

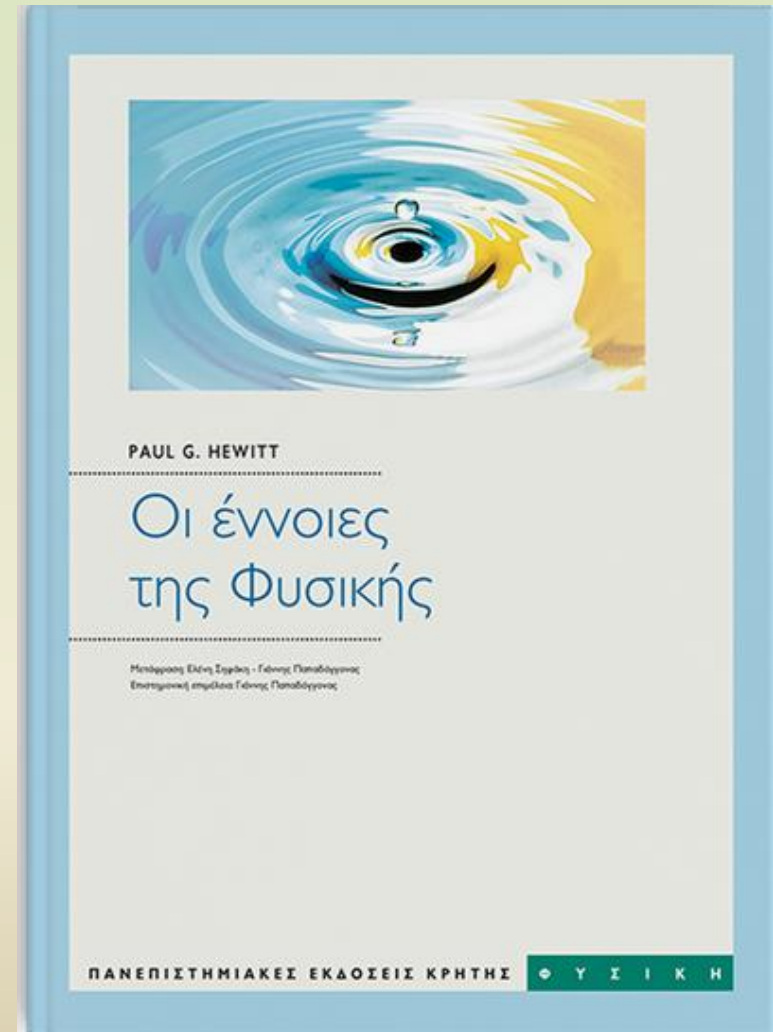
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΥΣΙΚΗΣ (κωδ. μαθ. 325)

ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ 4

3^ο Εξάμηνο (Χειμερινό)

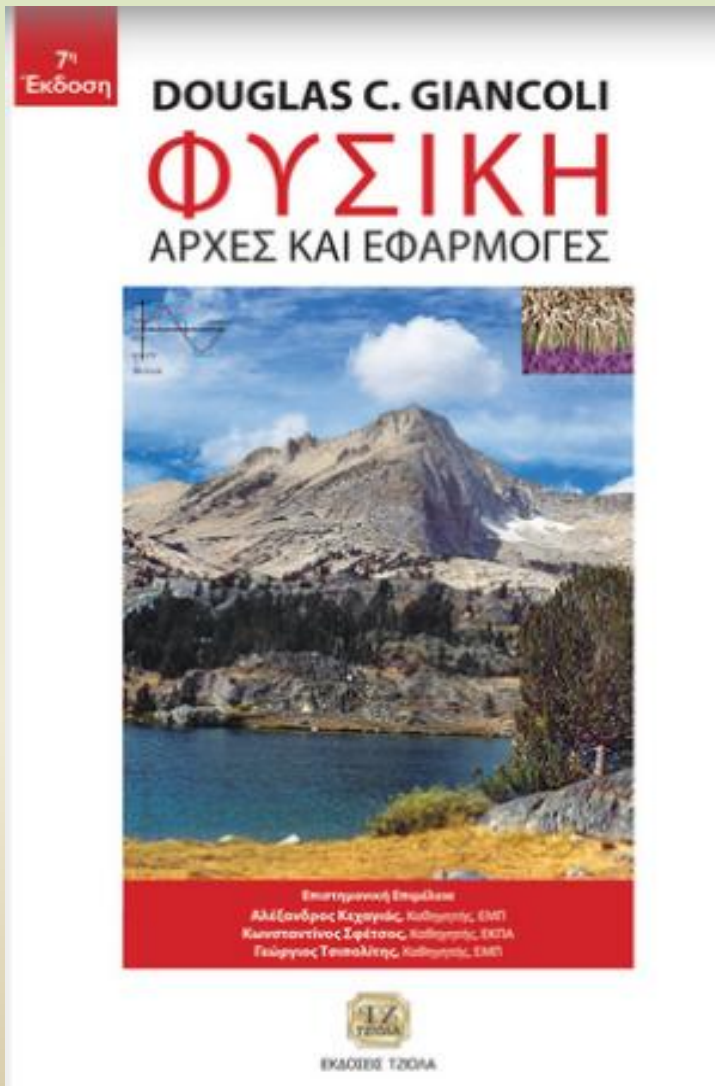
ΑΕΑΑ 2020-2021

Βιβλιογραφία κυρίως



Το σύγγραμμα αυτό διατίθεται και μπορείτε να το «κατεβάσετε»
ΔΩΡΕΑΝ στο ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟ ΑΠΟΘΕΤΗΡΙΟ: www.kallipos.gr

Βιβλιογραφία κυρίως



Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών



**“Μεθοδολογίες Εξοικονόμησης Ενέργειας & Βελτιστοποίησης
Βιομηχανικών Συστημάτων”**

10ο Εξάμηνο – Κωδικός Μαθήματος 245

Ενέργεια & Θερμοδυναμική – Εισαγωγή

Δρ Γεώργιος Σκόδρας
Επίκουρος Καθηγητής

Βιβλιογραφία κυρίως



Στην παρούσα διάλεξη θα συζητηθούν ακροθιγώς:

**Θέματα Θερμότητας, Θερμοκρασίας, Ενέργειας
(ή ένας τρόπος να περάσουμε από τον κόσμο των ανθρώπινων
διαστάσεων στον κόσμο των ατομικών διαστάσεων)**

Θερμοδυναμική: είναι ο κλάδος της Φυσικής που εξετάζει τη μετατροπή, μεταφορά και τις σχέσεις θερμότητας και άλλων μορφών ενέργειας με το μηχανανικό έργο.



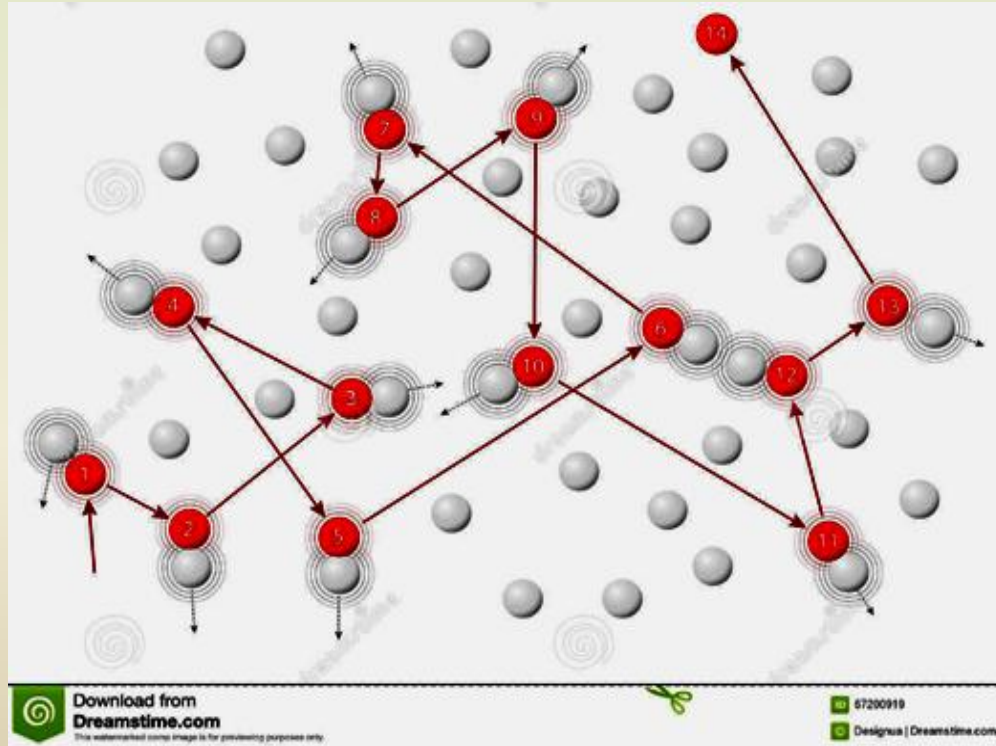
Κίνηση Brown

Η κίνηση σε μικροσκοπική κλίμακα της ύλης διαπιστώθηκε για πρώτη φορά με τις κινήσεις Brown, ένα αξιοσημείωτο φαινόμενο που θα έμενε μυστηριώδες και ανεξήγητο χωρίς την **κινητική θεωρία** της ύλης που διατυπώθηκε αργότερα. Η σχετική κίνηση παρατηρήθηκε για πρώτη φορά από τον σκωτσέζο βιολόγο Robert Brown το 1827, ο οποίος μελετώντας μικροσωματίδια γύρης σε υδατικό διάλυμα στο μικροσκόπιο, παρατήρησε ότι κινούνταν συνεχώς και τυχαία, με τον τρόπο που θα ονομαζόταν αργότερα **τυχαία κίνηση Brown**. Ο Brown μάλιστα δοκίμασε την ίδια παρατήρηση με κόκκους γύρης από διάφορα φυτά καθώς και με κοκκίδια από άλλα υλικά, για να ανακαλύψει ότι η **συγκριμένη κίνηση είναι ανεξάρτητη του υλικού και της προέλευσης των μικροσωματιδίων**. Πολύ αργότερα, το 1905, ο Einstein βασίστηκε στην κινητική θεωρία της ύλης για να ερμηνεύσει την κίνηση Brown ως αποτέλεσμα συγκρούσεων των μικροσκοπικών σωματιδίων του νερού (μόρια με τους κόκκους γύρης (που είναι αρκετά μικρού μεγέθους αλλά πολύ μεγαλύτερου από τα μόρια νερού), όπου μεταφέρεται με τυχαίο τρόπο κινητική ενέργεια και αλλάζει την κινητική κατάσταση των κόκκων γύρης (χωρίς την επίδραση κάποιας άλλης εμφανούς αιτίας).

ΕΛΕΝΗ ΚΑΛΔΟΥΔΗ
ΧΡΗΣΤΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΔΗΣ

**Η ΦΥΣΙΚΗ
ΤΗΣ ΖΩΗΣ**

Τελικά κίνηση Brown καλείται η τυχαία κίνηση στερεών σωματιδίων μέσα σε ένα υγρό ή αέριο. Με τη βοήθεια του μικροσκοπίου διαπιστώνεται ότι τα μικροσκοπικά στερεά σωματίδια (π.χ. γύρης ή καπνού) που περιέχονται σε ένα υγρό ή αέριο εκτελούν τυχαίες κινήσεις. Οι απότομες αλλαγές διεύθυνσής τους οφείλονται στις συγκρούσεις τους με τα μόρια του υγρού ή αερίου. Η τυχαία αυτή κίνηση είναι ευδιάκριτη όχι όμως και τα μόρια που την προκαλούν (καθώς τα δεύτερα είναι πολύ μικρότερα από τα πρώτα).



Download from
Dreamstime.com
This watermark-free image is for promotional purposes only.

67200919
Designua | Dreamstime.com

<https://gr.dreamstime.com/%CE%B1%CF%80%CE%B5%CE%B9%CE%BA%CF%8C%CE%BD%CE%B9%CF%83%CE%B7-%CE%B1%CF%80%CE%BF%CE%B8%CE%B5%CE%BC%CE%AC%CF%84%CF%89%CE%BD-%CF%84%CE%BF%CF%85-brown-%CE%BA%CE%AF%CE%BD%CE%B7%CF%83%CE%B7-%CE%AE-pedesis-image67200919>

ΝΑ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΤΕΙ ΤΟ ΒΙΝΤΕΟ (<https://youtu.be/5ZJbAFFya3Q>) ΜΕ ΤΙΤΛΟ «**ΚΙΝΗΣΗ BROWN**» ΠΟΥ ΑΠΟΤΕΛΕΙ ΚΟΛΛΑΖ ΑΠΟ ΤΑ ΠΑΡΑΚΑΤΩ ΣΧΕΤΙΚΑ ΒΙΝΤΕΑΚΙΑ ΤΟΥ YOUTUBE

Pollen Grains in Water - Brownian Motion

<https://www.youtube.com/watch?v=R5t-oA796to>

How do we know atoms are real? (Brownian Motion)

<https://www.youtube.com/watch?v=wf2tBAvMNbg>

What Is Brownian Motion? | Properties of Matter | Chemistry | FuseSchool

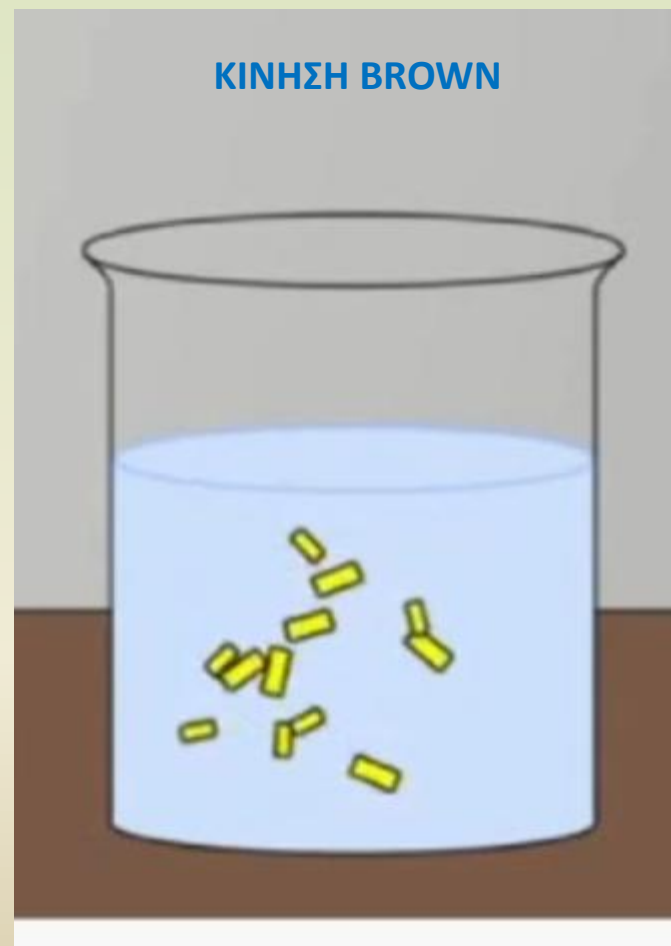
<https://www.youtube.com/watch?v=4m5JnJBq2AU>

Brownian motion demonstration

<https://www.youtube.com/watch?v=gPMVaAnij88>

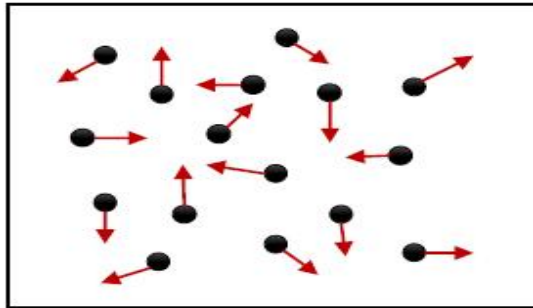
Random Force & Brownian Motion - Sixty Symbols

<https://www.youtube.com/watch?v=FAdx2lv-UA>

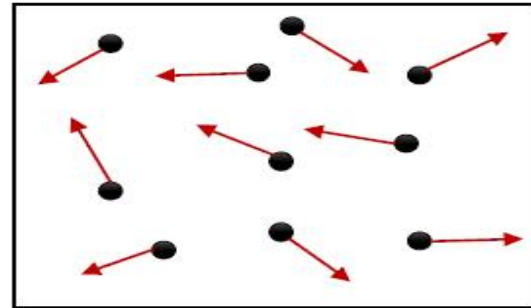


Η Κίνηση Brown αποκαλύπτει την κίνηση σε μικροσκοπικό επίπεδο των συστατικών που δομούν την ύλη

(Σήμερα γνωρίζουμε ότι σε μικροσκοπική κλίμακα τα άτομα ή/και τα μόρια που αποτελούν τα υλικά σώματα κινούνται συνεχώς (ακόμα και στο απόλυτο μηδέν). Η παραπάνω εικόνα είναι πιο απλή και ξεκάθαρη στα αέρια-**κινητική θεωρία των αερίων**. Η κίνηση είναι τόσο εντονότερη όσο η θερμοκρασία μεγαλώνει. Η κίνηση Brown είναι μία απόδειξη του παραπάνω ισχυρισμού.

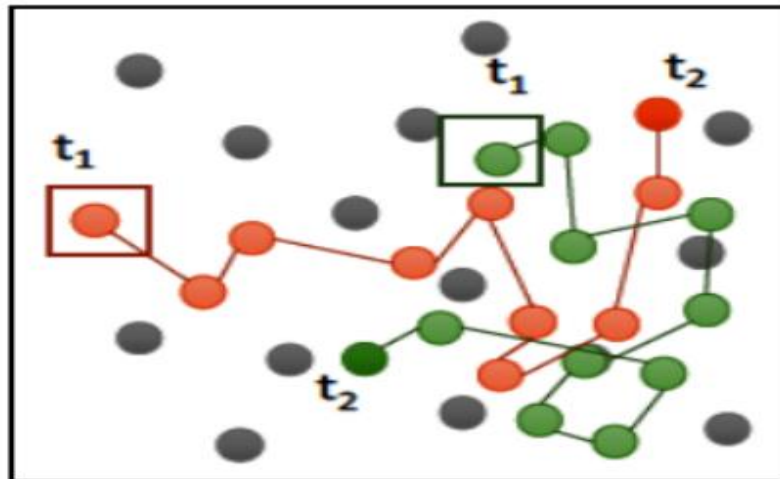


στιγμιότυπο κινητικής κατάστασης για μόρια αερίου σε θερμοκρασία T_1



στιγμιότυπο κινητικής κατάστασης για μόρια αερίου σε θερμοκρασία $T_2 > T_1$

ΕΛΕΝΗ ΚΑΛΔΟΥΔΗ
ΧΡΗΣΤΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΔΗΣ
**Η ΦΥΣΙΚΗ
ΤΗΣ ΖΩΗΣ**



τυχαία θερμική κίνηση 2 μορίων αερίου από την αρχική τους θέση τη χρονική στιγμή t_1 στη θέση της χρονικής στιγμής t_2 μετά από αλληπάλληλες τυχαίες συγκρούσεις

Σχήμα 2-1. Μεγαλύτερη θερμοκρασία αντιστοιχεί σε μεγαλύτερη μέση κινητική ενέργεια των σωματιδίων ενός αερίου (πάνω). Η κίνηση των μορίων είναι τυχαία και καθορίζεται από τη μέση κινητική τους ενέργεια και τις τυχαίες συγκρούσεις με άλλα μόρια (κάτω).

Κινητική Θεωρία των αερίων

ή προσπάθεια απλοϊκής ερμηνείας της κίνησης σε μικροσκοπικό επίπεδο των συστατικών λίθων που δομούν την ύλη

Πολλές από τις σημερινές αντιλήψεις μας για την ύλη και τη θερμότητα έχουν την αφετηρία τους στη μελέτη της συμπεριφοράς των αερίων, για την οποία εργάστηκαν μερικοί από τους πιο σημαντικούς θεωρητικούς και πειραματικούς φυσικούς, στη διάρκεια του αιώνα που πέρασε και στις αρχές του αιώνα μας.

Η κινητική θεωρία των αερίων επιτρέπει την περιγραφή των **μακροσκοπικών ιδιοτήτων** των αερίων με τη θεώρηση της σύστασής τους σε μοριακό επίπεδο (**μικροσκοπικές ιδιότητες**).

Υποθέσεις της κινητικής θεωρίας ενός ιδανικού αερίου:

- 1) Θεωρούμε ότι το ιδανικό αέριο απαρτίζεται από **μονοατομικά** μόρια, τα οποία κινούνται ελεύθερα, τυχαία προς όλες τις κατευθύνσεις με την ίδια πιθανότητα.
- 2) Ο όγκος που καταλαμβάνουν τα μόρια είναι ασήμαντος σε σχέση με το συνολικό όγκο (το αέριο είναι σχεδόν κενός χώρος!). Τα σωματίδια απέχουν δηλαδή πολύ το ένα από το άλλο.
- 3) Οι δυνάμεις έλξης ή άπωσης μεταξύ των μορίων θεωρούνται αμελητέες δηλαδή θεωρείται ότι τα μόρια δεν αλληλεπιδρούν μεταξύ τους λόγω της μεγάλης μεταξύ τους απόστασης και του ελάχιστου χρόνου που συναντώνται.

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας



ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ

**Κινητική Θεωρία Αερίων –
Συντελεστές Μεταφοράς**

ΔΙΔΑΣΚΩΝ:
Ν. Ανδρίτσος, Καθηγητής
Φεβρουάριος 2020



Κινητική Θεωρία των αερίων

ή προσπάθεια απλοϊκής ερμηνείας της κίνησης σε μικροσκοπικό επίπεδο των συστατικών λίθων που δομούν την ύλη

4) Τα μόρια συμπεριφέρονται ως «σκληρές σφαίρες» (rigid spheres) και συγκρούονται ελαστικά με το τοίχωμα, δηλ. η συνολική κινητική ενέργεια παραμένει σταθερή.

Τα αέρια δεν έχουν δικό τους σχήμα και όγκο αλλά παίρνουν το σχήμα και τον όγκο του δοχείου μέσα στο οποίο βρίσκονται.

Η κίνηση των μορίων του αερίου, μεταξύ δύο συγκρούσεων, είναι ευθύγραμμη ομαλή, η «μέση ελεύθερη διαδρομή» τους σχετικά μεγάλη και οι ταχύτητες με τις οποίες κινούνται είναι της τάξης των 1600 χιλιομέτρων την ώρα!

Στα αέρια που αποτελούνται από δυατομικά μόρια, αυτά έχουν μεταφορική κινητική ενέργεια κι επιπλέον διαθέτουν περιστροφική και δονητική κινητική ενέργεια. Στα αέρια με μονοατομικά μόρια αέρια, τα μόρια έχουν μόνο μεταφορική κινητική ενέργεια.

Σε αντίθεση με ό,τι συμβαίνει στα αέρια, τα μόρια των στερεών βρίσκονται σε μικρή μεταξύ τους απόσταση και οι μεταξύ τους δυνάμεις είναι ισχυρές, γι' αυτό τα στερεά έχουν ορισμένο σχήμα και όγκο. Τα μόρια των στερεών δεν μεταφέρονται-μετατοπίζονται αλλά ταλαντώνονται γύρω από ορισμένη θέση.

Στην ενδιάμεση κατάσταση, στα υγρά, οι δυνάμεις ανάμεσα στα μόρια είναι σημαντικές, όχι όμως τόσο μεγάλες όσο στα στερεά, με συνέπεια τα υγρά να έχουν ορισμένο όγκο αλλά όχι δικό τους σχήμα.

Χημεία

ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΔΟΣΕΩΝ
«ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»

Στέλιος Λιοδάκης, Δρ. Χημικός, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ
Δημήτρης Γάκης, Δρ. Χημικός Μηχανικός, Λέκτορας ΕΜΠ
Δημήτρης Θεοδωρόπουλος, Χημικός Μηχανικός Δ/θμιας Εκπαίδευσης
Παναγιώτης Θεοδωρόπουλος, Χημικός Δ/θμιας Εκπαίδευσης
Αναστάσιος Κάλλης, Χημικός Δ/θμιας Εκπαίδευσης

Η **θερμοκρασία** και η **θερμότητα** αποτελούν δύο βασικές έννοιες των θετικών επιστημών, οι οποίες σχετίζονται μεταξύ άλλων και με την έννοια της ενέργειας

Οι **δύο έννοιες συγχέονται** τόσο στο μακροσκοπικό όσο και σε μικροσκοπικό επίπεδο.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

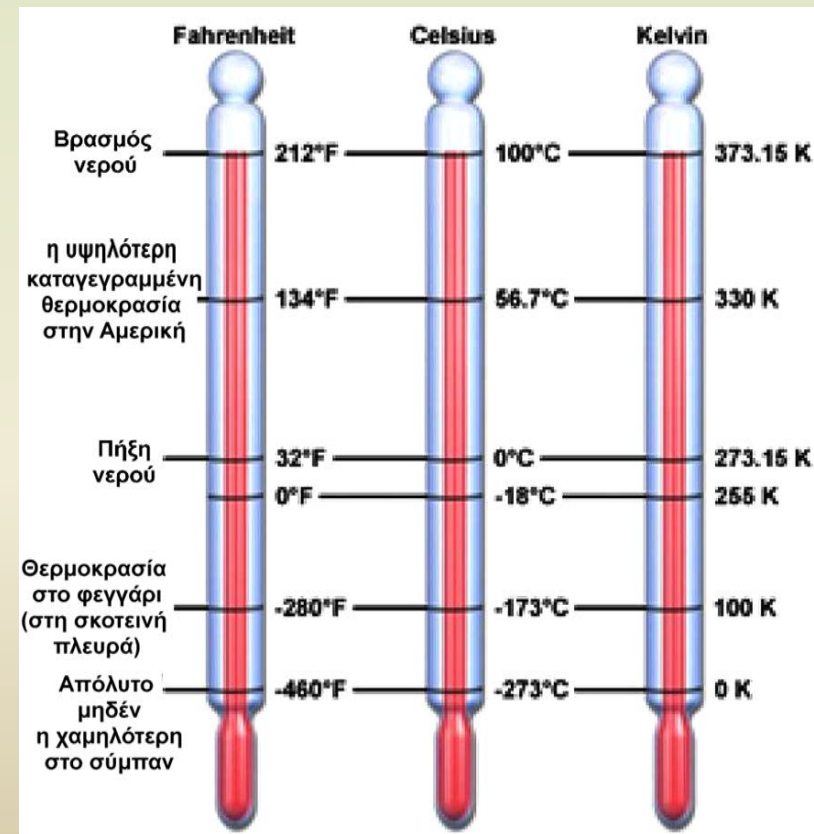
Μακροσκοπικά η έννοια της **θερμοκρασίας** μας δείχνει το πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα ή αλλιώς ποσοτικοποιεί την αντίληψή μας σχετικά με το πόσο ζεστό ή κρύο είναι ένα σώμα. Μετριέται σε μονάδες Κελσίου (Celsius), Φαρενάιτ (Fahrenheit) και Κέλβιν (Kelvin: απόλυτη θερμοκρασία).

Μικροσκοπικά η **θερμοκρασία** εκφράζει το πόσο γρήγορα ή αργά κινούνται τα μόρια ενός σώματος δηλαδή είναι το **μέτρο της μέσης μεταφορική* κινητικής ενέργειας των μορίων ενός σώματος!**

* Δεν συμπεριλαμβάνουμε-υπολογίζουμε την κίνηση λόγω ταλάντωσης ή περιστροφής στα μόρια και τα παραπάνω αφορούν μονοατομικά μόρια.

$$K = C + 273$$
$$C = \frac{5}{9} (F - 32)$$
$$F = \frac{9}{5} C + 32$$

Μετατροπή μεταξύ μονάδων θερμοκρασίας



ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Στην περίπτωση της κλίμακας θερμοκρασίας Kelvin, η **μέση μεταφορική κινητική ενέργεια σε τυχαία κίνηση** κάθε μορίου μάζας m ενός αερίου είναι ανάλογη της απόλυτης θερμοκρασίας του αερίου T και πιο συγκεκριμένα ίση με

$$\text{ΜΕΣΗ ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΝΑ ΜΟΡΙΟ} = \\ (1/2) \cdot m \cdot \bar{u}^2 = (3/2) \cdot k \cdot T,$$

όπου \bar{u} η μέση ταχύτητα του μορίου, T είναι η θερμοκρασία του υλικού σε βαθμούς Kelvin (K) και $k=1,38 \times 10^{-23}$ J/K (σταθερά Boltzmann). Από την παραπάνω σχέση λύνοντας ως προς k :

$$k = (2/3T) \cdot \text{ΜΕΣΗ ΚΙΝΗΤΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ ΑΝΑ ΜΟΡΙΟ}$$

Παρατηρείστε ότι η σταθερά Boltzmann έχει **μονάδες ενέργειας ανά βαθμό θερμοκρασίας**, και συνδέει τον μικρόκοσμο με τον μακρόκοσμο αφού αποτελεί τη φυσική σταθερά αναλογίας ανάμεσα στην **μεταφορική κινητική ενέργεια κάθε μορίου (ποσότητα του μικρόκοσμου) με τη θερμοκρασία (ποσότητα του μακρόκοσμου)**.

**Υπενθυμίζεται ότι η κινητική ενέργεια ενός σώματος με μάζα m και ταχύτητα u είναι ίση με $E_{\text{KIN.}} = (1/2) \cdot m \cdot u^2$

PAUL G. HEWITT

Οι έννοιες
της Φυσικής

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ

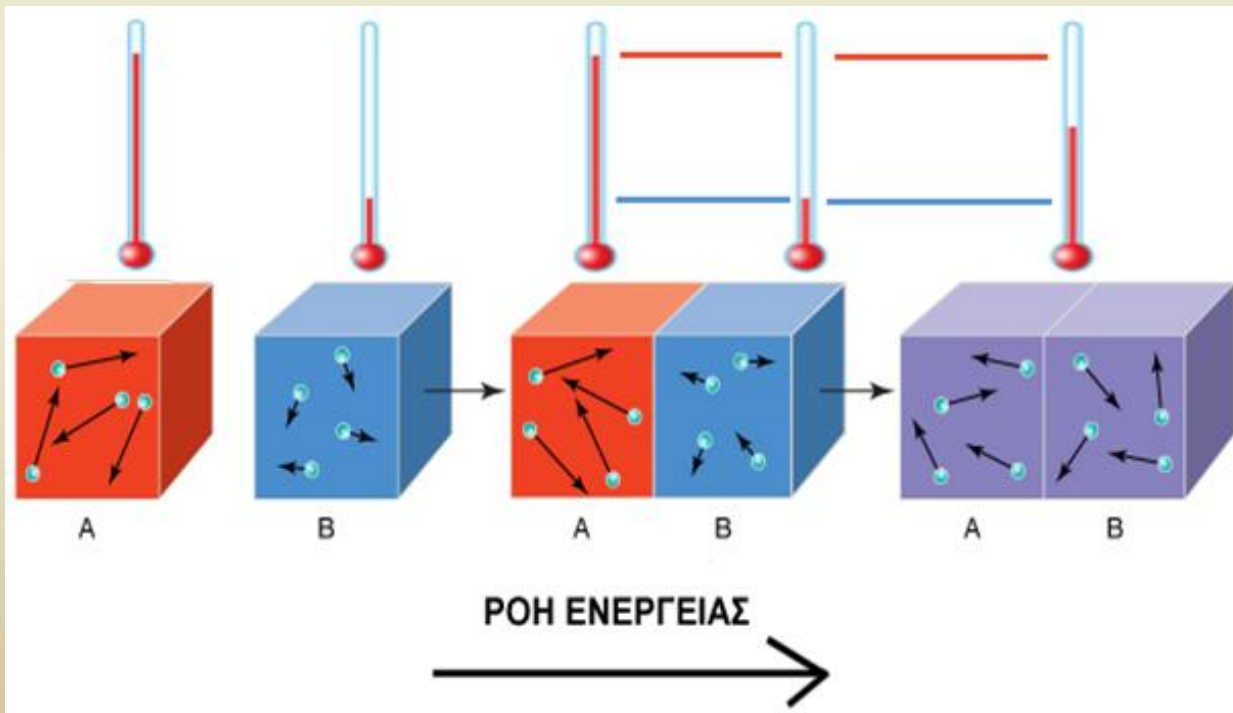


ΕΙΚΟΝΑ 15.7 Για κάποιον που προσέχει τη σιλουέτα του, το φιστίκι περιέχει 10 θερμίδες. Για έναν φυσικό, με την καύση του απελευθερώνεται ενέργεια ίση με 10.000 θερμίδες (ή 41.840 τζάουλ).

ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ

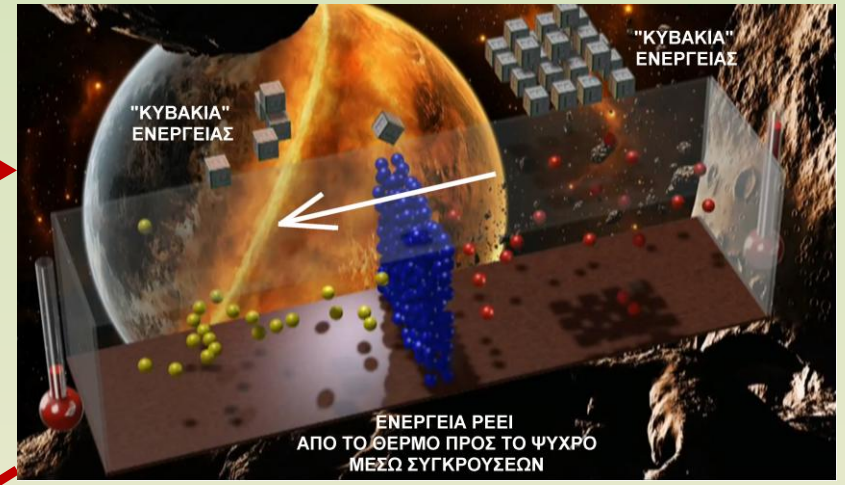
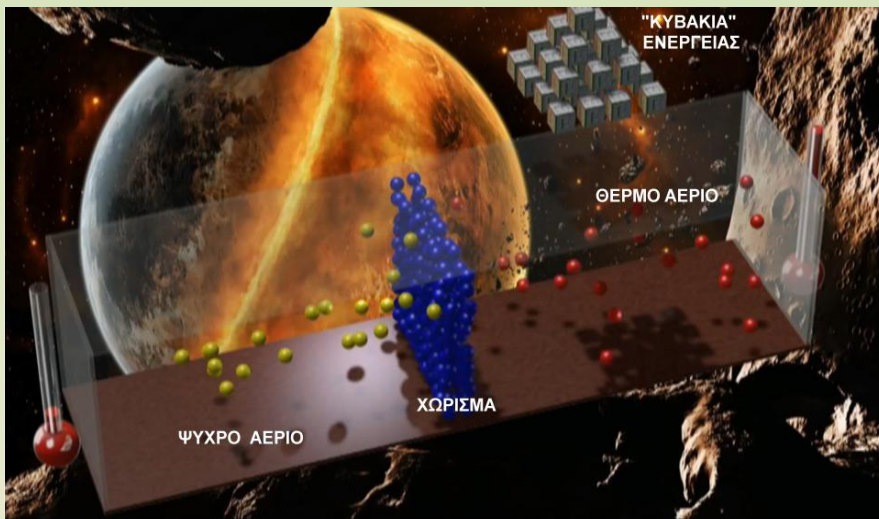
Μακροσκοπικά με τον όρο **θερμότητα** εννοούμε την **ενέργεια που μεταφέρεται** από ένα θερμό σώμα σε ένα ψυχρό, όταν βρίσκονται σε θερμική επαφή, μέχρι τη στιγμή που θα αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία (δηλαδή μόλις έλθουν σε **θερμική ισορροπία**).

Μικροσκοπικά με τον όρο **θερμότητα** εννοούμε την ενέργεια που μεταφέρεται (λόγω συγκρούσεων) από ένα σώμα που τα μόριά του έχουν μεγάλη ΜΕΣΗ κινητική ενέργεια (άρα εμφανίζεται να έχει υψηλή θερμοκρασία), σε ένα σώμα που τα μόριά του έχουν μικρή ΜΕΣΗ κινητική ενέργεια (άρα εμφανίζεται να έχει χαμηλή θερμοκρασία) μέχρι τη στιγμή που τα μόρια και των δύο σωμάτων θα έχουν την ίδια ΜΕΣΗ κινητική ενέργεια (δηλαδή μέχρι τη στιγμή που θα αποκτήσουν την ίδια θερμοκρασία). Η θερμότητα ως μορφή ενέργειας έχει μονάδα το **Joule** στο S.I.-Διεθνές Σύστημα Μονάδων). Επίσης χρησιμοποιείται και η μονάδα $1\text{Kcal}=4186\text{Joule}$ (που είναι η ενέργεια που απαιτείται για τη θέρμανση 1Kg νερού κατά 1°C). Η ποσότητα της ενέργειας που αναφέρεται στα τρόφιμα ως «**Θερμίδα**» είναι ουσιαστικά ένα Kcal (φυσική **χιλιο-θερμίδα**).

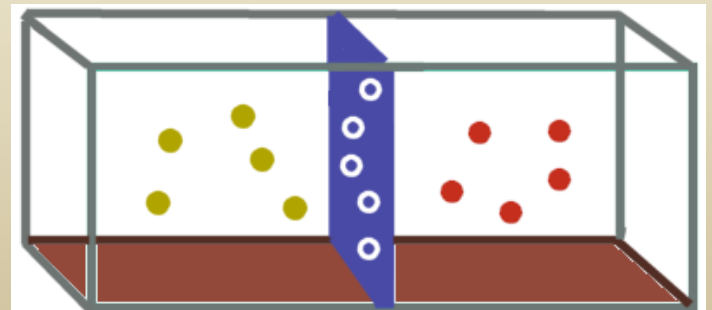


Το μήκος των βελών στα προσομοιώματα των ατόμων-σφαιρών (αριστερά), αντιστοιχούν στις ταχύτητες αυτών.

Μεγάλες ταχύτητες ατόμων γίνονται μακροσκοπικά αντιληπτές ως υψηλή θερμοκρασία του υλικού που περιέχει τα άτομα. Χαμηλή ταχύτητα ατόμων, γίνεται αντιληπτή ως χαμηλή θερμοκρασία.



ΣΤΙΓΜΙΟΤΥΠΑ ΑΠΟ ΒΙΝΤΕΟ ΣΤΟ YOUTUBE ΜΕ ΤΙΤΛΟ
 «Thermodynamics and the End of the Universe Energy- Entropy- and
 the fundamental laws of physics»:
https://www.youtube.com/watch?v=GOrWy_yNBvY



ΘΕΡΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ, ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ, ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Το άθροισμα των κινητικών ενεργειών όλων των μορίων είναι η **θερμική ενέργεια** του συστήματος που είναι ανάλογη με τη **θερμοκρασία** του συστήματος. Μεγάλη θερμοκρασία σημαίνει μεγάλη ταχύτητα κίνησης μορίων.

Όλα τα σώματα, ακόμη και αυτά που η θερμοκρασία τους πλησιάζει στο απόλυτο μηδέν έχουν θερμική ενέργεια καθώς ούτε στο απόλυτο μηδέν υπάρχει πλήρης ακινησία σε κβαντικό επίπεδο.

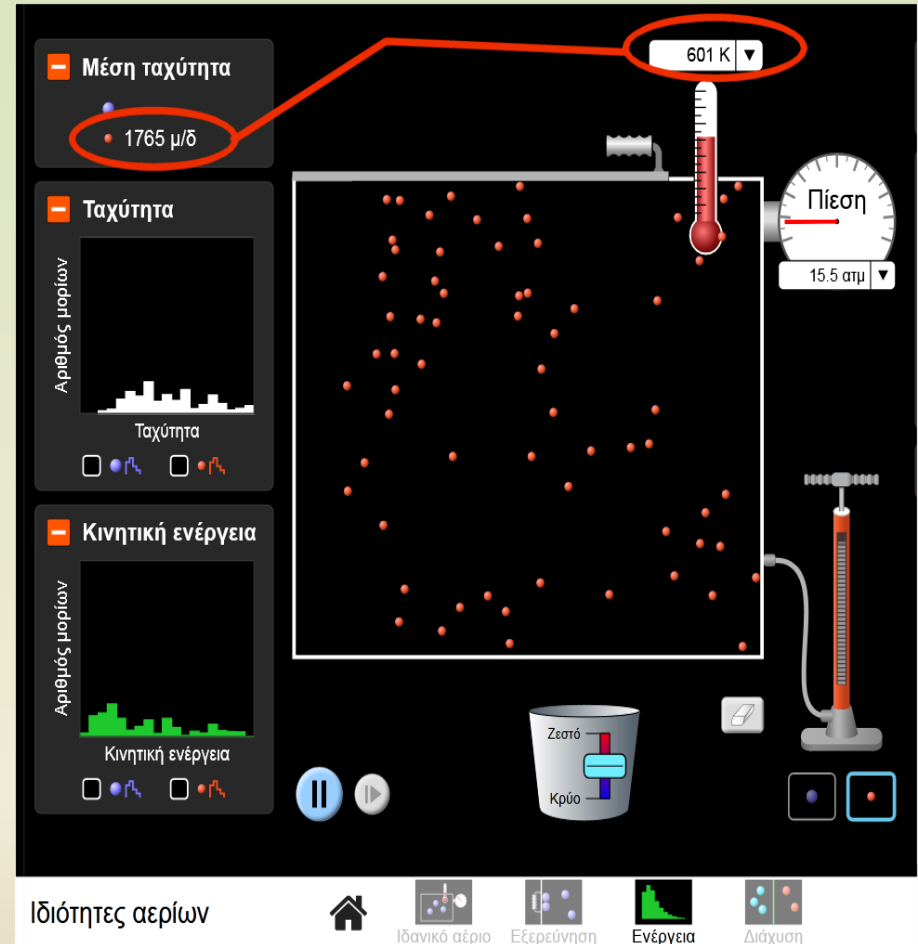
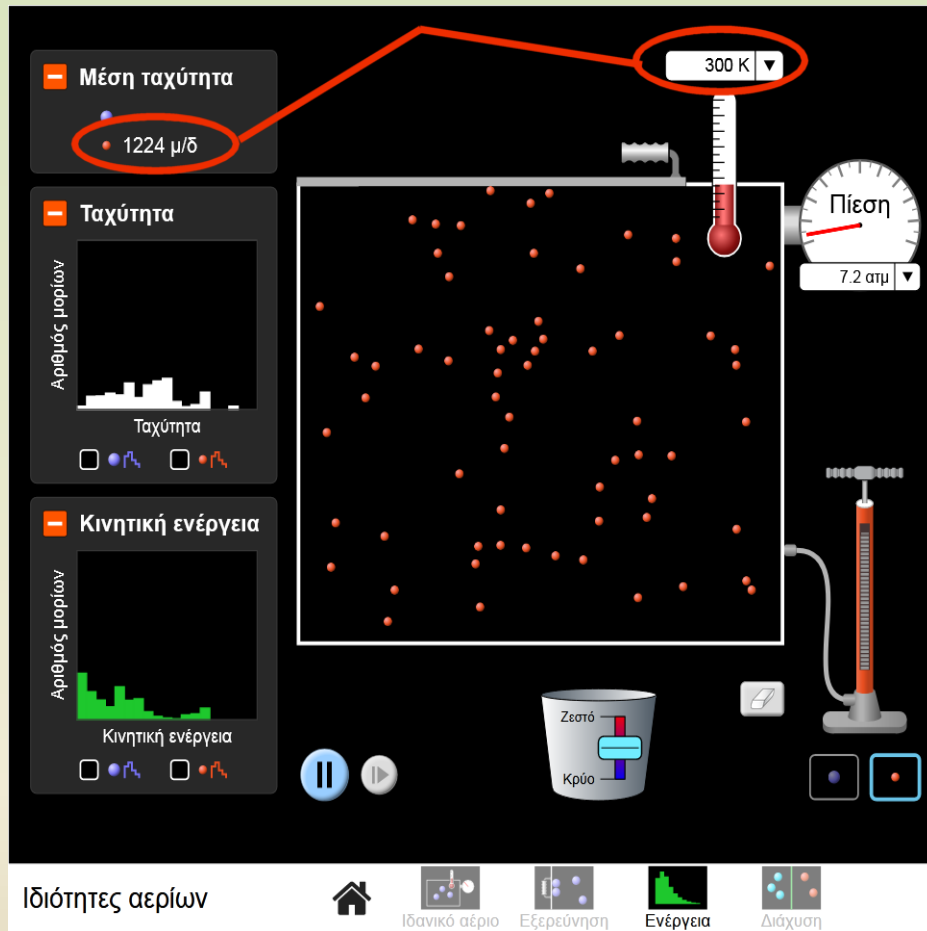
Π.χ. το φλιτζάνι του καφέ σε θερμοκρασία περιβάλλοντος έχει θερμική ενέργεια λόγω της άτακτης κίνησης των μορίων του αλλά δεν έχει θερμότητα. Ο καφές που μόλις ψήσαμε έχει θερμική ενέργεια αλλά δεν έχει θερμότητα. Από τη στιγμή όμως που θα αδειάσουμε το ζεστό καφέ στο φλιτζάνι θα αρχίσει ροή ενέργειας από τον καφέ προς το φλιτζάνι. Η **ενέργεια** η οποία μεταφέρεται από τον καφέ στο φλιτζάνι είναι η **θερμότητα**.

Όσο υπάρχει διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ δύο σωμάτων σε επαφή μιλάμε για θερμότητα. Μόλις θα εξισωθούν οι θερμοκρασίες των δυο σωμάτων με αρχικά διαφορετική θερμοκρασία, παύει να έχει νόημα η θερμότητα.

Είναι **λάθος** η έκφραση: **ένα σώμα έχει θερμότητα!**

Είναι **σωστή** η έκφραση: **ένα σώμα έχει θερμική ενέργεια!.**

Παράδειγμα:



Επάνω φαίνεται ένα αέριο με μονοατομικά μόρια. Δεν σημειώνονται βέλη (όπως σε προηγούμενα σχήματα) ως ενδεικτικά των ταχυτήτων των ατόμων του. Παρατηρείστε ότι όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, αυξάνεται και η μέση ταχύτητα των ατόμων ή μορίων.

https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties_el.html

>Ενέργεια

Θερμότητα, Θερμοκρασία, Ενέργεια

Χρειάστηκε απίστευτα μεγάλο χρονικό διάστημα στην ιστορία της επιστήμης για να καθιερωθεί μια διάκριση ανάμεσα στις έννοιες Θερμότητα και Θερμοκρασία και να διευκρινιστεί η φύση της θερμότητας.

Αρχικά και για μεγάλο διάστημα, το φαινόμενο της εξομοίωσης της θερμοκρασίας ενός ψυχρού και ενός θερμού σώματος όταν έρθουν σε επαφή είχε οδηγήσει στην πεποίθηση ότι η θερμότητα είναι ένα είδος ουσίας που ανταλλάσσεται μεταξύ των σωμάτων (σε αναλογία της ροής των υγρών και της ανάμειξής τους). Μια θεωρία ωστόσο που είχε πολλά προβλήματα.

Βασική συμβολή προς την κατανόηση των παραπάνω εννοιών είναι η μελέτη των **αερίων** από τον Ludwig **Boltzmann** (Μπόλττμαν) τέλος 19ου και αρχές 20ου αιώνα. Η **ύλη** (πιο ξεκάθαρα φαίνεται στα αέρια) **θεωρείται πια ότι είναι ένα σύνολο από μικροσκοπικά σωματίδια (άτομα ή μόρια) που κινούνται τυχαία.**

Η σύγκρουση των μικροσκοπικών σωματιδίων της ύλης μεταξύ τους και η επακόλουθη ανταλλαγή ενέργειας από το ένα στο άλλο είναι αυτό που αντιλαμβανόμαστε ως **θερμότητα**. Ο αριθμός τους είναι απαγορευτικά μεγάλος για να μελετηθούν το καθένα με την ακρίβεια και τις εξισώσεις της κίνησης, ωστόσο μπορεί να μετρηθεί η μέση κινητική τους ενέργεια. Πώς;; Μέσω της μέτρησης της θερμοκρασίας.

Η **σταθερά k** συνδέει το μικρόκοσμο με τον μακρόκοσμο, καθώς αποτελεί τη σταθερά μετατροπής της ενέργειας (μέγεθος που χαρακτηρίζει το κάθε ένα **μικροσκοπικό** σωματίο) με τη **θερμοκρασία** (μέγεθος που εκφράζει **μακροσκοπικά** τη μέση κινητική ενέργεια ενός μεγάλου συνόλου σωματιδίων). Προκύπτει από τη μελέτη αερίων, δηλαδή του πιο απλού συστήματος μεγάλου αριθμού σωματιδίων. Σε αυτή την περίπτωση, το γινόμενο της πίεσης (P) επί τον όγκο (V) αποδεικνύεται ανάλογο του αριθμού (N) των μορίων του αερίου επί τη θερμοκρασία (T) και ($k \approx 1.381 \times 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{μόριο}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ είναι η σταθερά του Boltzmann):

$PV = kNT$ και $PV/T = kN$, άρα για **σταθερό αριθμό μορίων N** ο λόγος PV/T είναι σταθερός δηλαδή $P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2$

ΕΛΕΝΗ ΚΑΛΔΟΥΔΗ
ΧΡΗΣΤΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΙΑΔΗΣ

Η ΦΥΣΙΚΗ
ΤΗΣ ΖΩΗΣ

Άσκηση (1 από 3)

Πηγαίνετε στην προσομοίωση https://phet.colorado.edu/sims/html/gas-properties/latest/gas-properties_el.html (Ενέργεια) κι ανοίξτε τα πτυσσόμενα πλαίσια διαλόγου (**Μέση Ταχύτητα, Μόρια, Πλάτος**). Η **Θερμοκρασία έγχυσης** να είναι ίδια με το δοχείο.

Επιλέξτε να έχετε μέσα στο κιβώτιο 255 **βαρέα μόρια**. Σε 5 διαφορετικές χρονικές στιγμές πατήστε Pause (ΠΑΥΣΗ) και καταγράψτε για κάθε μία από αυτές τις τιμές της πίεσης (P) σε ατμ. (atm) και της μέσης ταχύτητας (\bar{u}) μ/δ (m/s).

Από το πλάτος που δίνεται στην κάτω πλευρά του κουτιού σε nm να βρείτε τον όγκο V του δοχείου σε m³ αν γνωρίζετε ότι είναι κυβικού σχήματος (άρα $V = \text{πλάτος} \times \text{πλάτος} \times \text{πλάτος}$).

Με δεδομένη την τιμή της σταθεράς Boltzmann ($k \approx 1.38065 \times 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$), τους τύπους:

i) $PV = kNT$,

ii) $(1/2) \cdot m \cdot \bar{u}^2 = (3/2) \cdot k \cdot T$,

iii) $P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2$

που ισχύουν στην περίπτωση του αερίου που υπάρχει στην παραπάνω προσομοίωση (το οποίο θεωρείται ιδανικό) και τέλος με όσα δεδομένα σας δίνονται επιπλέον, να συμπληρώσετε τους ακόλουθους πίνακες με τιμές που προκύπτουν όταν «παγώνετε» την κίνηση.

Να δουλέψετε σε μονάδες του Διεθνούς Συστήματος (S.I.).

Επιπλέον λάβετε υπόψη σας ότι: **1 nm = 10^{-9} m**, η πίεση (P) έχει μονάδα τη **1 ατμ. = 1 atm = $1,013 \cdot 10^5$ N/m²**, ο όγκος (V) μετριέται σε **m³**, το N είναι καθαρός αριθμός-το πλήθος των μορίων και η θερμοκρασία (T) σε βαθμούς **K (κέλβιν)**.

Άσκηση (2 από 3)

ΠΙΝΑΚΑΣ 1	Πίεση (P₁): να καταγραφεί η ένδειξη από την προσομοίωση στη θερμοκρασία T₁ =330 K (σε ατμ.-atm)	Πίεση (P₁): να μετατραπεί η ένδειξη της αριστερής στήλης στη θερμοκρασία T₁ =330 K σε N/m ²	P₁·V₁ / T₁ να υπολογιστεί ο παραπάνω λόγος. Για το P₁ να χρησιμοποιηθεί η μέση τιμή που υπολογίστηκε κάτω στην αμέσως αριστερή στήλη σε N/m ² , το V ₁ σε m ³ , το T ₁ σε K	Πίεση (P₂): να καταγραφεί η ένδειξη από την προσομοίωση στη θερμοκρασία T₂ =380 K (σε ατμ.-atm)	Πίεση (P₂): να μετατραπεί η ένδειξη της αριστερής στήλης στη θερμοκρασία T₂ =380 K σε N/m ²	P₂·V₂ / T₂ να υπολογιστεί ο παραπάνω λόγος. Για το P₂ να χρησιμοποιηθεί η μέση τιμή που υπολογίστηκε κάτω στην αμέσως αριστερή στήλη σε N/m ² , το V ₂ σε m ³ , το T ₂ σε K
1		
2						
3						
4						
5						
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΤΩΝ 5 ΤΙΜΩΝ →→→ →→						

Υπενθυμίζεται ότι ο **όγκος V=V₁=V₂** σε m³ και **μέση τιμή 5 τιμών** είναι το άθροισμα των 5 τιμών δια του πλήθους τους (εδώ 5).

Συγκεκριμένα **ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ P₁**=(P_{1,1} + P_{1,2} + P_{1,3} + P_{1,4} + P_{1,5})/5 σε N/m² , **P₂**=(P_{2,1} + P_{2,2} + P_{2,3} + P_{2,4} + P_{2,5})/5 σε N/m²

ΚΑΘΗΚΟΝΤΑ:

Να στείλετε στο Mail μου (μέχρι τις 18/12, 11.59μ.μ.) ένα αρχείο word με στοιχεία σας και τα ακόλουθα:

- 1) τον Πίνακα 1 συμπληρωμένο κι επιπλέον,
- 2) να συγκρίνετε την τιμή του λόγου **P₁·V₁ / T₁** από την προσομοίωση στη θερμοκρασία **T₁ = 330K** , με την τιμή του λόγου **P₂·V₂ / T₂** από την προσομοίωση στη θερμοκρασία **T₂ = 380K**. Να αναφέρετε αν η **μεταβολή τους είναι μικρότερη του 5%;** (ΝΑΙ Η ΟΧΙ και να φαίνονται οι υπολογισμοί από τους οποίους σας προκύπτει). Υπενθυμίζεται ότι μεταβολή ενός μεγέθους **x** είναι **(x₂-x₁)/x₁** .

Άσκηση (3 από 3)

ΠΙΝΑΚΑΣ 2	Μέση ταχύτητα \bar{u}_1 : να καταγραφεί η ένδειξη από την προσομοίωση στη θερμοκρασία $T_1 = 330 \text{ K}$ σε (μ/δ-μ/s)	Μάζα ενός μορίου m : όπως προκύπτει από τη σχέση $(1/2) \cdot m \cdot \bar{u}_1^2 = (3/2) \cdot k \cdot T_1$ σε Kg, από την προσομοίωση στη θερμοκρασία $T_1 = 330 \text{ K}$. Για το \bar{u}_1 να χρησιμοποιηθεί η μέση τιμή που υπολογίστηκε κάτω στην αμέσως αριστερή στήλη	Μέση ταχύτητα \bar{u}_2 : να καταγραφεί η ένδειξη από την προσομοίωση στη θερμοκρασία $T_2 = 380 \text{ K}$ σε (μ/δ-μ/s)	Μάζα του ίδιου μορίου m : όπως προκύπτει από τη σχέση $(1/2) \cdot m \cdot \bar{u}_2^2 = (3/2) \cdot k \cdot T_2$ σε Kg, από την προσομοίωση στη θερμοκρασία $T_2 = 380 \text{ K}$. Για το \bar{u}_2 να χρησιμοποιηθεί η μέση τιμή που υπολογίστηκε κάτω στην αμέσως αριστερή στήλη	$E_{\text{KIN},330\text{K}} = (1/2) \cdot m \cdot \bar{u}_1^2$ στην θερμ. $T_1 = 330 \text{ K}$ σε eV	$E_{\text{KIN},380\text{K}} = (1/2) \cdot m \cdot \bar{u}_2^2$ στην θερμ. $T_2 = 380 \text{ K}$ σε eV
1	
2						
3						
4						
5						
ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ ΤΩΝ 5 ΤΙΜΩΝ →→→→→						

ΜΕΣΗ ΤΙΜΗ $\bar{u}_1 = (\bar{u}_{1,1} + \bar{u}_{1,2} + \bar{u}_{1,3} + \bar{u}_{1,4} + \bar{u}_{1,5})/5$ σε m/s , $\bar{u}_2 = (\bar{u}_{2,1} + \bar{u}_{2,2} + \bar{u}_{2,3} + \bar{u}_{2,4} + \bar{u}_{2,5})/5$ σε m/s.

...συνέχεια ΚΑΘΗΚΟΝΤΩΝ: Να στείλετε ακόμα

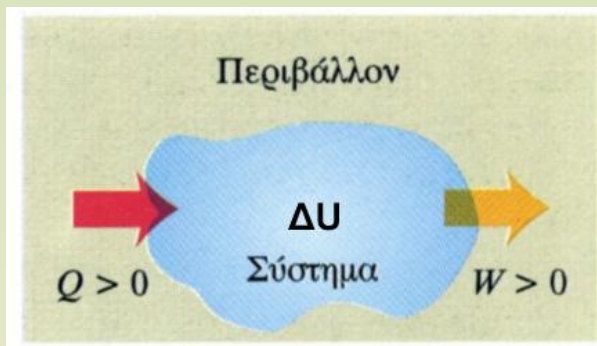
3) τον Πίνακα 2 συμπληρωμένο κι επιπλέον,

4) να συγκρίνετε τη μάζα του μορίου m όπως προκύπτει για τη θερμοκρασία $T_1 = 330 \text{ K}$, με τη μάζα του ίδιου μορίου m όπως προκύπτει για τη θερμοκρασία $T_2 = 380 \text{ K}$ και να αναφέρετε αν η **μεταβολή τους είναι μικρότερη του 5%;** (ΝΑΙ Η ΟΧΙ και να φαίνονται οι υπολογισμοί από τους οποίους σας προκύπτει). Υπενθυμίζεται ότι μεταβολή ενός μεγέθους x είναι $(x_2 - x_1)/x_1$.

5) Αν η ενέργεια 1eV (Ηλεκτρονιοβόλτ) $= 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$, να βρείτε ποια είναι η μέση κινητική ενέργεια $E_{\text{KIN},330\text{K}} = (1/2) \cdot m \cdot \bar{u}_1^2$, ενός μορίου στη θερμοκρασία $T_1 = 330 \text{ K}$ σε eV (όπου τις τιμές m και \bar{u}_1 να τις πάρετε από τον Πίνακα 2) και ποια είναι η μέση κινητική ενέργεια $E_{\text{KIN},380\text{K}} = (1/2) \cdot m \cdot \bar{u}_2^2$ στη θερμοκρασία $T_2 = 380 \text{ K}$ σε eV (όπου τις τιμές m και \bar{u}_2 να τις πάρετε από τον Πίνακα 2).

6) **Γιατί οι τιμές της μάζας m του ίδιου μορίου στις δύο διαφορετικές θερμοκρασίες 330 και 380K δεν βγαίνουν ακριβώς ίδιες, αφού στην ουσία αφορούν τα ίδια μόρια;**

Θερμοδυναμική, Α' και Β' θερμοδυναμικό αξίωμα



Κάθε σύστημα μπορεί να ανταλλάσσει ενέργεια με το περιβάλλον κυρίως με μεταφορά θερμότητας Q ή με ωφέλιμο μηχανικό έργο W . Η θερμότητα Q έχει θετικό (αρνητικό) πρόσημο όταν προσφέρεται (εγκαταλείπει) στο σύστημα και το έργο W έχει θετικό (αρνητικό) πρόσημο όταν παράγεται (καταναλώνεται) από το σύστημα.

Α' θερμοδυναμικό αξίωμα (ή ΑΡΧΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ): Η ενέργεια δεν καταστρέφεται, δεν δημιουργείται, αλλά μετατρέπεται από μία μορφή σε άλλη και τελικώς μένει σταθερή.

Το αξίωμα αυτό θεωρεί όλες τις μορφές ενέργειας ισοδύναμες όμως χωρίς το Β' θερμοδυναμικό αξίωμα- στην επόμενη σελίδα- μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα σχετικά με την αξιοποίηση της ενέργειας.

Μία άλλη ισοδύναμη εκφρασή του Α' αξιώματος είναι: Αν προσφερθεί θερμότητα Q σε ένα σύστημα αυτή πηγαίνει αποκλειστικά στη μεταβολή της ήδη υπάρχουσας εσωτερικής ενέργειας του συστήματος ΔU και στην παραγωγή ωφέλιμου έργου W : $Q=(U_2-U_1)+W=\Delta U+W$ (όπου U_2, U_1 , είναι η τελική και η αρχική εσωτερική ενέργεια του συστήματος. **Εσωτερική ενέργεια ενός συστήματος U** είναι το σύνολο της ενέργειας όλων των συστατικών του συστήματος (π.χ. μεταφορική, περιστροφική και δονητική ενέργεια των μορίων και ατόμων, η δυναμική ενέργεια λόγω της αλληλεπίδρασης μεταξύ των μορίων, ατόμων).

Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Ενέργεια & Θερμοδυναμική – Εισαγωγή

Δρ Γεώργιος Σκόδρας



Σχετικό διαφωτιστικό βίντεο στο Youtube είναι
«**Thermodynamics and the End of the Universe Energy- Entropy- and the fundamental laws of physics**»:
https://www.youtube.com/watch?v=GOOrWy_yNBvY

DOUGLAS C. GIANCOLI

ΦΥΣΙΚΗ
ΑΡΧΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΤΖΩΛΑ

Θερμοδυναμική, Α΄ και Β΄ θερμοδυναμικό αξίωμα

Β΄ θερμοδυναμικό αξίωμα (σχετικό με την ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ)-μπορεί να διατυπωθεί με πολλές ισοδύναμες προτάσεις:

- α) Η θερμότητα ρέει αυθόρμητα από ένα θερμό σώμα σε ένα ψυχρό και ποτέ αντίστροφα.
- β) Οι φυσικές διεργασίες τείνουν να κινηθούν προς την κατεύθυνση αύξησης της **εντροπίας** (δηλαδή της μεγαλύτερης πολυπλοκότητας ή μεγαλύτερης αταξίας).
- γ) Η συνολική ενέργεια του σύμπαντος υποβαθμίζεται σε κάθε (φυσικοχημικοβιολογική) διαδικασία σε λιγότερο χρήσιμες μορφές κι άρα μειώνεται το ποσό της ενέργειας που είναι διαθέσιμο για την παραγωγή έργου.
- δ) Δεν μπορεί να κατασκευαστεί μία μηχανή που να μπορεί να μετατρέψει το 100% μίας **ποσότητας παρεχόμενης θερμότητας Q**, **εξ ολοκλήρου σε ωφέλιμο έργο W**. Δηλαδή αν παρασχεθεί σε ένα σύστημα θερμότητα **Q**, αναγκαστικά και χωρίς παρέκλιση, μόνο ένα μέρος της δυνητικά μπορεί να μετατραπεί σε ωφέλιμο έργο **W** π.χ. μηχανική κίνηση και μέρος της απορρίπτεται ως θερμότητα στο περιβάλλον. Επίσης, θεωρητικά τουλάχιστον, οι περισσότερες μορφές ενέργειας εκτός από τη θερμότητα (δηλ. κινητική, δυναμική, ηλεκτρική κ.ά.) είναι δυνατόν να μετατραπούν εξ ολοκλήρου σε ωφέλιμο έργο. Άρα έχουν μεγάλο βαθμό «χρησιμότητας»-ικανότητας μετατροπής σε ωφέλιμο έργο **W**, σε σχέση με τη θερμότητα που έχει τον μικρότερο βαθμό «χρησιμότητας».

Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Ενέργεια & Θερμοδυναμική – Εισαγωγή

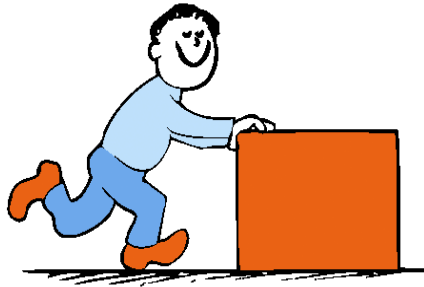
Δρ Γεώργιος Σκόδρας



Σχετικό διαφωτιστικό βίντεο στο Youtube είναι
«**Thermodynamics and the End of the Universe Energy-
Entropy- and the fundamental laws of physics**»:
https://www.youtube.com/watch?v=GOrWy_yNBvY



Θερμοδυναμική, Α' και Β' θερμοδυναμικό αξίωμα



ΕΙΚΟΝΑ 18.18 Όταν σπρώχνετε ένα βαρύ κιβώτιο πάνω σε μια τραχιά επιφάνεια, όλο το έργο που εκτελείτε αναλώνεται στη θέρμανση του πατώματος και του κιβωτίου. Το έργο που εκτελείται για να υπερνικηθεί η τριβή παράγει θερμότητα, η οποία δεν μπορεί να εκτελέσει έργο στο κιβώτιο. Η οργανωμένη ενέργεια μετατρέπεται σε άτακτη.



ΕΙΚΟΝΑ 18.20 Εντροπία.



ΕΙΚΟΝΑ 18.19 Τα μόρια του αρώματος κινούνται αυθόρμητα από τη φιάλη (περισσότερο οργανωμένη κατάσταση) στον αέρα (λιγότερο οργανωμένη κατάσταση), και όχι αντίστροφα.

PAUL G. HEWITT

Οι έννοιες
της Φυσικής

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ