο στους φυσικούς νόμους.



Το σώμα (αναπαυόμενο ή εργαζόμενο) μετασχηματίζει την αποθηκευμένη χημική ενέργεια και την καταναλώνει για:

- την λειτουργία των οργάνων του,
- την διατήρηση της θερμοκρασίας του και
- την εκτέλεση μηχανικών έργων (π.χ. ανύψωση ενός βάρους).
- την αποθήκευση ενέργειας

- Σε αυτή την διεργασία που λέγεται "καταβολισμός" η εσωτερική ενέργεια  $E$  διαρκώς ελαττώνεται ( $\Delta E < 0$ ). Πρέπει λοιπόν ο οργανισμός να λαμβάνει τροφή και νερό για την αναπλήρωση της  $E$ .
- Αν η εισαγωγή «καυσίμων» είναι μεγαλύτερη από την κατανάλωση ( $-\Delta E$ ), η διαφορά αποθηκεύεται σαν λίπος και φέρει πάχυνση.
- Η καταναλισκόμενη στην λειτουργία των οργάνων ενέργεια τελικά εμφανίζεται σαν θερμότητα και αποβάλλεται στο περιβάλλον (δηλ. και το  $\Delta Q$  είναι αρνητικό).



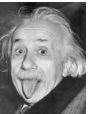
Ο "πρώτος νόμος" γράφεται υπό την μορφή:

$$-\frac{\Delta E}{\Delta t} = -\frac{\Delta Q}{\Delta t} + \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

$$-\frac{\Delta E}{\Delta t} = \text{καταβολικός ρυθμός (ρυθμός οξειδώσεως των «καυσίμων»)}$$

$$-\frac{\Delta Q}{\Delta t} = \text{ρυθμός παραγωγής θερμότητας απώλεια θερμότητας από το σώμα)}$$

$$+\frac{\Delta W}{\Delta t} = \text{μηχανική ισχύς (ρυθμός έργου) παραγομένη υπό του σώματος.}$$



Οι όροι  $\Delta E/\Delta t$ ,  $\Delta Q/\Delta t$ ,  $\Delta W/\Delta t$ , θα εξεταστούν ποσοτικά, στις περιπτώσεις αναπαύσεως ή διαφόρων δραστηριοτήτων του σώματος, για να ληφθούν πληροφορίες σχετικά με:

- ✓ την απόδοση του σώματος σαν μηχανή,
- ✓ την σωστή άσκηση,
- ✓ την διατροφή
- ✓ την λειτουργία διαφόρων οργάνων του (ο καταβολικός ρυθμός π.χ. συνδέεται με την λειτουργία του θυρεοειδούς).



Από τους τρεις όρους:

$$+ \frac{\Delta W}{\Delta t} = \text{μηχανική ισχύς (ρυθμός έργου) παραγομένη υπό του σώματος.}$$

Η ισχύς  $\Delta W/\Delta t$  μπορεί να μετρηθεί απ' ευθείας, μετρώντας το παραχθέν έργο  $\Delta W$  και τον αντίστοιχο χρόνο  $\Delta t$ .

$$- \frac{\Delta Q}{\Delta t} = \text{ρυθμός παραγωγής θερμότητας απώλεια θερμότητας από το σώμα)}$$

Ο όρος  $-\Delta Q/\Delta t$  μπορεί θεωρητικά να ευρεθεί αν ο άνθρωπος ευρίσκεται μέσα σε χώρο με μονωμένα (αδιαβατικά) τοιχώματα και μετρήσουμε το ρυθμό που πρέπει να απάγεται η θερμότητα για να διατηρηθεί η θερμοκρασία του χώρου σταθερή.

$$- \frac{\Delta E}{\Delta t} = \text{καταβολικός ρυθμός (ρυθμός οξειδώσεως των «καυσίμων»)}$$

Η μέτρηση  $-\Delta E/\Delta t$  θα εξεταστεί στην συνέχεια



## Μονάδες

Μονάδα Ενέργειας	Newton x Meter (Nm) ή Joule (J)
Μονάδα Ενέργειας για την τροφή (Φυσιολόγοι - Διαιτολόγοι)	χιλιοθερμίδες (kcal) (τροφική Θερμίδα)
Μονάδα Ισχύος	joules / sec (J/s) ή Watts (W)
Μονάδα Ισχύος (για τον ρυθμό παραγωγής θερμότητας) (Φυσιολόγοι - Διαιτολόγοι)	kcal / min

### Άνθρωπος

διατροφική πρόσληψη 2400 Θερμίδων/ημέρα = 2400 kcal/ημέρα

1 cal = 4.184 J άρα 2400 kcal/ημέρα =  $1 \times 10^7$  J/ημέρα

1 ημέρα = 86400 sec άρα μέση ισχύς **P = 115 W**



## Η οξείδωση

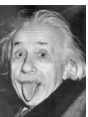
Ο καταβολισμός δια της οξειδώσεως διαφόρων οργανικών ενώσεων παράγει τελικά  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , ουρία και ενέργεια.

Ο ρυθμός καταναλώσεως οξυγόνου  $\Delta\text{O}_2/\Delta t$ , που ποσοτικοποιείται σχετικά εύκολα, μετρά με αρκετή ακρίβεια το ρυθμό καταβολισμού ( $-\Delta E/\Delta t$ ) διότι η **οξείδωση** των ενώσεων αυτών (για συνήθη δίαιτα) παράγει κατά μέσο όρο 4,8 kcal ανά λίτρο καταναλισκόμενου οξυγόνου:

Η τιμή αυτή (4,8 kcal/lit  $\text{O}_2$ ) καλείται:

«Θερμικό ισοδύναμο του οξυγόνου» ( $\Theta \cdot \text{I} \cdot \text{O}_2$ )

υπολογίζεται στην βιοχημεία, εξετάζοντας την οξείδωση μερικών βασικών ενώσεων τροφής όπως η γλυκόζη (υδατάνθρακες), η τριβουτυρίνη (λίπος) και η αιθανόλη (αλκοόλη).





## ΥΔΑΤΑΝΘΡΑΚΕΣ:

Η γλυκόζη που χρησιμοποιείται και στην ενδοφλέβια διατροφή, οξειδώνεται κατά την αντίδραση:



Καταναλισκόμενο Οξυγόνο

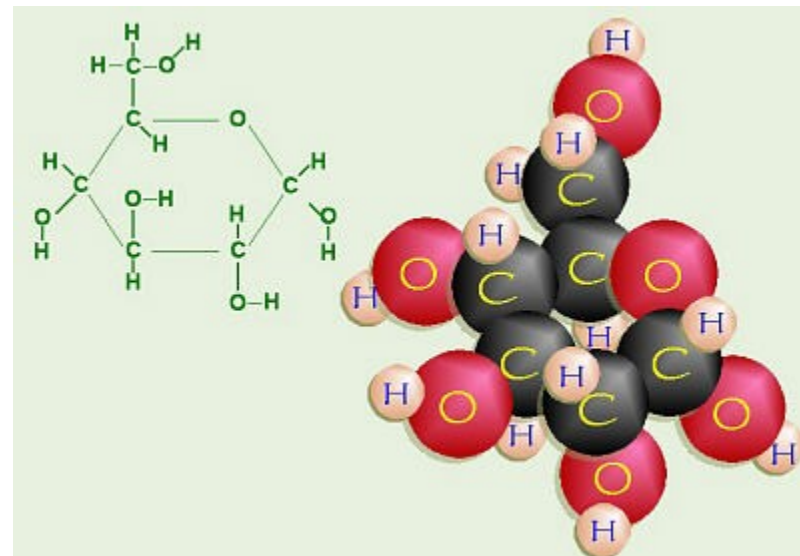
Ληφθείσα Ενέργεια

Αρα

- 1 γραμμομόριο (mole) γλυκόζης (180 gr) και
- 6 mole  $O_2$  (192 gr)

παράγουν

- 6 mole  $H_2O$  (108 gr),
- 6 mole  $CO_2$  (264 gr) και
- 686 kcal



Επειδή 1 mole αερίου (υπό κανονικές συνθήκες) έχει όγκο 22,4 lit αυτή η συνιστώσα της δίαιτας δίνει:

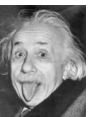
(α) Θερμικό ισοδύναμο  $O_2$   $\frac{686}{22,4 \cdot 6} = 5,1 \text{ kcal / lit} \cdot O_2$

(β) Θερμικό ισοδύναμο "καυσίμου" (γλυκόζης)  $\frac{686}{180} = 3,80 \text{ kcal / gr}$

(γ) Όγκος  $O_2$  ανά γραμμάριο "καυσίμου" (γλυκόζης)  $\frac{6 \times 22,4}{180} = 0,75 \text{ lit } O_2 / \text{gr}$

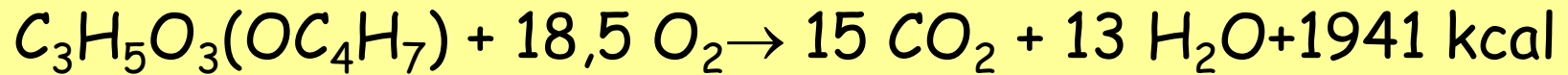
(δ) Όγκος  $CO_2$  ανά γραμμάριο "καυσίμου" (γλυκόζης)  $\frac{6 \times 22,4}{180} = 0,75 \text{ lit } CO_2 / \text{gr}$

(ε) Αναπνευστικός λόγος  $R = \frac{\text{mole παραγομένου } CO_2}{\text{mole αναλισκομένου } O_2} = 1$



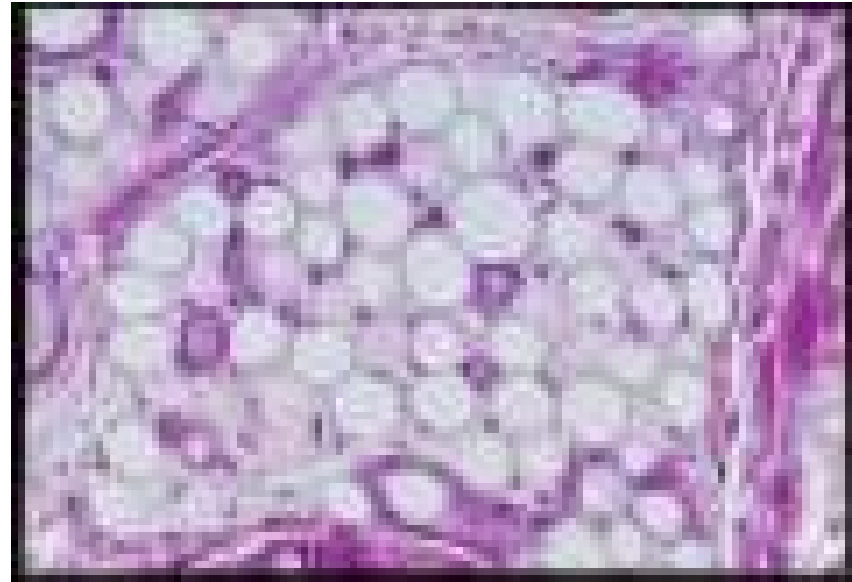
## ΛΙΠΟΣ:

Ομοια η τριβουτυρίνη (τριγλυκερίδιο του βουτυρικού οξέως) οξειδουμένη:



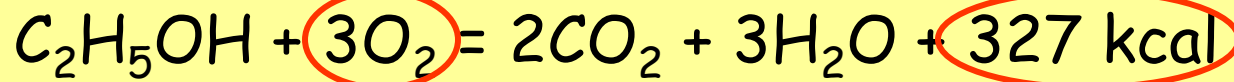
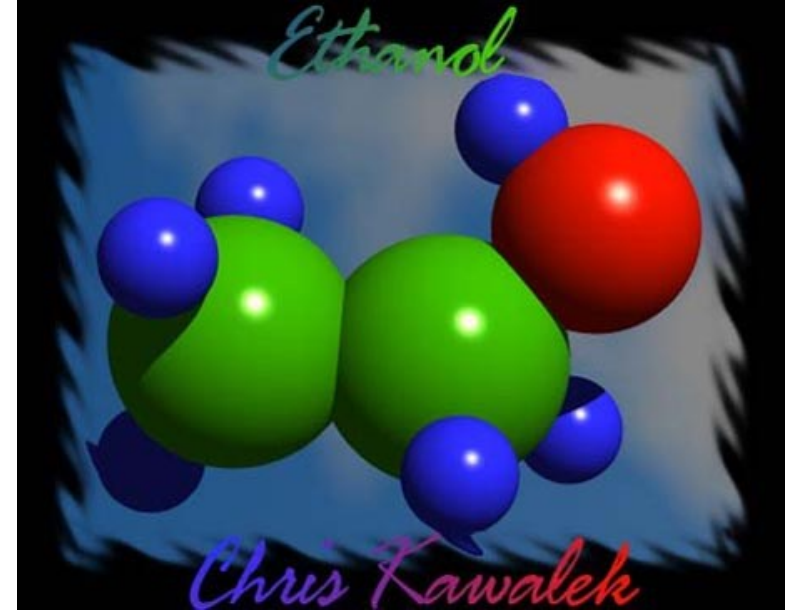
δίδει θερμικό ισοδύναμο:

$$O_2 = \frac{1941 \text{ kcal}}{414 \text{ lit } O_2} = 4,7 \text{ kcal / lit } O_2$$



## ΑΛΚΟΟΛΗ:

η αιθανόλη οξειδουμένη:



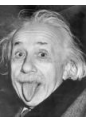
δίδει:  $327 \text{ kcal} / 67,2 \text{ lit} = 4,86 \text{ kcal/lit O}_2$



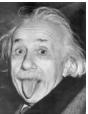
Η ακριβής τιμή του θερμικού ισοδύναμου του οξυγόνου ( $\Theta \cdot I \cdot O_2$ ) εξαρτάται από την αναλογία υδατανθράκων, πρωτεϊνών, λιπών κ.λ. στην δίαιτα και κυμαίνεται μεταξύ 4,5 και 5,0 kcal/lit  $O_2$ .

**Πίνακας:** Θερμικά ισοδύναμα οξυγόνου και καυσίμου για μερικά καύσιμα

Τροφές & Καύσιμα	Θερμικό Ισοδύναμο $O_2$ (kcal/lit $O_2$ )	Θερμικό Ισοδύναμο καυσίμου (kcal/gr καυσίμου)
Υδατάνθρακες	5,2	4,1
Πρωτεΐνες	4,3	4,1
<b>Λίπη</b>	4,7	<b>9,3</b>
Συνήθης δίαιτα	4,8 έως 5,0	-
Βενζίνη	-	11,4
Κάρβουνο	-	8,0
Ξύλο	-	4,5



# ΒΑΣΙΚΟΣ ΚΑΤΑΒΟΛΙΣΜΟΣ



Στον πίνακα 1, οι αναγραφόμενες τιμές είναι οι μέγιστες αναμενόμενες.

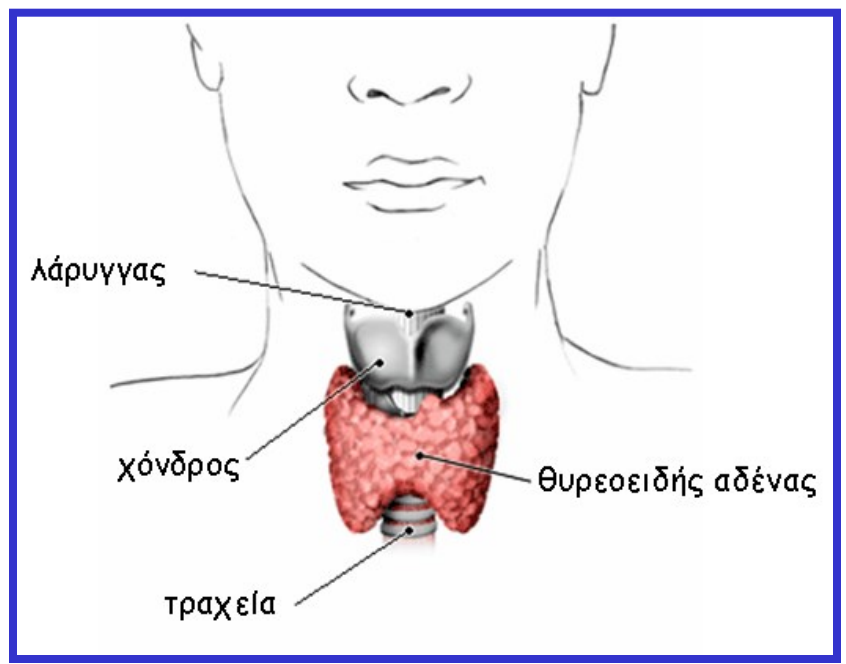
Μέρος όμως της ενέργειας χάνεται σε ατελείς καύσεις (προϊόντα ατελούς καύσης: κόπρανα, ούρα, γαστρικά αέρια με ενέργεια 5% της συνολικής).

**Πίνακας 1.** Θερμικά ισοδύναμα οξυγόνου και καυσίμου για μερικά καύσιμα

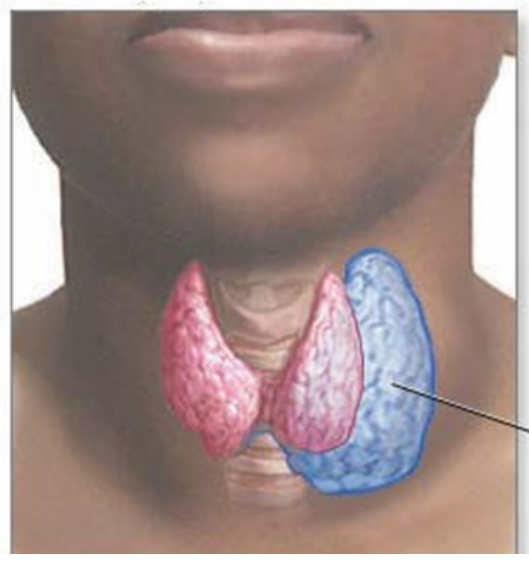
Τροφές & Καύσιμα	Θερμικό Ισοδύναμο O <sub>2</sub> (kcal/lit O <sub>2</sub> )	Θερμικό Ισοδύναμο καυσίμου (kcal/gr καυσίμου)
Υδατάνθρακες	5,2	4,1
Πρωτεΐνες	4,3	4,1
<b>Λίπη</b>	4,7	<b>9,3</b>
Συνήθης δίαιτα	4,8 έως 5,0	-
Βενζίνη	-	11,4
Κάρβουνο	-	8,0
Ξύλο	-	4,5

- Σε πλήρη ηρεμία ο τυπικός άνθρωπος καταναλώνει ενέργεια με ρυθμό περίπου 92 kcal/hr ή περίπου 100 W.
- Ο χαμηλός αυτός ρυθμός ενεργειακής κατανάλωσης ονομάζεται **ρυθμός βασικού μεταβολισμού (PBM)**.
- *Είναι το απαραίτητο ποσόν ενέργειας για την πραγματοποίηση των ελαχίστων σωματικών λειτουργιών (αναπνοή και άντληση αίματος από τις αρτηρίες).*





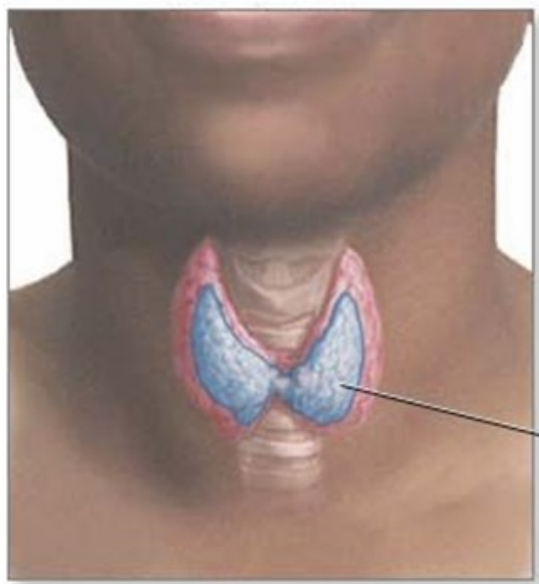
Υπερθυρεοειδισμός λόγω αδενώματος του θυροειδούς



Υπερλειτουργών Θυροειδής (βρογχοκήλη)

Ο **PBM** εξαρτάται κυρίως από την λειτουργία του θυροειδούς:

Οργανισμοί με υπερλειτουργικό θυροειδή (υπερθυροειδικά) έχουν μεγαλύτερο PBM από οργανισμούς με φυσιολογική θυροειδική λειτουργία.



Υπερθυροειδισμός (χαμηλά επίπεδα ορμόνης θυροειδούς)

Ατροφικός Θυροειδής





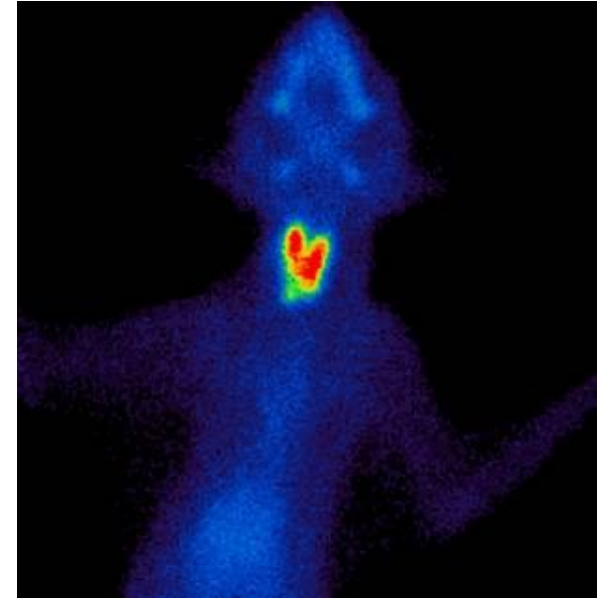
Η μέτρηση του ΡΒΜ έχει σήμερα αντικατασταθεί από την 24ωρη δοκιμασία πρόσληψης του θυρεοειδούς

Ο θυρεοειδής προσλαμβάνει ιώδιο από τις τροφές και το χρησιμοποιεί στην παρασκευή ορμονών που ελέγχουν την λειτουργία του μεταβολισμού.

πρόσληψη ιωδίου → δείκτης λειτουργίας θυρεοειδούς → μέτρηση λειτουργίας μεταβολισμού

Μέτρηση πρόσληψης ραδιενεργού ιωδίου I-131 ( $T_{1/2} = 8$  ημέρες):

χορηγείται στον ασθενή από το στόμα μικρή δόση (37 kBq) I-131 και την επομένη ημέρα μετράται το ποσόν της ραδιενέργειας που τελικά προσλήφθηκε από τον θυρεοειδή με έναν ανιχνευτή σπινθηρισμού.



γάτα με μεγάλη φλεγμονή στον λαιμό (αριστερά) και σπινθηρογράφημα τεχνητίου το οποίο δεικνύει αμφίπλευρο υπερθυρεοειδισμό \*δεξιά)



## Εφ'όσον

η ενέργεια που χρησιμοποιείται για τον βασικό μεταβολισμό μετατρέπεται σε θερμότητα (η οποία κυρίως διαχέεται μέσω του δέρματος),

θα μπορούσε να προβλέψει κανείς ότι

ο RBM σχετίζεται με το εμβαδόν της επιφανείας ή την μάζα του σώματος του ζώου).



## Θηλαστικά

- Ποντικός 20 γραμμαρίων έχει ρυθμό βασικού καταβολισμού - P.B.K. (ρυθμός καταβολισμού σε πλήρη ανάπαυση) PΒΚ=3 kcal/ημέρα.
- Ανθρωπος 65 kg και 25 ετών έχει PΒΚ=1500 kcal/ημέρα.
- Ελέφαντας 5000 kg έχει PΒΚ=70.000 kcal/ημέρα.

Θέτοντας αυτές τις πληροφορίες για διάφορα ζώα σε ένα διάγραμμα (σχ. επόμενης εικόνας) βλέπουμε ότι ο P.B.K. = συνδέεται με την μάζα Μ κατά την σχέση:

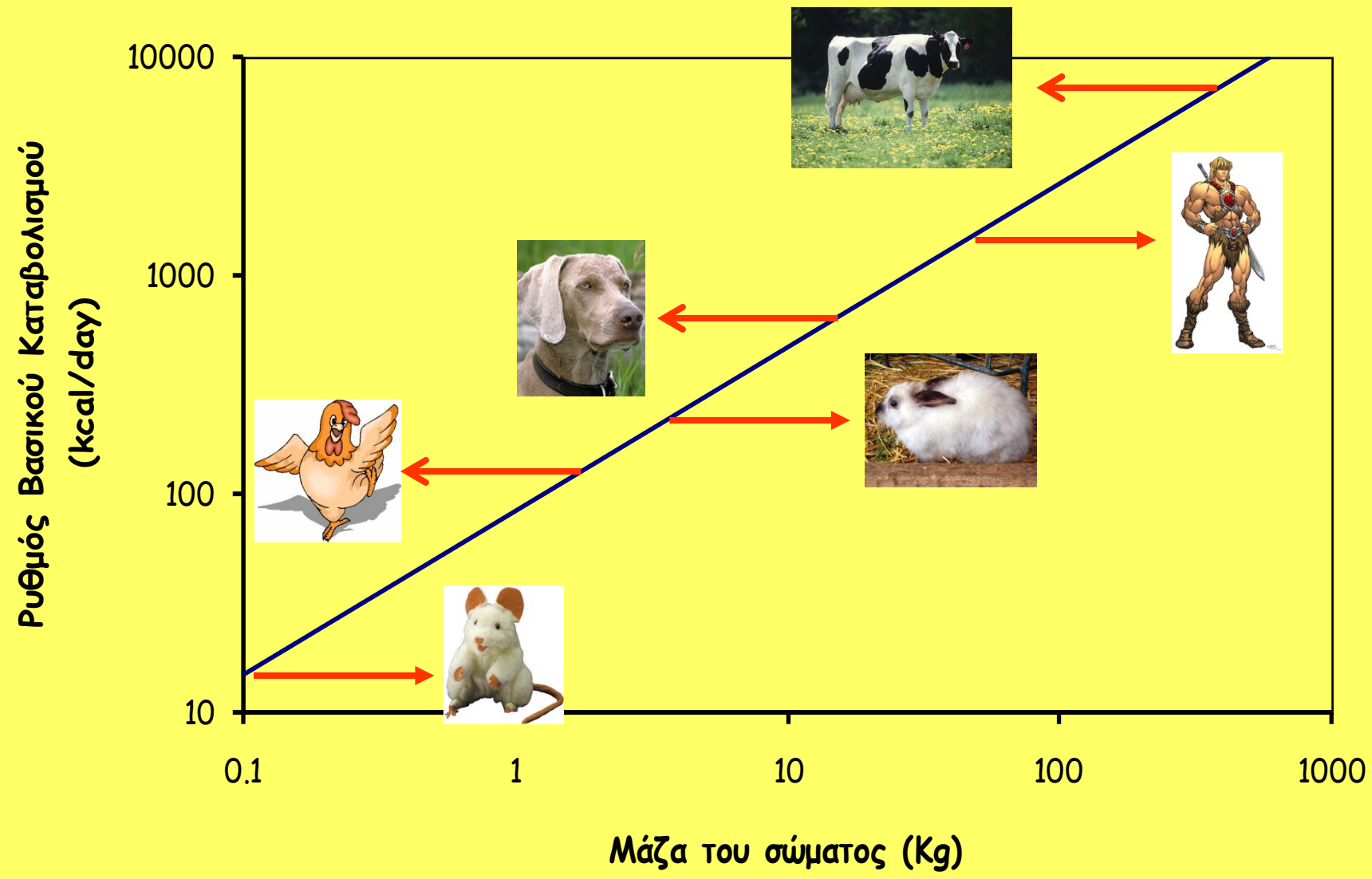
$$P.B.K. = \frac{dE}{dt} = C \cdot M^{3/4}$$

$$\text{όπου...} C = 90 \frac{\text{kcal} / \text{ημερα}}{(\text{kg})^{3/4}}$$

Από την σχέση αυτή, που λέγεται νόμος του Kleiber, υπολογίζουμε τον P.B.K. για οποιοδήποτε Θηλαστικό αν γνωρίζουμε μόνο την μάζα του σε kg.



### Σχέση μεταξύ Ρυθμού Βασικού Καταβολισμού και μάζας διαφόρων ζώων



Ο Ρ.Β.Κ. είναι ανάλογος της ισχύος που παράγει κάθε όργανο και κατανέμεται σ' αυτά όπως δείχνει ο Πίνακας.

**Πίνακας** Συμβολή στο ρυθμό καταναλώσεως  $O_2$  και στο Ρ.Β.Κ. των κυριότερων οργάνων υγιούς ανδρός μάζας 65 kg

<b>Παράμετροι</b> <b>Όργανο</b>	<b>Μάζα</b> <b>(Kg)</b>	<b>Πειραματικός</b> <b>Ρυθμός</b> <b>καταναλώσεως <math>O_2</math></b> <b>(ml/min)</b>	<b>Ρυθμός</b> <b>καταναλώσεως</b> <b>ενέργειας</b> <b>(kcal/min)</b>	<b>% του</b> <b>Ρ.Β.Κ.</b>
Ηπαρ και σπλήν	-	67	0,33	27
Εγκέφαλος	1,40	47	0,23	19
Σκελετικοί μύες	28,00	45	0,22	18
Νεφροί	0,30	26	0,13	10
Καρδιά	0,32	17	0,08	7
Υπόλοιπα	-	48	0,23	19
<b>Σύνολα</b>		<b>250</b>	<b>1,22</b>	<b>100</b>



από τον προηγούμενο πίνακα, παρατηρούμε:

- (α) Ο **εγκέφαλος**: 2,5% μόνο του βάρους του σώματος, απορροφά το 20% του P.B.K. (η έντονη **σκέψη** ελάχιστα αυξάνει αυτόν τον ρυθμό καταναλώσεως εσωτερικής ενέργειας).
- (β) Η **καρδιά** απορροφά ισχύ ίση προς το 7% του P.B.K.  
 - μέρος της ενέργειας αυτής μετατρέπεται σε **αντλητικό έργο**,  
 - το υπόλοιπο παρέχεται σαν **θερμική ενέργεια**, που ρέει προς το περιβάλλον συμβάλλουσα στην διατήρηση της θερμοκρασίας του σώματος
- (γ) Οι **νεφροί** συμβάλλουν κατά 10% στο P.B.K.  
 - μετατρέπουν μέρος της ισχύος αυτής σε **οσμωτική ισχύ** για τον καθαρισμό του αίματος από τα άχρηστα υποπροϊόντα του καταβολισμού.
- (δ) Το **ήπαρ** ευθύνεται για την μεγαλύτερη (27% του P.B.K.) απορρόφηση ενέργειας μέρος της οποίας καταναλώνει σε **χημικούς μετασχηματισμούς**.

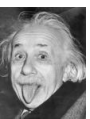


## Ρυθμός Βασικού Μεταβολισμού συναρτῆσει της Θερμοκρασίας

Ο ΡΒΜ εξαρτάται έντονα από την Θερμοκρασία (οι χημικές διαδικασίες εξαρτώνται έντονα από την Θερμοκρασία).

Μεταβολή της  $T$  κατά  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$   $\rightarrow$  μεταβολή του ΡΒΜ κατά 10%.

- ✓ ασθενής με  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $3\text{ }^{\circ}\text{C}$  άνω του φυσιολογικού)  $\rightarrow$  μεταβολή του ΡΒΜ κατά 30%
- ✓ μεταβολή κατά  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $3\text{ }^{\circ}\text{C}$  κάτω του φυσιολογικού)  $\rightarrow$  μεταβολή του ΡΒΜ κατά -30% (ομοίως και η κατανάλωση οξυγόνου)
- ✓ πλεονέκτημα για ένα ζώο να πέφτει σε χειμερία νάρκη
- ✓ μείωση Θερμοκρασίας ασθενούς κατά την διάρκεια χειρουργικής επέμβασης  $\rightarrow$  μείωση κατανάλωσης οξυγόνου.



## Κατανάλωση οξυγόνου και καταβολικός ρυθμός για διάφορες δραστηριότητες

Η φυσική κατάσταση κάθε ανθρώπου χαρακτηρίζεται και η αθλητική του επίδοση περιορίζεται, από την ικανότητα του να καταναλώνει οξυγόνο.

**Πίνακας:** Φυσική κατάσταση και μέγιστη κατανάλωση οξυγόνου σε ml O<sub>2</sub> ανά min και kg βάρους σώματος.

Φυσική κατάσταση	Πολύ κακή	Κακή	Μέτρια	Καλή	Εξαιρετική
Μέγιστος ρυθμός καταναλώσεως O <sub>2</sub> ml/(min·kg)	28	34	42	52	70

Όσο καλύτερη η φυσική του κατάσταση και η σωματική του εξάσκηση, τόσο υψηλότερος ο μέγιστος ρυθμός καταναλώσεως οξυγόνου





**Πίνακας: Ρυθμός καταναλώσεως οξυγόνου ανά kg βάρους και ρυθμός καταβολισμού  $-\frac{\Delta E}{\Delta t}$  για διάφορες δραστηριότητες.**

Ρυθμοί→  Δραστηριότητες	ml/(sec·kg)	watt	kcal/hr
	<b>Υπνος</b>	3.5	70
<b>Ελαφρά δραστηριότητα</b> (βαδίζοντας πολύ αργά, καθήμενος σε διάλεξη ξύπνιος, ελαφρά οικιακά)	10	200	230
<b>Μέση δραστηριότητα</b> (Ποδηλατοδρομία με $v=15\text{km/hr}$ , κολύμβηση με $v=1,5\text{ km/hr}$ , φτυάρισμα)	20	400	465
<b>Βαρεία δραστηριότητα</b> (ποδόσφαιρο, πριόνισμα)	25	500	580
<b>Πολύ βαρεία δραστηριότητα</b> (καλαθοσφαίριση, γρήγορη κολύμβηση)	30	600	700
<b>Εξαιρετικά βαρεία δραστηριότητα</b> (ποδηλατοδρομία με $v=45\text{ km/hr}$ )	70	1400	1600

Ο πίνακας συνδέει διάφορες δραστηριότητες με τον αναγκαίο για την πραγματοποίησή τους ρυθμό καταναλώσεως  $O_2$  και τον αντίστοιχο ρυθμό καταβολισμού για άνθρωπο βάρους 65 kg και για  $\Theta \cdot I \cdot O_2 = 4,8\text{ kcal/lit}$ .



Οι προηγούμενοι πίνακες οδηγούν σε ενδιαφέροντα ποσοτικά συμπεράσματα:

- (α) **Ανθρωπος σε πλήρη ανάπαυση** ( $\Delta W=0$ ) υφίσταται λόγω εσωτερικής λειτουργίας, ελάττωση της εσωτερικής του ενέργειας με ρυθμό  $-\Delta E/\Delta t = 70\text{kcal/hr} = 80\text{watt}$ . Αυτός καλείται ρυθμός βασικού μεταβολισμού ή καταβολισμού.
- (β) **Ο μέσος σπουδαστής** (ξύπνιος και ελαφρά κινούμενος κατά την παράδοση) προσφέρει στον χώρο της τάξεως περίπου  $150\text{ watt}$ , δηλαδή όσο μία μεγάλη λάμπα πυρακτώσεως!!!
- (γ) **Ανθρωπος που ζει καθιστική ζωή** χρειάζεται περίπου  $2500\text{ kcal}$  την ημέρα.



(δ) Ελαττώνοντας κατά 500 kcal την ημέρα την τροφή του (από 2500 σε 2000 kcal/ημέρα) ο άνθρωπος αυτός χάνει 1kg βάρους σε:

$$\frac{1000gr \cdot \text{λιπους} \cdot [9,3 kcal / gr \cdot \text{λιπους}]}{500 kcal / \text{ημερα}} = 19 \text{ ημερες}$$

- Αν προσπαθήσει να χάσει το ίδιο βάρος με βαριά φυσική δραστηριότητα (500 kcal/hr) πρέπει να ... προιονίζει επί 19 ώρες, ή τουλάχιστο δύο ημέρες.
- Η βαριά δουλειά, που «ανοίγει και την όρεξη», θα τον παρασύρει ίσως σε υπερτροφία και τελικά μπορεί να χάσει μικρό μόνο μέρος του 1 kg.



# ΕΡΓΟ ΚΑΙ ΙΣΧΥΣ



## Παραγωγή ισχύος και βαθμός αποδόσεως του σώματος

- Ο ρυθμός καταβολισμού  $(-\Delta E / \Delta t)$  κατανέμεται:
- ✓ στο ρυθμό αποβολής από το σώμα **θερμότητας**  $(-\Delta Q / \Delta t)$  και
  - ✓ στην παραγωγή από το σώμα **μηχανικής ισχύος**  $(\Delta W / \Delta t)$ .

Ο βαθμός αποδόσεως  $n$  της θερμικής μηχανής: «ανθρώπινο σώμα» είναι:

$$n = \frac{(\Delta W / \Delta t)}{(\Delta E / \Delta t)}$$

Στον ορισμό αυτό τα  $(\Delta W / \Delta t)$  και  $(\Delta E / \Delta t)$  θεωρούνται θετικοί αριθμοί

Η τιμή του  $n$  εξαρτάται από το είδος και το ρυθμό της δραστηριότητας. Ο  $n$  μειώνεται ανάλογα με την ελάττωση του  $(\Delta W / \Delta t)$  και μηδενίζεται κατά την ακινησία  $(\Delta W / \Delta t = 0)$ . Η υψηλή παραγωγή ισχύος όμως κουράζει και γι' αυτό δεν μπορεί να διαρκέσει επί πολύ χρόνο.



# ΔΙΑΔΟΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΙΒΑΣΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ ΣΤΗΝ ΒΙΟΛΟΓΙΑ



Η προερχόμενη από τον **ήλιο** ακτινοβολία, φέρνει ισχύ κατά μέσο όρο **1,4 kW ανά m<sup>2</sup>** εδάφους στο οποίο προσπίπτει.

### ζώντες οργανισμοί:

παραγωγή ενέργειας ⇔ υποπροϊόν ⇔ χημικές αντιδράσεις (μεταβολική δραστηριότητα)

οργανισμός σε κατάσταση θερμικής ισορροπίας:

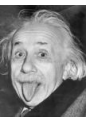
παραγόμενη δια του  
μεταβολισμού ενέργεια E

=

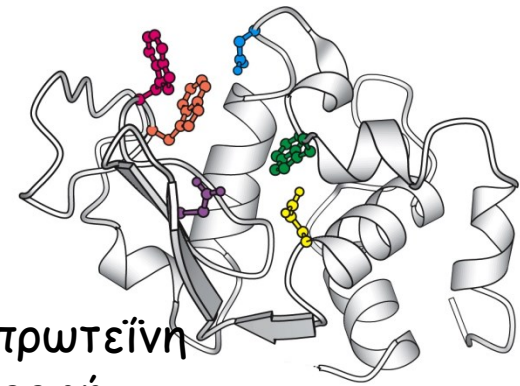
θερμότητα που μεταβιβάζει ο  
οργανισμός στο περιβάλλον Q

*Η περιοχή των θερμοκρασιών ισορροπίας μέσα στην οποία οι οργανισμοί μπορούν να ζήσουν, καθορίζεται από τις επιδράσεις της θερμοκρασίας σε βιολογικές ουσίες:*

- πρωτεΐνες,
- πυρηνικά οξέα
- λιποειδικά μόρια των κυτταρικών μεμβρανών.



## πρωτεΐνες:



μεγάλα μόρια, αποτελούμενα από αλυσίδες αμινοξέων. Η πρωτεΐνη έχει **ελάχιστη δυναμική ενέργεια** όταν έχει τη **διπλωμένη** μορφή.

- Μια αμιγής πρωτεΐνη, που ευρίσκεται σε ένα υγιή οργανισμό, έχει μία χαρακτηριστική **σύνθεση**. Δηλαδή τα **αμινοξέα** έχουν ορισμένη διάταξη στην αλυσίδα.
- Σημαντικές αλλαγές στη θερμοκρασία επηρεάζουν και το μόριο και το περι αυτό διάλυμα.
- Έτσι μπορούν να επιφέρουν μεταβολές της πρωτεϊνικής αλυσίδας, όπως **αποδίπλωση** και μεγάλη **ευλυγισία**, ώστε να μην μπορεί πια να εκτελέσει τις βιολογικές της λειτουργίες (Θερμική αλλοίωση)
- ✓ Η θερμοκρασία μεγίστης σταθερότητας πολλών πρωτεϊνών κυμαίνεται από **10° C ÷ 20° C**.
- ✓ Όταν όμως πλησιάζουν υψηλότερες (**40° C**) ή χαμηλότερες (**0° C**) θερμοκρασίες αλλοιώνονται.

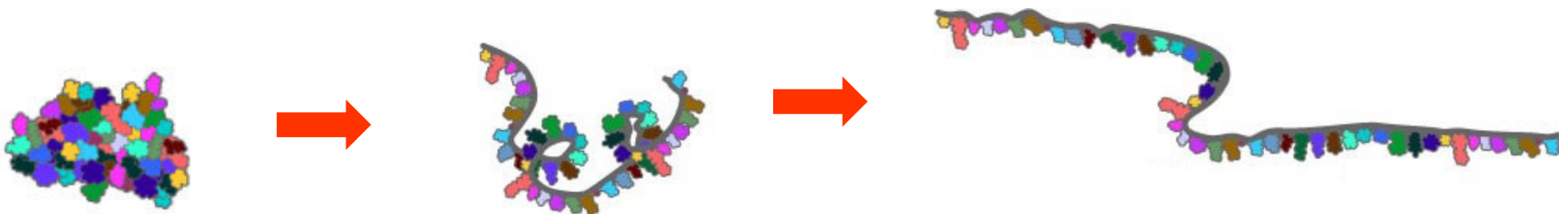




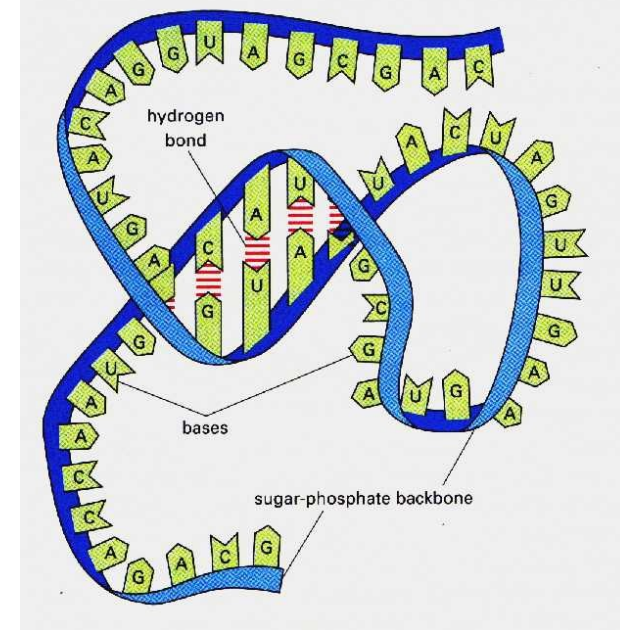
Ο ρυθμός μίας χημικής αντίδρασης περιορίζεται από την ποσότητα του ενζύμου που την διευκολύνει σαν καταλύτης. Θεωρητικά ο ρυθμός αντίδρασης πρέπει να εξακολουθήσει αυξανόμενος εκθετικά με την αύξηση της θερμοκρασίας.

Στην πράξη όμως, ο ρυθμός φθάνει σε ένα **μέγιστο** και μετά μειώνεται, επειδή τα περισσότερα των ενζυμικών μορίων αλλοιώνονται σε υψηλότερες θερμοκρασίες.

- οι μεταβολικές δραστηριότητες σε ένα οργανισμό συνδέονται:
- με θερμοκρασίες μεγίστου ρυθμού **και**
- μεγάλες απομακρύνσεις** από καθορισμένες περιοχές θερμοκρασίας έχουν σαν αποτέλεσμα την **κακή λειτουργία ή και τον θάνατο**.



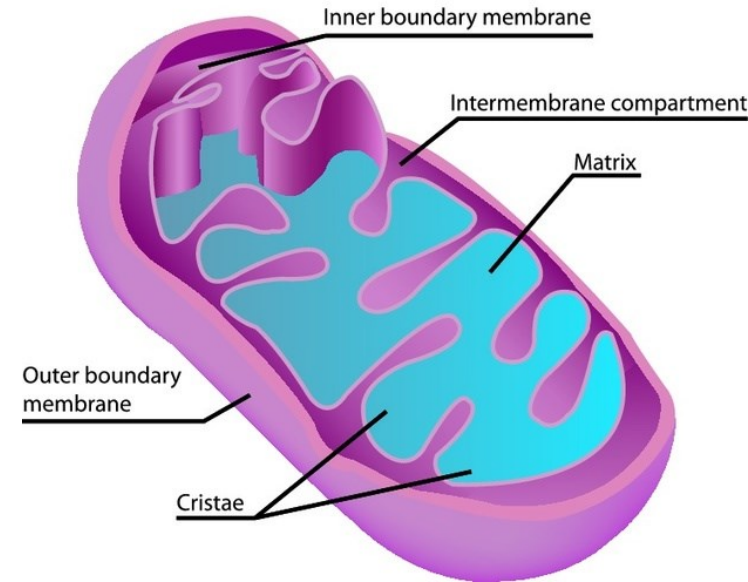
## πυρηνικά οξέα (DNA, RNA):



- η υψηλή θερμοκρασία έχει παρόμοια επίδραση, δηλαδή θραύει τους δεσμούς μεταξύ των ελίκων οπότε αυτές αποσυνδέονται και χωρίζουν.
- Η αλλοίωση αυτή της δομής συμβαίνει γενικώς σε υψηλότερες θερμοκρασίες από ότι με τις πρωτεΐνες.



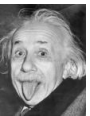
μεμβράνες και τα μεμβρανώδη  
μορφώματα των κυττάρων  
(π.χ. μιτοχόνδρια):



καταστρέφονται σε χαμηλές θερμοκρασίες ( $0^{\circ}\text{C}$  ή χαμηλότερες)  
=> απελευθέρωση λιπιδίων.

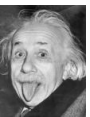
Η καταστροφή αυτή οφείλεται πιθανώς σε αλλοιώσεις του ισοζυγίου των  
ιόντων του κυτταρικού υγρού εξαιτίας της βραδείας ανάπτυξης  
**παγοκρυστάλλων.**

Εάν τα κύτταρα **παγώσουν με ειδικό ρυθμό**, μπορούν να διατηρηθούν σε  
θερμοκρασία υγρού αζώτου και να επιβιώσουν.



Από τα ανωτέρω συμπεραίνεται ότι:

- κάθε οργανισμός μπορεί να επιβιώσει μόνον μέσα σε ορισμένα όρια εσωτερικών θερμοκρασιών
- Τα θηλαστικά και τα πτηνά, είναι ικανά να διατηρούν μία σταθερή εσωτερική θερμοκρασία (θερμόαιμα) και καλούνται «**ΟΜΟΙΟΘΕΡΜΑ**»
- Σε όλα τα υπόλοιπα ζώα η εσωτερική θερμοκρασία αυξάνεται και μειούται συναρτήσει της εξωτερικής θερμοκρασίας (ψυχρόαιμα), χωρίς βέβαια κι οι δύο να έχουν την αυτή τιμή. Τέτοιοι οργανισμοί καλούνται «**ΠΟΙΚΙΛΟΘΕΡΜΑ**»
- **ΘΑΝΑΤΟΣ**: παύση μεταβολισμού: η αποθηκευμένη ενέργεια εκλύεται με προβλέψιμο ρυθμό, μέχρις ότου το σώμα ψυχθεί στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Έτσι μπορεί να εκτιμηθεί η χρονική στιγμή του θανάτου κάποιου που πέθανε πρόσφατα με την μέτρηση της θερμοκρασίας του νεκρού σώματος



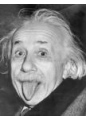
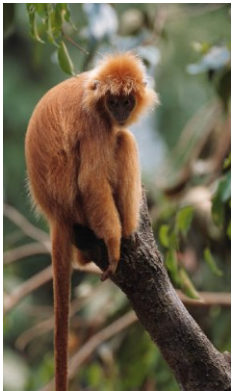


Η απόκριση ενός οργανισμού σε μία μεταβολή της εξωτερικής θερμοκρασίας μπορεί να είναι η ακόλουθη:

A. η απόπειρα διατήρησης της αρχικής εσωτερικής θερμοκρασίας δια μεταβολής των ρυθμών παραγωγής και μεταφοράς θερμότητας (ομοιόθερμα).

**Δραστήριοι Οργανισμοί** ακόμη και σε ψυχρά κλίματα:

Η σταθερή θερμοκρασία του σώματος των ομοιοθέρμων επιτρέπει στις διαδικασίες μεταβολισμού να συμβαίνουν **με σταθερό ρυθμό** με αποτέλεσμα τα ζώα αυτά να παραμένουν δραστήρια ακόμα και σε ψυχρά κλίματα.



Έχουν το σημαντικό βιολογικό πλεονέκτημα, που δημιούργησε η εξέλιξή τους,

- να λειτουργούν ανεξάρτητα από την εξωτερική θερμοκρασία.
- **κεντρική περιοχή του οργανισμού** → σε σταθερή θερμοκρασία,
- **επιφανειακοί ιστοί** → συνήθως σε χαμηλότερη θερμοκρασία.
- η θερμότητα που παράγεται στο κέντρο ρέει δι' **αγωγιμότητας** των ιστών και δια **μεταφοράς** του αίματος προς την επιφάνεια.



## μερικώς ομοιόθερμα



Μερικά ζώα είναι μόνον μερικώς ομοιόθερμα. π.χ.

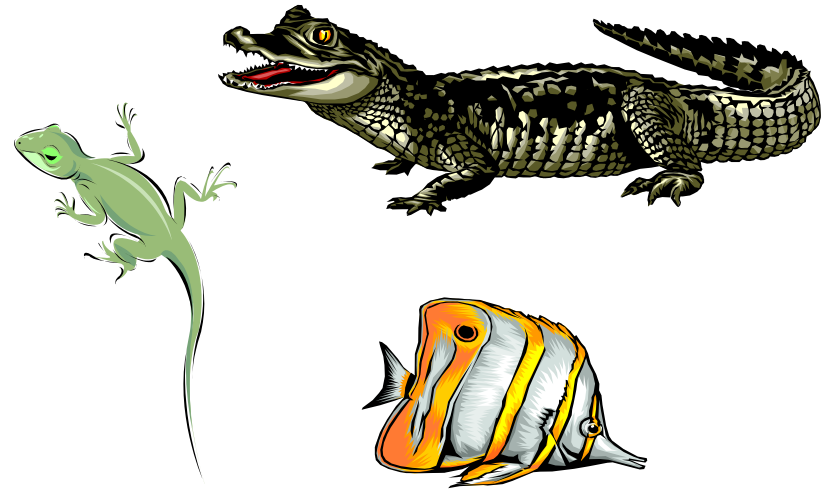
- ✓ η θερμοκρασία ενός κολυμβητή πέφτει τη νύχτα (**νυχτερινή υποθερμία**) για να διαφυλάξει την ενέργεια η οποία του είναι αναγκαία, για να διατηρήσει την θερμοκρασία του κατά την ημέρα.
- ✓ Το ίδιο συμβαίνει με τα ζώα που πέφτουν σε **χειμερία νάρκη** (αρκούδες)





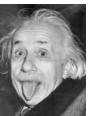
Η απόκριση ενός οργανισμού σε μία μεταβολή της εξωτερικής θερμοκρασίας μπορεί να είναι η ακόλουθη:

Β. Η δημιουργία βιοχημικών μεταβολών που τον κάνουν ικανό να λειτουργήσει σε νέα εσωτερική θερμοκρασία (ποικιλόθερμα).



Εκτός από τα θηλαστικά και τα πτηνά, σε όλα τα υπόλοιπα ζώα η εσωτερική θερμοκρασία αυξάνεται και μειούται συναρτήσει της εξωτερικής θερμοκρασίας ("ψυχρόαιμα"). Τα ποικιλόθερμα ευρίσκονται πρακτικά στο έλεος του περιβάλλοντος

\* *Ψυχρόαιμα: παραπλανητικός ορισμός. Ένα ποικιλόθερμο ζώο όπως ο βάτραχος ή το φίδι έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία σώματος από ένα θηλαστικό όταν κάνει ζέστη.*







## προσαρμογή, εγκλιματισμός και πρόσκαιρος εγκλιματισμός

Η απόκριση του οργανισμού στο περιβάλλον μπορεί να επεκταθεί:

- σε αρκετές γενεές ειδών, οπότε καλείται «**προσαρμογή**» (adaptation) ή
- σε περίοδο μιας ζωής ενός οργανισμού που καλείται «**εγκλιματισμός**» (acclimatization)
- μιας σχετικά βραχείας περιόδου της ζωής του, που μπορεί να κληθεί «**πρόσκαιρος εγκλιματισμός**» (acclimation).

Οι μπλε κηλίδες μετατρέπονται σε βιολετί με τη μείωση της θερμοκρασίας (πιθανώς θερμορυθμιστική προσαρμογή στις χαμηλές θερμοκρασίες)





## Παραδείγματα προσαρμογής των ποικιλοθέρμων σε ακραία θερμικά όρια περιβάλλοντος:

- τα **θερμόφιλα**, φύκη και μικρόβια τα οποία ζουν σε θερμές περιοχές (θερμοκρασίες  $50^{\circ}\div 75^{\circ}\text{C}$ )
- τα **ψυχρόφιλα**, τα οποία μπορούν να αναπτυχθούν σε  $0^{\circ}\text{C}$ .

Ακόμη και σε συνήθεις συνθήκες της ατμόσφαιρας, η θερμοκρασία των φύλλων ενός φυτού, θα μπορούσε να ανέβει **σε τεράστιες τιμές** εξ' αιτίας της απορρόφησης ηλιακής ενέργειας, εάν η θερμότητα δεν μεταβιβάζονταν από το φυτό στον αέρα δια μεταφοράς.



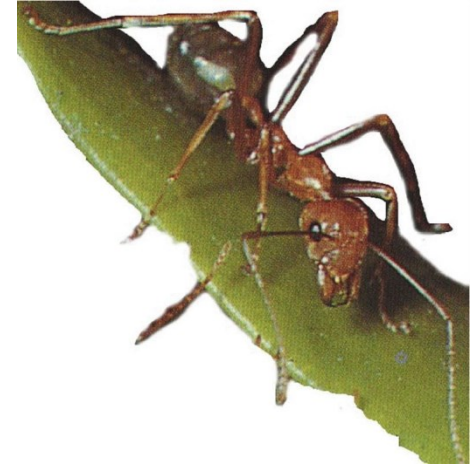
## χνούδι των φύλλων



Το χνούδι των φύλλων (π.χ. σε κάκτους) βελτιώνει την αποτελεσματικότητα της μεταφοράς θερμότητας προς το περιβάλλον, με αύξηση της δραστηρικής επιφάνειας μεταβίβασης της θερμότητας.



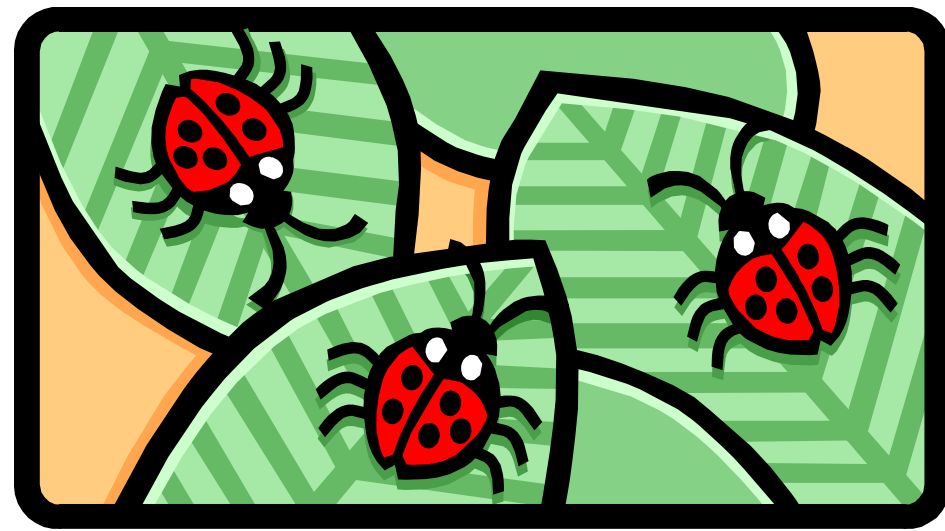
## Μυρμήγκια



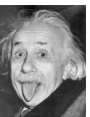
- Σε θερμοκρασίες από  $20^{\circ}\div 25^{\circ}\text{ C}$  βρέθηκε ότι δεν έχουν γλυκερόλη στους ιστούς. Εάν όμως μέσα σε μία εβδομάδα η θερμοκρασία του περιβάλλοντος ελαττωθεί σταδιακά σε  $0^{\circ}$  τα μυρμήγκια βαραίνουν κατά 10% λόγω παραγωγής γλυκερόλης.
- Η γλυκερόλη προφυλάσσει τις κυτταρικές μεμβράνες από το ψύχος (παράδειγμα πρόσκαιρου εγκλιματισμού)



## Έντομα



- Η κύρια διεργασία μεταβίβασης θερμότητας από τα έντομα στον αέρα είναι η **εξαναγκασμένη** μεταφορά της, λόγω ρεύματος αέρα. Έτσι μεταβιβάζεται το 60-80% της ενέργειας που παράγεται κατά την πτήση ενός **σκαραβαίου**.
- Το στρώμα από χνούδι στις **μέλισσες** φαίνεται να είναι προσαρμοστική απόκριση, που μονώνει σε χαμηλές θερμοκρασίες το έντομο και μειώνει το ρυθμό απώλειας θερμότητας δια μεταφοράς.



## Υδρόβια



- Τα υδρόβια (ιχθύες, ερπετά) έχουν **εσωτερικές θερμοκρασίες πολύ κοντά στις εξωτερικές**.
- Αυτό συμβαίνει διότι η θερμική αγωγιμότητα και η ειδική θερμότητα του νερού είναι αρκετά υψηλές για να μεταβιβαστεί σε αυτό η θερμότητα που παράγει το ζώο, έστω και αν η διαφορά θερμοκρασίας είναι μικρή.



## Ερπετά



- Τα ερπετά της ξηράς μπορούν να διατηρούν εσωτερικές θερμοκρασίες με διαφορά λίγων βαθμών Kelvin από το περιβάλλον.
- Ερπετά της ερήμου έχουν αναπτύξει ειδικές θερμορυθμιστικές μεθόδους:
  - ✓ αποφεύγουν τον ήλιο
  - ✓ λαχανιάζουν σε υψηλές θερμοκρασίες, ώστε να επέρχεται αυξημένη απώλεια ενέργειας λόγω της εξάτμισης των υγρών του σώματος.

Το νερό απορροφά περί τα  $2500 \text{ J}\cdot\text{gr}^{-1}$ , κατά την εξάτμισή του σε θερμοκρασία σώματος.

Η εξάτμιση δηλαδή είναι πολύ αποτελεσματική μέθοδος ψύξης



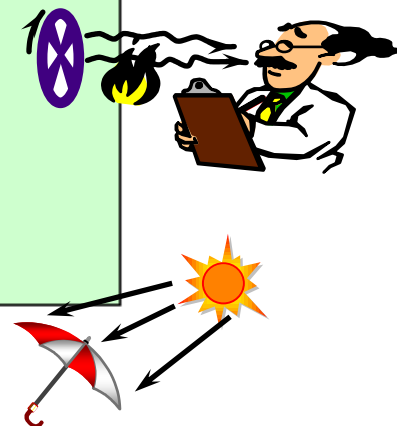
# ΑΠΩΛΕΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΩΜΑ

ΔΙΑΔΟΣΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΙΒΑΣΗ  
ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ ΣΤΗΝ ΥΛΗ

## Διάδοση και μεταβίβαση θερμότητας

Η διάδοση της θερμικής ενέργειας από ένα σώμα σε άλλο γίνεται με τρεις τρόπους:

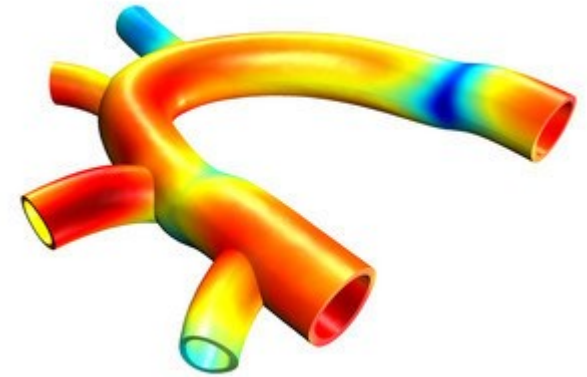
- ⇒ **αγωγή:** Μεταβίβαση θερμότητας μέσω ύλης χωρίς μετακίνηση της ύλης
- ⇒ **μεταφορά:** Μεταβίβαση θερμότητας με μεταφορά της ύλης
- ⇒ **ακτινοβολία:** Μεταβίβαση θερμότητας χωρίς μεσολάβηση ύλης.





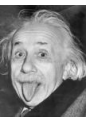
Η θερμότητα φθάνει από το εσωτερικό στην επιφάνεια του σώματος:

- δι'εξαναγκασμένης μεταφοράς δια της ροής του αίματος από το κέντρο προς τα περιφερειακά τριχοειδή αγγεία.



- δι'αγωγής (δια μέσου και του στρώματος του υποδόριου λίπους) και

- Μέσω αναπνοής (εξάτμιση της υγρασίας στις αναπνευστικές οδούς και τους πνεύμονες).



Η θερμότητα φθάνει από το εσωτερικό στην επιφάνεια του σώματος:

- σε συνήθεις θερμοκρασίες περιβάλλοντος η θερμική αντίσταση του στρώματος του λίπους είναι **βραχυκυκλωμένη** από τη ροή του αίματος
- η **φλεβική κυκλοφορία** μειώνει την απώλεια θερμότητας ή βοηθάει την ψύξη:
  - ✓ Όταν ο καιρός είναι **ψυχρός**, το αίμα επιστρέφει στην καρδιά μέσω εσωτερικών φλεβών που ευρίσκονται σε επαφή με τις αρτηρίες που μεταφέρουν το αίμα στα άκρα.
  - ✓ Το καλοκαίρι ή σε ένα **θερμό** περιβάλλον η φλεβική κυκλοφορία επιτελείται κοντά στο δέρμα, αυξάνοντας έτσι την θερμοκρασία του δέρματος με αποτέλεσμα την αύξηση της απώλειας θερμότητας του σώματος.



Όταν η θερμότητα φθάσει στην επιφάνεια του σώματος:

- πρέπει πρώτα να περάσει δίαγωγής από στρώμα φτερών, τριχών ή ρούχων. Για αύξηση της απώλειας το τρίχωμα ή το φτέρωμα πέφτει. Με αυτόν τον τρόπο, μειώνεται το πάχος του παγιδευμένου μονωτικού στρώματος αέρος. Το αντίθετο συμβαίνει όταν χρειάζεται μόνωση.
- Στη συνέχεια η θερμότητα μεταβιβάζεται στον αέρα κυρίως δια μεταφοράς (ρεύματα) και λιγότερο δι' αγωγής (ο αέρας είναι θερμομονωτικός).

(Η απώλεια θερμότητας είναι μεγαλύτερη όταν ο αέρας κινείται παρά όταν είναι ακίνητος. π.χ. Για  $\theta = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$  και ταχύτητα ανέμου =  $10\text{ m/s}$  η επίδραση στην ψύξη του σώματος θα είναι η ίδια με εκείνη όπου η πραγματική θερμοκρασία είναι  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).



Όταν η θερμότητα φθάσει στην επιφάνεια του σώματος:

- δι' ακτινοβολίας  
Σε φυσιολογικές συνθήκες, περίπου το 50% της ενέργειας που χάνεται, είναι αποτέλεσμα εκπομπής ακτινοβολίας, ακόμα και εάν η θερμοκρασία περιβάλλοντος δεν είναι πολύ χαμηλότερη από την θερμοκρασία του σώματος.
- με τον ελεγχόμενο από τον οργανισμό μηχανισμό της εξατμίσεως νερού  
(υπό φυσιολογικές συνθήκες θερμοκρασίας και απουσία σκληρής εργασίας ή άσκησης, αυτή η μέθοδος ψύξης είναι ασήμαντη. Σε ακραίες συνθήκες ένα άτομο μπορεί να παράγει πάνω από 1 λίτρο ιδρώτα ανά ώρα)



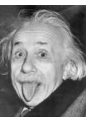


□ Επίδραση του ρουχισμού.

Στην αρκτική χρειάζεται ντύσιμο 4 Clo  
(όταν η γούνα της αλεπούς παρέχει μόνωση 6 Clo)

συνθήκες ορισμού του 1 Clo:

- ✓ Το άτομο αισθάνεται άνετα, ήρεμο,
- ✓ ταχύτητα αέρα 0,1 m/s,
- ✓ υγρασία μικρότερη από 50%
- ✓ διατηρείται θερμοκρασία σώματος 34 °C
- ✓ αντιστοιχεί σε ντύσιμο με ελαφρύ κουστούμι



## υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος

τα **ομοιόθερμα**, για να διατηρήσουν σταθερή την εσωτερική θερμοκρασία τους, αντιδρούν και επιτυγχάνουν το θερμικό ισοζύγιο (παραγωγή ίση με απώλεια) με:

- αύξηση της περιφερικής κυκλοφορίας δια διαστολής των αγγείων (αύξηση ρυθμού μεταφοράς προς την επιφάνεια)
- αύξηση της εφιδρώσεως και της αναπνευστικής εξατμίσεως

Στον άνθρωπο:

- η **αγγειοδιαστολή** μπορεί να αυξήσει δραστικά την θερμική αγωγιμότητα δια του δέρματος στο **8πλάσιο**.
- η **εφίδρωση** μπορεί να δώσει πάνω από **1 kg** νερού ανά ώρα, που εξατμιζόμενο απορροφά ισχύ **700 watt**.



## χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος

το νευρικό σύστημα των ομοιόθερμων αντιδρά προς μείωση της μεταφοράς

**Θερμοστάτης οργανισμού:** περιέχεται στον υποθάλαμο του εγκεφάλου

- Η **αγγειοσυστολή** μειώνει τη ροή του αίματος προς την επιφάνεια του σώματος (ο άνθρωπος ωχριά). Έτσι λειτουργεί αποδοτικά η μονωτική ιδιότητα του υποδόριου λίπους.
- η **ροή του αίματος** προς τα άκρα του σώματος περιορίζεται, κάνοντας οικονομία ενέργειας, για να διατηρηθεί η θερμοκρασία του κέντρου.



## χαμηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος

Εάν η ανταπόκριση της αγγειοσυστολής και τα ρούχα ή το σήκωμα των φτερών (παχύτερο μονωτικό στρώμα ακίνητου αέρα) δεν επαρκέσουν για τη διατήρηση της σταθερής εσωτερικής θερμοκρασίας, τότε αναγκαστικά πρέπει να αυξηθεί η παραγωγή θερμότητας.

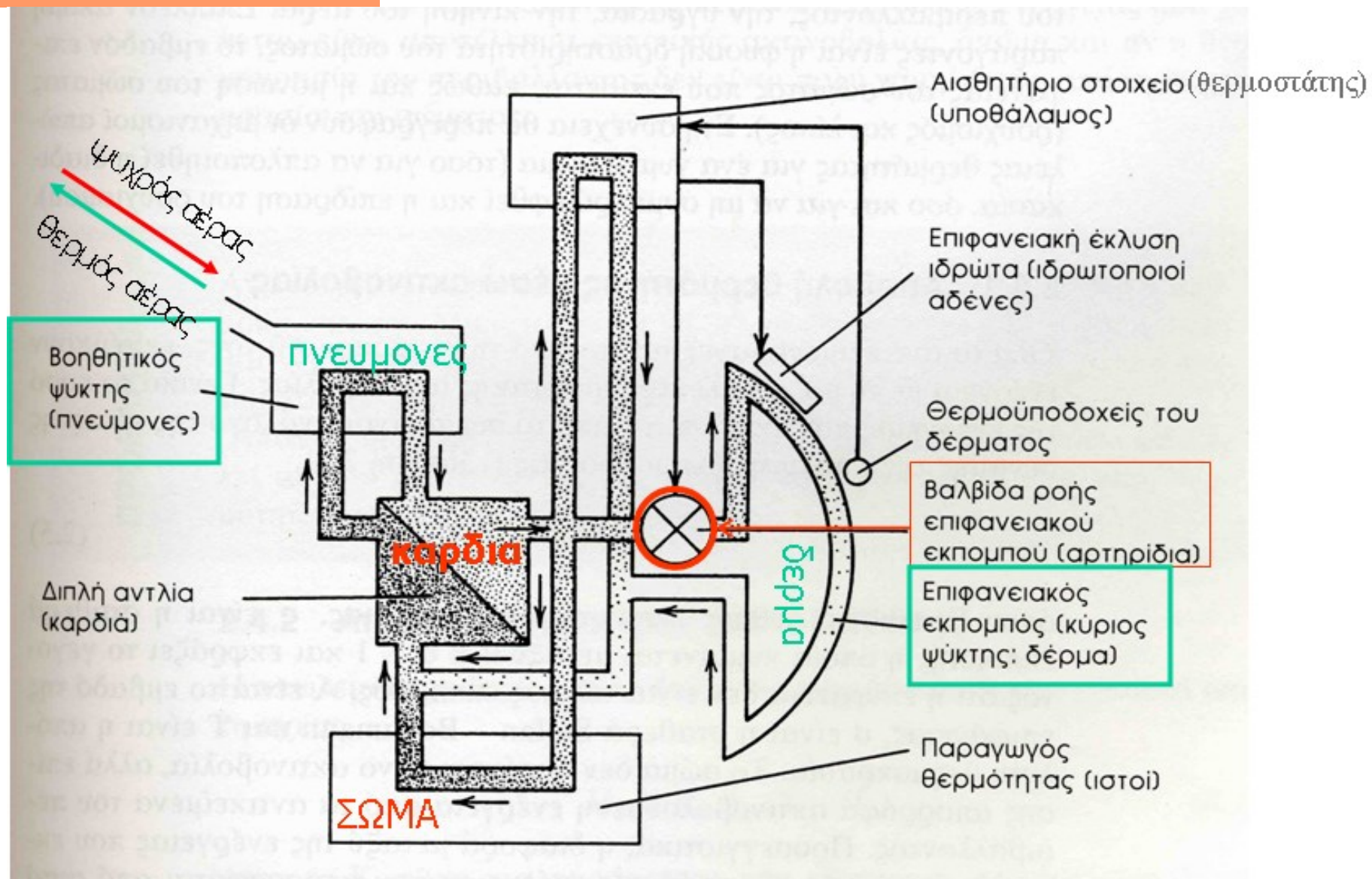
Αυτή η αύξηση επιτυγχάνεται:

- **βραχυπρόθεσμα** με ρίγη
- για περισσότερο χρόνο (**πρόσκαιρος εγκλιματισμός**) με αλλαγές στη δραστηριότητα των ενζύμων που οδηγεί σε αυξημένο ρυθμό μεταβολισμού.





# ΑΠΩΛΕΙΑ ΘΕΡΜΟΤΗΤΟΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΩΜΑ



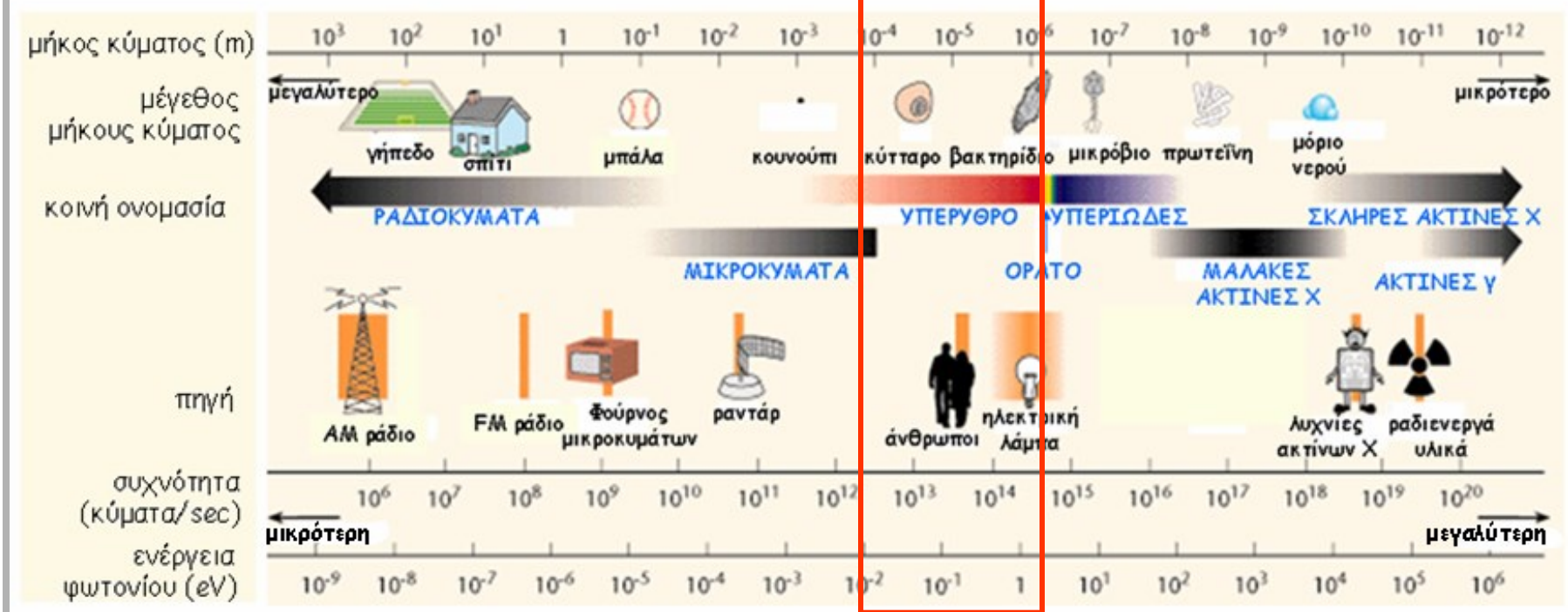
Σχηματική αναπαράσταση του συστήματος αποβολής θερμότητας



# ΘΕΡΜΟΓΡΑΦΙΑ



## ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ

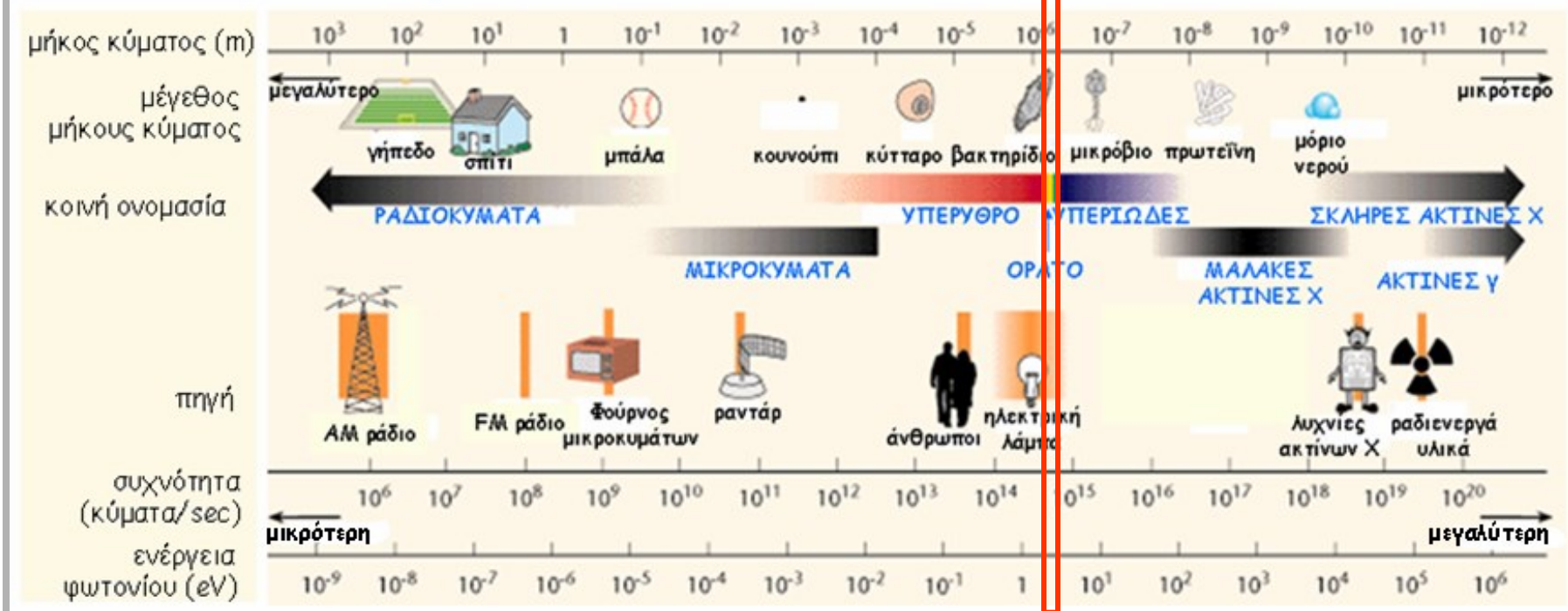


Μέγιστο πυκνότητας θερμικής ροής ηλιακού φάσματος: στο υπέρυθρο





## ΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΟ ΦΑΣΜΑ



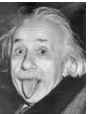
Μέγιστο φωτεινής ισχύος ηλίου : ορατό φάσμα

Απο το "στενο" παραθυρο :  
 $0.40 \mu\text{m}$  (αρχη υπεριωδους)  $< \lambda < 0.75 \mu\text{m}$  (αρχη υπερυθρου)  
 βλέπουμε τον κόσμο.





Τα περισσότερα επίγεια αντικείμενα είναι **πολύ ψυχρά** για να τα δει το μάτι μας μέσω της ακτινοβολίας που εκπέμπουν τα ίδια (εκτός αν είναι ερυθροπυρωμενα). Διαφορετικά τα βλέπουμε μέσω του φωτός που ανακλάται πάνω τους.



Το συστημα διακρινει πολυ μικρες διαφορες θερμοκρασιας ( $0,2^{\circ}\text{C}$ ).

Η εικονα επηρεαζεται απο την κατανομη της θερμοκρασιας υπο την επιφανεια του αντικειμενου. Ετσι δινει την εντυπωση οτι το αντικειμενο λαμπει απο τα εσω προς τα εξω.

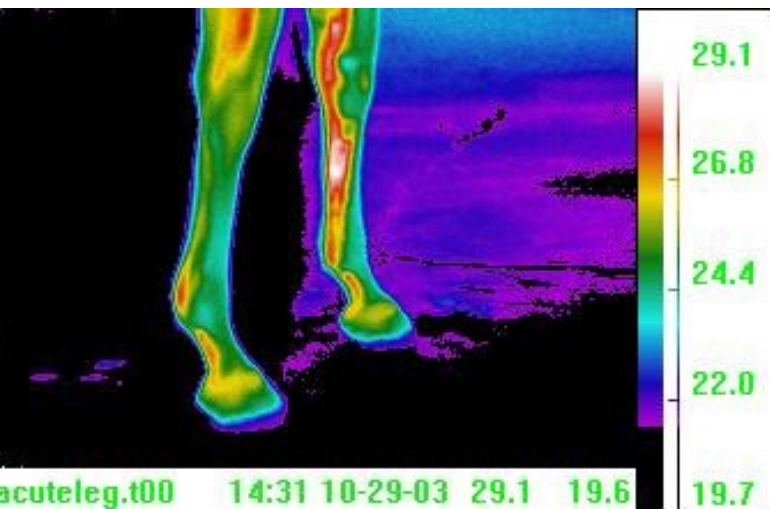
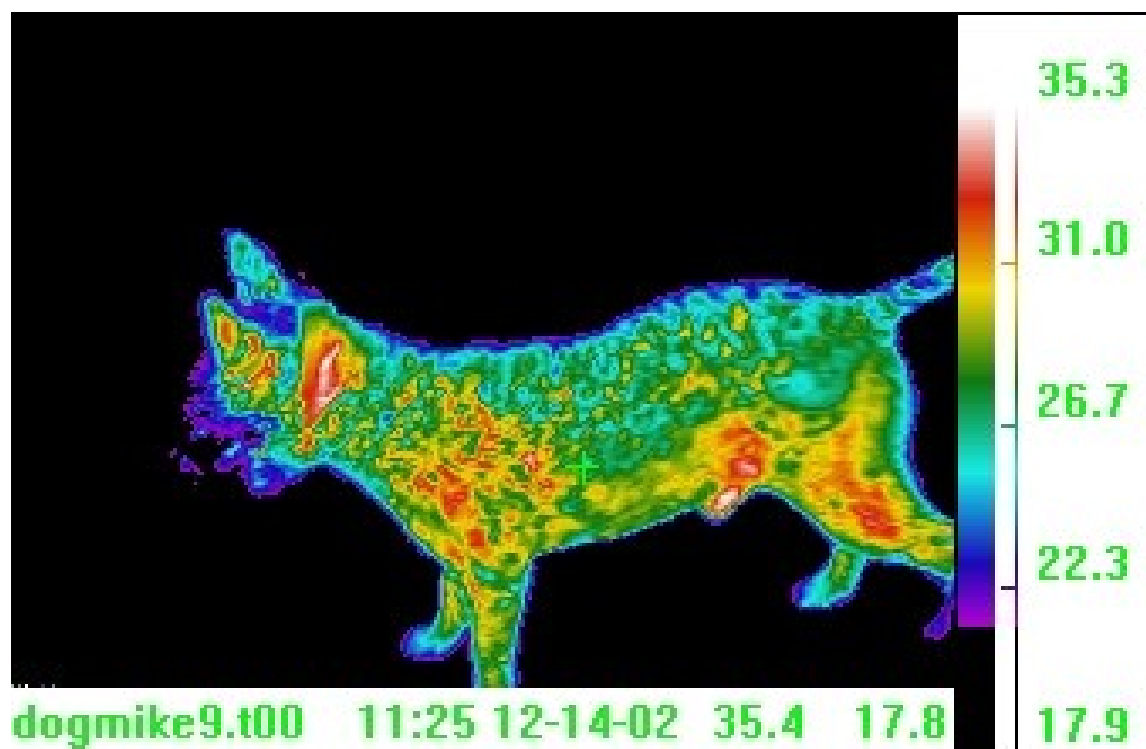


Θερμογράφος



Χειριστήριο





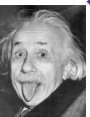
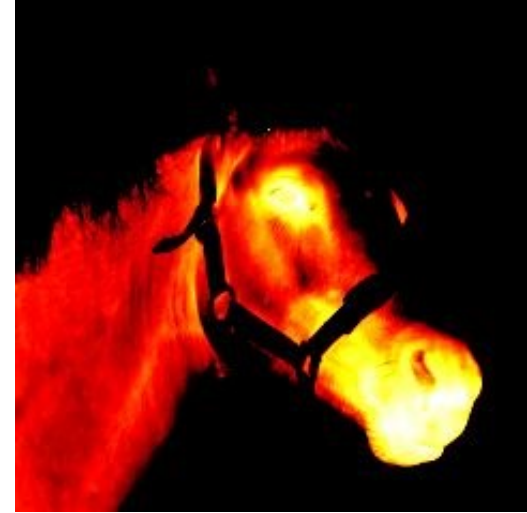
- παραμονη λιγα λεπτα σε ψυχρο δωματιο
- το δερμα αλειφεται με οινοπνευμα (επιφανειακη ψυξη)
- βλεπουμε ετσι τις υποδόριες διαφορές θερμοκρασίας)





## Πλεονεκτηματα - εφαρμογες:

- ✓ ευκολία εφαρμογής, χαμηλό κόστος
- ✓ απουσία βιολογικής βλάβης
- ✓ Θετικό ή ύποπτο θερμογραφημα σε καρκίνο του μαστού οδηγεί σε μαστογραφίας
- ✓ βοηθεί στη διάγνωση περιφερικών κυκλοφορικών προβλημάτων
- ✓ δεν αντικαθιστά την αρτηριογραφία αλλά δείχνει τα αποτελέσματα της Θεραπείας
- ✓ κακοήθεις όγκοι και φλεγμονές = τοπική αύξηση της T.
- ✓ κυκλοφοριακές διαταραχές = δίνουν ψυχρές περιοχές. Οι διαφορές αυτές ροής αίματος πριν και μετά την εγχείρηση δείχνουν τον βαθμό αποκατάστασης που πέτυχε η Θεραπεία.
- ✓ δυναμικές μελέτες
- ✓ ελάττωση ακρωτηριασμών διαβητικών κατά 20-30% αποκαλύπτοντας θερμές περιοχές







Θέρμανση με την βοήθεια υπερήχων





## Θέρμανση με την βοήθεια υπερήχων

- ❑ Οι Θεραπευτικοί υπέρηχοι συνιστούν μορφή ακουστικής ενέργειας για την θεραπεία μυοσκελετικών βλαβών, συμπεριλαμβανομένων φλεγμονών και πληγών. Προσφέρουν θερμότητα σε βάθος αποφεύγοντας την υπερθέρμανση του δέρματος.
- ❑ Χρησιμοποιούνται στην μείωση του πόνου και των μυϊκών σπασμών, εμποδίζουν την μετάδοση σημάτων στις νευρικές ίνες, βοηθούν στην επούλωση πληγών, στην απορρόφηση αιματωμάτων, μειώνουν τις φλεγμονές και τις ουλές του δέρματος. Αυξάνουν την κυκλοφορία του αίματος στην περιοχή εφαρμογής.
- ❑ Αυξάνουν την διαπερατότητα των κυτταρικών μεμβρανών στα ιόντα και σε άλλες ουσίες.
- ❑ Αυξάνουν την ελαστικότητα, την επαναμοντελοποίηση και την παραγωγή του κολλαγόνου.



# Παλμική Ηλεκτρομαγνητική (Η/Μ) Θεραπεία



Μειώνει και ελαχιστοποιεί τις φλεγμονές. Βοηθά στην αύξηση της αιματικής κυκλοφορίας, στην επούλωση των καταγμάτων, στην μείωση του πόνου και στην επούλωση των πληγών.





## Low-level Laser Therapy (LLLT)



- ❑ Η LLLT διεγείρει τις λειτουργίες επανόρθωσης, ανακουφίζει τις φλεγμονές, επουλώνει τις επιφανειακές πληγές και διεγείρει την αιματική και λεμφαγγειακή κυκλοφορία.
- ❑ Αυξάνει την σεροτονίνη και με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνει την ηρεμία του ζώου.
- ❑ Η εφαρμογή laser παρουσιάζει βιο-διεγερτικές ιδιότητες όπως: επιτάχυνση της κυτταρικής διαίρεσης, αύξηση της φαγοκυττάρωσης των λευκών αιμοσφαιρίων, διέγερση της ινοβλαστικής δραστηριότητας, ενδυνάμωση της επανενεργοποίησης των αιμαγγείων και λεμφαγγείων.
- ❑ Προκαλεί αγγειοδιαστολή και μείωση του χρόνιου πόνου.





## Κρυοχειρουργική

Πολλή ενδιαφέρουσα τεχνική: η οποία χρησιμοποιεί υγρό άζωτο για την ψύξη και την θανάτωση κυττάρων του δέρματος. Η κρυοχειρουργική είναι λιγότερο επεμβατική από τις συνήθεις ανοικτές χειρουργικές επεμβάσεις για την αφαίρεση βλαβών και επιπλέον απαιτεί μικρότερο χρόνο επούλωσης.

