

Σημειώσεις Ειδικά Θέματα Φυσικής II

ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

ΧΡΗΣΤΟΣ ΤΖΙΩΤΖΗΣ

Περιεχόμενα

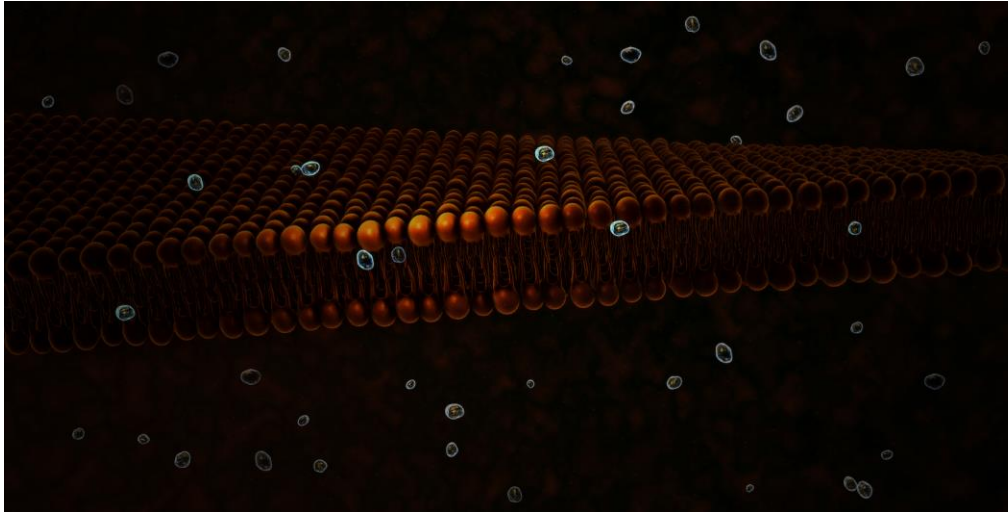
1	Θερμότητα	2
1.1	Εισαγωγή.....	2
1.2	Θερμοκρασία.....	3
1.3	Η έννοια της θερμότητας	4
1.4	Μηχανισμοί διάδοσης θερμότητας.....	4
1.5	Κλίμακες θερμοκρασίας.....	7
1.5.1	Η κλίμακα Κελσίου (Celsius).....	8
1.6	Κλίβανοι αποστείρωσης ξηρής και υγρής θερμότητας	10
1.6.1	Αποστείρωση.....	10
1.6.2	Κλίβανοι υγρής θερμότητας.....	10
1.6.3	Κλίβανοι ξηρής θερμότητας.....	11
2	Βιβλιογραφία	12

1 Θερμότητα

1.1 Εισαγωγή

Ο κλάδος της Φυσικής που ασχολείται με την θερμότητα ονομάζεται θερμοδυναμική και είναι ο κλάδος που μελετά τις θερμικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ των σωμάτων. Το πως μελετάμε αυτά τα φαινόμενα σχετίζεται με τη φύση των σωμάτων η οποία είναι μοριακή.

Σε πρακτικό επίπεδο αυτό σημαίνει ότι ένα σώμα αποτελείται από μικρά σωματίδια τα οποία είναι τα μόρια του υλικού. Τα μόρια αυτά βρίσκονται σε μία διαρκή, άεναη (δεν σταματάει ποτέ) και χαοτική κίνηση.



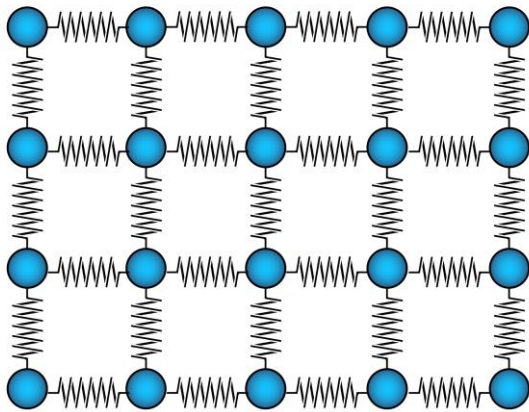
Εικόνα 1: Εικαστική αναπαράσταση των μορίων κυτταρικής μεμβράνης.

Στην φύση παρατηρούμε τρεις φάσεις της ύλης που χαρακτηρίζονται από την ελευθερία κίνησης των μορίων τους. Αυτές είναι η στερεή, η υγρή και η αέρια φάση.

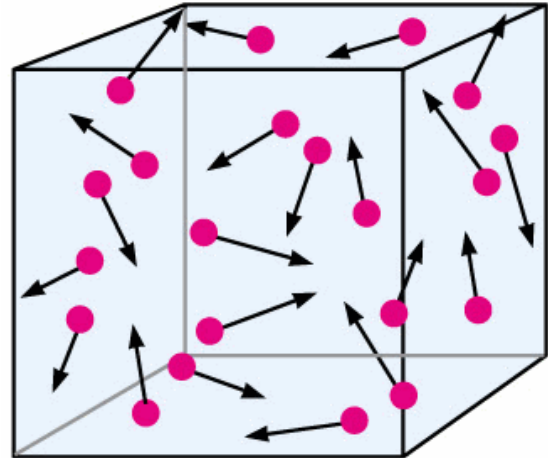
Στην στερεή φάση τα μόρια των σωμάτων είναι περιορισμένα και δονούνται γύρω από τη θέση ισορροπίας τους. Στην υγρή και αέρια φάση αντίθετα είναι ελεύθερα να κινούνται προς οποιαδήποτε διεύθυνση (κατεύθυνση), η κίνηση τους είναι άτακτη και άρα όχι προκαθορισμένη.

Όμως η μελέτη των φαινομένων σε μικροσκοπικό επίπεδο είναι αδύνατη ειδικά αν σκεφτούμε ότι για παράδειγμα σε 56 γραμμάρια σιδήρου υπάρχουν $6,0225 \times 10^{23}$ μόρια σιδήρου, ένας αριθμός δηλαδή που ακολουθείται από 23 μηδενικά. Για σύγκριση ένα δισεκατομμύριο ευρώ είναι ένας αριθμός που ακολουθείται από εννέα μηδενικά.

Για το λόγο αυτό για την περιγραφή αυτών των φαινομένων χρησιμοποιούμε μακροσκοπικές ιδιότητες όπως η πίεση και η θερμοκρασία, ιδιότητες που είναι εύκολο να μετρηθούν και που έχουν σχέση και με την καθημερινή εμπειρία μας.



Σχήμα 1: Απεικόνιση στερεού σώματος. Οι δεσμοί μεταξύ των μορίων απεικονίζονται ως ελατήρια που επιτρέπουν την ταλάντωση γύρω από τη θέση ισορροπίας.



Σχήμα 2: Σχηματική αναπαράσταση αερίου όπου τα μόρια εμφανίζουν άτακτη κίνηση προς οποιαδήποτε κατεύθυνση.

Η πίεση την οποία συμβολίζουμε με το λατινικό γράμμα p , είναι το μέγεθος που εκφράζει τον λόγο της δύναμης F που ασκείται σε μία επιφάνεια, προς το εμβαδόν αυτής της επιφανείας A . Η μονάδα μέτρηση της πίεσης είναι το pascal (Pa) και είναι η πίεση που ασκείται από δύναμη ενός newton σε επιφάνεια ενός τετραγωνικού μέτρου. Άλλες μονάδες πίεσης που θα συναντήσουμε είναι η ατμόσφαιρα (atm) που είναι ίση με την πίεση που ασκεί η ατμόσφαιρα σε ένα σώμα που βρίσκεται σε ύψος όσο η επιφάνεια της θάλασσας (101325 Pa) και το bar που ισούται με 100.000Pa. Το bar είναι και η μονάδα μέτρησης που συναντάμε συνήθως στην ζωή μας. Για παράδειγμα οι κλίβανοι αποστείρωσης έχουν μανόμετρα (όργανα που μετράνε την πίεση) βαθμονομημένα σε bar.

1.2 Θερμοκρασία

Αγγίζοντας ένα σώμα μια από τις αισθήσεις που έχουμε είναι αυτή του αν το σώμα είναι ψυχρό ή θερμό. Αυτή η αίσθηση όμως είναι καθαρά υποκειμενική και δεν είναι και ιδιαίτερα χρήσιμη. Για αυτό ορίζουμε ένα θεμελιώδες φυσικό μέγεθος, το οποίο ονομάζεται θερμοκρασία.

Η θερμοκρασία συμβολίζεται με λατινικό κεφαλαίο T και είναι το μέτρο της εσωτερικής κινητικής ενέργειας των σωμάτων. Όπως είδαμε στην εισαγωγή τα μόρια των σωμάτων βρίσκονται σε διαρκή κίνηση και άρα έχουν κινητική ενέργεια. Η μέση κινητική τους ενέργεια είναι αυτό που εκφράζουμε με την έννοια της θερμοκρασίας. Η εσωτερική κινητική ενέργεια του σώματος καλείται θερμική ενέργεια.

Όταν δύο σώματα έχουν την ίδια θερμοκρασία τότε λέμε ότι βρίσκονται σε θερμική ισορροπία. Το ίδιο ισχύει και για ένα σώμα όταν όλα τα τμήματα του έχουν την ίδια θερμοκρασία.

1.3 Η έννοια της θερμότητας

Η θερμότητα είναι ένας μηχανισμός προσφοράς ή απαγωγής (αφαίρεσης) ενέργειας προς ή από το σώμα έτσι ώστε να μεταβληθεί η θερμική του ενέργεια.

Ας σκεφτούμε την περίπτωση που προσφέρουμε ενέργεια στο σώμα. Τότε αυτό σημαίνει ότι η κίνηση των μορίων του θα γίνεται ολοένα και πιο γρήγορη και άρα θα αυξηθεί η θερμοκρασία του.

Η θερμότητα λοιπόν είναι το αίτιο της μεταβολής της θερμοκρασίας και μπορεί να οριστεί ως μια ποσότητα ενέργειας που διασχίζει το σύνορο μεταξύ του σώματος και του περιβάλλοντος.

Η θερμότητα μετριέται σε μονάδες ενέργειας (Joule ή Θερμίδες) και διαδίδεται πάντα από το θερμότερο προς το ψυχρότερο σώμα.

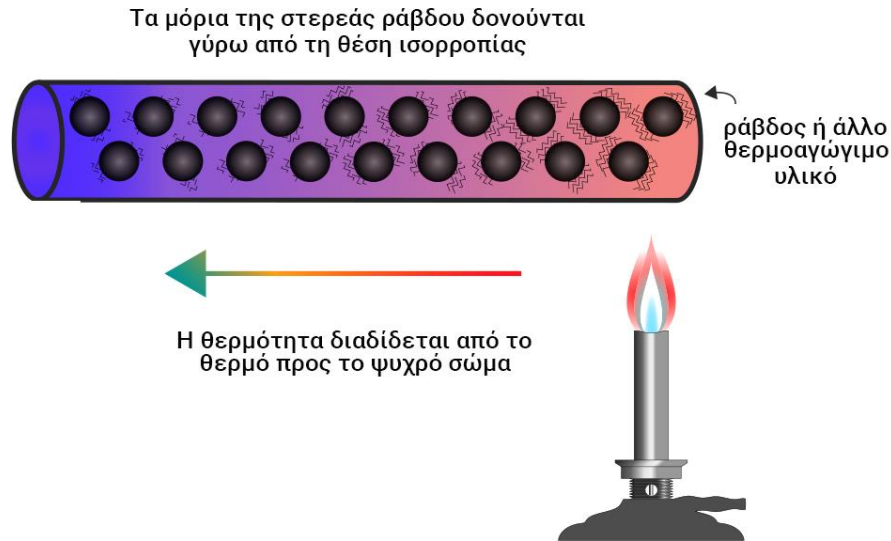
Εδώ θα πρέπει να κάνουμε έναν διαχωρισμό, αν και συνηθίζουμε να μιλάμε για «μεταφορά θερμότητας», αυτό δεν είναι ακριβές γιατί δεν υπάρχει κάποιο ρευστό που μεταφέρεται αλλά μιλάμε στην πραγματικότητα για μια διαδικασία με την οποία μεταφέρεται ενέργεια από το ένα σώμα στο άλλο ή από/προς το περιβάλλον. Παρόλα αυτά είναι μια έννοια που έχει επικρατήσει οπότε και μπορούμε να την χρησιμοποιούμε αρκεί να είμαστε ενήμεροι για την διαφορά.

1.4 Μηχανισμοί διάδοσης θερμότητας

Υπάρχουν τρεις μηχανισμοί διάδοσης θερμότητας.

1. Με αγωγή. Σε αυτή την περίπτωση φέρουμε τα δύο σώματα σε επαφή. Σε μικροσκοπικό επίπεδο τα μόρια του θερμότερου σώματος ταλαντώνονται ταχύτερα από τα μόρια του ψυχρότερου σώματος, και με τις κρούσεις μεταξύ τους αυξάνεται η εσωτερική θερμική ενέργεια των μορίων.
2. Με μεταφορά. Αφορά ρευστά. Στην περίπτωση αυτή έχουμε ανάμιξη των θερμότερων και των ψυχρότερων μορίων. Στην περίπτωση της φυσικής μεταφοράς, η μίξη γίνεται λόγω της διαφοράς πυκνότητας μεταξύ των δύο ρευστών (ο θερμός αέρας διαστέλλεται, έχει μικρότερη πυκνότητα και για αυτό ανεβαίνει και προς τα πάνω).
3. Με ακτινοβολία. Κάθε σώμα που δεν βρίσκεται σε θερμική ισορροπία με το περιβάλλον εκπέμπει ακτινοβολία, σε διάφορα μήκη κύματος, υπέρυθρο, υπεριώδες κ.ο.κ. Η ακτινοβολία εκπέμπεται από το θερμότερο σώμα και απορροφάται από το ψυχρότερο.

Η διάδοση θερμότητας με αγωγή είναι κάτι που παρατηρούμε στα στερεά και στα υγρά και συνδέεται με μικροσκοπικές συγκρούσεις των μορίων του υλικού και με την κίνηση των ηλεκτρονίων εντός του σώματος.



Σχήμα 3: Διάδοση θερμότητας σε στερεά ράβδο

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε μια ράβδο που την θερμαίνουμε από ένα άκρο της. Τότε τα μόρια της αρχίζουν να κινούνται πολύ γρήγορα γύρω από τη θέση ισορροπίας τους και με τη σειρά τους συγκρούονται με τα διπλανά τους μεταφέροντας ποσοστό από την ενέργειά τους. Ανάλογα τώρα με το πόσο καλός αγωγός της θερμότητας είναι το υλικό της ράβδου τότε αργά ή γρήγορα η θερμοκρασία θα αυξηθεί και στο άλλο άκρο.

Όταν η διάδοση της θερμότητας γίνεται με μεταφορά ή όπως είναι επίσης γνωστή με ρεύματα μεταφοράς τότε έχουμε ένα διαφορετικό φαινόμενο. Ας σκεφτούμε την περίπτωση που έχουμε σε ένα δωμάτιο ένα τζάκι. Τότε τα μόρια του αέρα που βρίσκονται κοντά στη φλόγα θερμαίνονται και άρα διαστέλλονται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να αποκτήσουν χαμηλότερη πυκνότητα και άρα να ανέβουν προς τα πάνω. Αυτό συμβαίνει λόγω της άνωσης, το φαινόμενο είναι το ίδιο που μας επιτρέπει να επιπλέουμε στη θάλασσα.

Ταυτόχρονα ο χώρος που αφήνουν τα θερμά μόρια δεν μπορεί να μείνει κενός οπότε ψυχρότερος αέρας, θα κατέβει προς τα κάτω και θα γεμίσει το χώρο πλησίον της φλόγας. Με τη σειρά του θα θερμανθεί και θα αρχίσει την ανοδική του πορεία.

Η διάδοση θερμότητας με ρεύματα μεταφοράς είναι πάρα πολύ συχνή, και είναι ο τρόπος που βράζουμε νερό ή που ζεσταίνουμε το σπίτι μας.



Εικόνα 2: Ρεύματα μεταφοράς θερμότητας

Ο τρίτος τρόπος διάδοσης της θερμότητας, είναι η ακτινοβολία. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν ο ήλιος αλλά και διάφορες θερμάστρες.

Ένα σώμα εκπέμπει ακτινοβολία όταν η θερμοκρασία του είναι μεγαλύτερη από αυτή του απόλυτου μηδενός ($-273.15\text{ }^{\circ}\text{C}$). Η ακτινοβολία αυτή ονομάζεται θερμική ακτινοβολία τα χαρακτηριστικά της οποίας εξαρτώνται από την θερμοκρασία του σώματος και από τις οπτικές ιδιότητες του.

Το ανθρώπινο σώμα το οποίο έχει θερμοκρασία $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ περίπου, εκπέμπει θερμική ακτινοβολία με μήκος κύματος περίπου $940\mu\text{m}$. Το μήκος κύματος αυτό αντιστοιχεί στην περιοχή του υπέρυθρου και άρα δεν είναι ορατό με γυμνό μάτι. Αντίθετα μια λάμπα πυρακτώσεως, έχει θερμοκρασία κοντά στους $2700\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Σε πολλές περιπτώσεις συνυπάρχουν και οι τρεις τρόποι μεταφοράς θερμότητας. Για παράδειγμα ας δούμε το σχήμα 4.



Σχήμα 4: Συνύπαρξη τρόπων διάδοσης θερμότητας

Όπως παρατηρούμε από τη φλόγα έχουμε εκπομπή θερμικής ακτινοβολίας, στο νερό που βρίσκεται μέσα στην κατσαρόλα δημιουργούνται ρεύματα μεταφοράς θερμότητας και στο χερούλι έχουμε αγωγή θερμότητας προς το χέρι που κρατάει την κατσαρόλα. Όπως είναι ευνόητο σύντομα ο άνθρωπος θα πρέπει να αφήσει το χέρι του από το χερούλι μιας και δεν έλαβε τα απαραίτητα μέτρα προστασίας.

1.5 Κλίμακες θερμοκρασίας

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε 3 σώματα, Α, Β και Γ. Αν το σώμα Α και το σώμα Β είναι μεταξύ τους σε θερμική ισορροπία και αν το σώμα Β και το σώμα Γ είναι μεταξύ τους σε θερμική ισορροπία, τότε το σώμα Α και το σώμα Γ είναι και αυτά σε θερμική ισορροπία. Ο νόμος αυτός είναι γνωστός ως ο μηδενικός νόμος της θερμοδυναμικής και είναι αυτός που μας επιτρέπει να κατασκευάσουμε θερμομέτρα και να αποδώσουμε αριθμητικές τιμές στην αίσθηση του ψυχρού και του θερμού.

Ο νόμος αυτός περιγράφει μια πολυσύνθετη διαδικασία ανταλλαγής ενέργειας μεταξύ των σωμάτων και την συνδέει με ένα μακροσκοπικό μέγεθος τη θερμοκρασία. Για να γίνει μια ακριβής μέτρηση της θερμοκρασίας αυτή θα πρέπει να είναι γρήγορη και να μην χρειάζεται μεγάλη ποσότητα ενέργειας.

Αν δεν ισχύουν τα παραπάνω τότε η διαδικασία της μέτρησης αλλάζει την θερμική κατάσταση του σώματος που θέλουμε να μετρήσουμε κατά πολύ και άρα δεν μπορεί να είναι σωστή.

Ο αλγόριθμος (δηλαδή τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσουμε) μέτρησης της θερμοκρασίας είναι αρκετά απλός.

Αρχικά επιλέγουμε μια θερμομετρική ιδιότητα. Ο όρος αυτός σημαίνει μια ιδιότητα που μπορούμε να μετρήσουμε και της οποίας η τιμή εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Για την δική μας ευκολία θα πρέπει η σχέση που έχει η θερμομετρική ιδιότητα με την θερμοκρασία να είναι γραμμική, δηλαδή της μορφής

$$y = ax + b$$

ώστε η αύξηση της θερμοκρασίας κατά μία μονάδα να προκαλεί σταθερή αύξηση στη θερμομετρική μας ιδιότητα.

Τέτοιες μπορεί να είναι:

- Η ηλεκτρική αντίσταση
- Η διαστολή ενός υγρού (π.χ. υδραργύρου ή της αιθανόλης)
- Η διαφορά δυναμικού που αναπτύσσεται όταν τα δύο άκρα ενός αγωγού έχουν διαφορετική θερμοκρασία (θερμοηλεκτρικό φαινόμενο).

Κατόπιν επιλέγουμε δύο σταθερά σημεία και ορίζουμε αυθαίρετα δύο τιμές για το πρώτο και το δεύτερο σημείο.

Τέλος χωρίζουμε σε όσες μονάδες επιθυμούμε την απόσταση μεταξύ των δύο αυτών σημείων.

1.5.1 Η κλίμακα Κελσίου (Celsius)

Ο Κέλσιος ήταν Σουηδός αστρονόμος και μαθηματικός που έζησε τον 18^ο αιώνα και δημιούργησε την γνωστή κλίμακα. Ως σταθερά σημεία επέλεξε το σημείο πάγου του νερού, δηλαδή το σημείο στο οποίο συνυπάρχουν νερό, κορεσμένο με αέρα και πάγος κάτω από πίεση μιας ατμόσφαιρας και το σημείο ατμού, δηλαδή το σημείο στο οποίο το νερό βράζει. Κατόπιν χώρισε την κλίμακα σε 100 ίσα τμήματα και έτσι έχουμε την εκατονταβάθμια κλίμακα Κελσίου. Ένα ενδιαφέρον στοιχείο είναι ότι ο Κέλσιος είχε την κλίμακα ανεστραμμένη από αυτή που γνωρίζουμε σήμερα, δηλαδή οι 100 βαθμοί αντιστοιχούσαν στο σημείο πάγου και οι 0 αντιστοιχούσαν στο σημείο βρασμού.

Σε αντίθεση η κλίμακα Φαρενάιτ ορίζεται με τα ίδια σταθερά σημεία αλλά με διαφορετική αντιστοίχιση. Έτσι το σημείο πάγου ορίζεται στους 32 °F και το σημείο ατμού στους 212 °F.

Η σχέση που συνδέει τις δύο κλίμακες είναι η εξής:

$$\theta(^{\circ}\text{C}) = \frac{(\theta(^{\circ}\text{F}) - 32) \times 5}{9}$$

1.5.2 Η απόλυτη θερμοδυναμική κλίμακα θερμοκρασίας - κλίμακα ιδανικού αερίου

Η κλίμακα αυτή είναι ανεξάρτητη της επιλογής κάποιου σημείου όπως το σημείο πάγου και με αυτό τον τρόπο μπορούμε να ορίσουμε το απόλυτο μηδέν. Αυτή η θερμοκρασία όμως δεν μπορεί να επιτευχθεί στο σύμπαν και άρα είναι το κάτω όριο θερμοκρασίας στο οποίο μπορούμε να πλησιάσουμε αλλά όχι να φτάσουμε. Η μονάδα θερμοκρασίας είναι το Kelvin το οποίο συμβολίζουμε με το λατινικό κεφαλαίο K, χωρίς το σύμβολο των βαθμών όπως

κάνουμε στις κλίμακες Κελσίου και Φάρεναϊτ. Η δε σχέση που συνδέει τις κλίμακες θερμοκρασίας Kelvin και Κελσίου είναι:

$$T(K) = \Theta(^{\circ}C) + 273,15$$

Από αυτό καταλαβαίνουμε ότι διαφορά ενός βαθμού Κέλβιν ισούται με διαφορά ενός βαθμού Κελσίου.

1.6 Θερμιδομετρία

Η θερμιδομετρία είναι η διαδικασία της μέτρησης της θερμότητας που προσφέρεται ή αφαιρείται από ένα σύστημα ή ένα σώμα.

Όπως έχουμε συζητήσει η θερμότητα είναι ένας μικροσκοπικός μηχανισμός διακίνησης ενέργειας και ως εκ τούτου εξαρτάται από τις ιδιότητες του σώματος και από τις συνθήκες που πραγματοποιείται η μεταφορά αυτή.

Αυτός ο παράγοντας ονομάζεται θερμοχωρητικότητα και τον συμβολίζουμε με το λατινικό γράμμα C και είναι χαρακτηριστική ιδιότητα του σώματος.

Επειδή όμως εξαρτάται από τη μάζα του σώματος ένα πιο χρήσιμο φυσικό μέγεθος που μπορούμε να ορίσουμε, είναι η ειδική θερμότητα c που δεν είναι τίποτα άλλο παρά η θερμοχωρητικότητα ανά μονάδα μάζας.

Η ακόλουθη εξίσωση είναι η εξίσωση της θερμιδομετρίας και μας δίνει την ποσότητα θερμότητας που χρειάζεται να προσφερθεί ή να αφαιρεθεί από το σύστημα για να προκαλέσει μια συγκεκριμένη μεταβολή στη θερμοκρασία του συστήματος.

$$Q = mc(T_2 - T_1)$$

Όπου :

- Q η θερμότητα
- m η μάζα του σώματος
- T_2 η τελική θερμοκρασία του σώματος
- T_1 η αρχική θερμοκρασία του σώματος

Η μονάδες μέτρησης της ειδικής θερμότητας είναι το $JKg^{-1}K^{-1}$

Στον πίνακα ακολουθούν οι ειδικές θερμότητες για διάφορα υλικά.

Πίνακας 1: Ειδικές θερμότητες

Υλικό	c ($JKg^{-1}K^{-1}$)
Νερό	4.186
Επιδερμίδα	3590
Δέρμα	3300
Αίμα	3770

Η θερμότητα μετριέται σε μονάδες Joule όμως στην καθημερινότητα μας χρησιμοποιούμε κυρίως τη θερμίδα cal. Η θερμίδα ορίζεται ως το ποσό θερμότητας που χρειάζεται για να αυξηθεί η θερμοκρασία ενός γραμμαρίου νερού από 14.5 °C σε 15.5 °C. Δεν πρέπει να την συγχέουμε με την διαιτητική θερμίδα ή χιλιοθερμίδα Kcal. Αυτή η ποσότητα ισούται με 1000 θερμίδες. Οπότε όταν λέμε ότι ένα μήλο έχει π.χ. 80 διαιτητικές θερμίδες αυτό ισούται με την ενέργεια που θα χρειαζόταν να προσφέρουμε σε 1000 γραμμάρια νερού για να αυξήσουμε την θερμοκρασία του κατά 80 βαθμούς Κελσίου.

1.7 Κλίβανοι αποστείρωσης ξηρής και υγρής θερμότητας

Υπάρχουν δύο τύποι κλιβάνων αποστείρωσης που χρησιμοποιούνται κυρίως στα κέντρα αισθητικής. Οι κλίβανοι υγρής και οι κλίβανοι ξηρής θερμότητας.

1.7.1 Αποστείρωση

Πριν όμως δούμε τους κλιβάνους, θα πρέπει να ορίσουμε την έννοια της αποστείρωσης. Αποστείρωση καλείται η καταστροφή όλων των μορφών των μικροβίων καθώς και των σπόρων τους και γενικά όλων των τύπων των μικροοργανισμών. Με τη μικροβιολογική του έννοια, ο όρος αποστείρωση σημαίνει την παντελή απουσία από ένα υλικό ή αντικείμενο, μικροοργανισμών, που μπορούν να αναπτυχθούν.

1.7.2 Κλίβανοι υγρής θερμότητας

Οι κλίβανοι υγρής θερμότητας είναι κλίβανοι που χρησιμοποιούν σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία και υδρατμούς για να πετύχουν την αποστείρωση. Τα κύρια χαρακτηριστικά τους είναι:

- η υγρή θερμότητα υπό τη μορφή κορεσμένου υδρατμού και πίεση είναι η περισσότερο αξιόπιστη μέθοδος θανάτωσης μικροοργανισμών
- ο θάνατος των μικροοργανισμών επέρχεται λόγω της υδρόλυσης απαραίτητων ενζύμων και νουκλεϊκών οξέων
- ο ξηρός κορεσμένος υδρατμός είναι πολύ αποτελεσματικός παράγοντας αποστείρωσης

Η συσκευή έχει μανόμετρο και θερμομέτρο. Η απολύμανση γίνεται στους 121 °C και πίεση 15 Psi. Ο ελάχιστος χρόνος είναι τα 15 λεπτά.

Η υδρόλυση είναι μια χημική αντίδραση αλληλεπίδρασης του νερού με χημικές ενώσεις όπως οι πρωτεΐνες, τα λίπη, οι υδρογονάνθρακες και οδηγεί στην καταστροφή τόσο των χημικών ενώσεων όσο και του νερού.



Εικόνα 3: Κλίβανος υγρής θερμότητας

1.7.3 Κλίβανοι ξηρής θερμότητας

Οι κλίβανοι ξηρής θερμότητας χρησιμοποιούν μόνο τη θερμοκρασία για την επίτευξη της αποστείρωσης. Επιγραμματικά για την λειτουργία τους αναφέρουμε:

- Υλικά τα οποία δε διασπώνται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες από 140 °C μπορούν να αποστειρωθούν με εφαρμογή ξηράς θερμότητας
- Η αποστείρωση με ξηρά θερμότητα διεξάγεται στα πυριαντήρια θερμού αέρα (κλιβάνους). Οι σύγχρονοι κλίβανοι διαθέτουν θερμοστάτη για έλεγχο της θερμοκρασίας, ανεμιστήρα ή στροβιλοφυσητήρα για την κυκλοφορία του αέρα, συστήματα ασφαλείας έναντι υπερθέρμανσης και διακοπής ηλεκτροδότησης, και σύστημα κλειδώματος της πόρτας του θαλάμου.
- Για να διατηρηθεί η στείρα κατάσταση μετά την αποστείρωση θα πρέπει τα αποστειρωθέντα αντικείμενα να προστατεύονται αποτελεσματικά από περιβαλλοντική επιμόλυνση
- Με σκοπό την αύξηση της απόδοσης αναπτύχθηκαν και αποστειρωτές συνεχούς λειτουργίας

Τα πρωτόκολα αποστείρωσης για την ξηρή θέρμανση επιβάλλουν τα εργαλεία να τοποθετηθούν στους 180 °C επί 30 min τουλάχιστον, στους 170 °C επί 60 min τουλάχιστον ή στους 160 °C επί 120 min τουλάχιστον (ΕΦ).



Εικόνα 5: Κλίβανος ξηρής θερμότητας

2 Βιβλιογραφία

(1983). Στο Μ. Μ. ABBOTT, & C. H. VAN NESS, *ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ*. NEW YORK, ΑΘΗΝΑ: McGRAW-HILL - ΕΣΠΙ.

Domoina Ratovoson, F. J. (2010). A study of heat distribution in human skin: use of Infrared Thermography. *14th International Conference on Experimental Mechanics* (σσ. 1-8). France: HAL.

Serway, R. A. (1990). *PHYSICS FOR SCIENTISTS & ENGINEERS VOL IV*. James Madison University.

Κ., Α. (χ.χ.). *Φαρμακευτική Τεχνολογία Ι - Αποστείρωση*. Πάτρα: ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ.

Κυριάκος, Δ. Σ., & Μπλέρης, Γ. Λ. (1998). *ΦΥΣΙΚΗ ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ - ΗΛΕΚΤΡΙΣΜΟΣ*. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ.

Στασινόπουλος, Ι. Π. (1954). *ΑΠΟΣΤΕΙΡΩΣΗ ΚΑΙ ΣΚΕΥΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ*. ΑΘΗΝΑ:
ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ.