pdf

Κινητική θεωρία των αερίων

- κλάδος της Φυσικής που μελέτησε πρώτος την συμπεριφορά συστήματος (αερίου) με την στατιστική
- η κινητική θεωρία μας επιτρέπει να περιγράψουμε τις μακροσκοπικές ιδιότητες των αερίων, θεωρώντας την μοριακή τους σύσταση (μικροσκοπικές ιδιότητες)

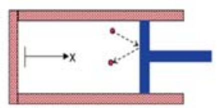
Κινητική θεωρία των αερίων

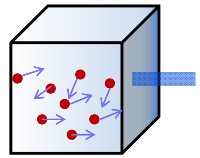
- Ξεκινά με ορισμένες υποθέσεις σχετικά με την μικροσκοπική συμπεριφορά της ύλης σε ατομικό επίπεδο.
- Υποθέτει ότι τα σωματίδια του αερίου (μόρια) υπακούουν τους νόμους της κλασσικής φυσικής.
- μελετά την τυχαία συμπεριφορά των σωματιδίων με την στατιστική
- ερμηνεύει με αυτόν τον τρόπο τη μακροσκοπική συμπεριφορά των αερίων.

Παραδοχές (Υποθέσεις) της κινητικής θεωρίας για το ιδανικό αέριο

- Το αέριο αποτελείται από ένα μεγάλο αριθμό ιδίων μορίων και η μέση απόσταση ανάμεσά τους είναι μεγάλη συγκρινόμενη με τις διαστάσεις τους (αραιό αέριο)
- Τα μόρια του αερίου κινούνται σε τυχαίες διευθύνσεις.
- Δεν ασκούνται δυνάμεις ανάμεσα στα μόρια, παρά μόνο κατά τις μεταξύ τους κρούσεις. Ανάμεσα στις κρούσεις τα μόρια κινούνται σε ευθεία με σταθερές ταχύτητες.
- Οι κρούσεις των μορίων με τα τοιχώματα του δοχείου είναι ελαστικές (η συνολική κινητική ενέργεια παραμένει σταθερή).

Πίεση ενός αερίου





Πίεση είναι η κάθετη δύναμη ανά μονάδα επιφανείας που ασκούν τα ρευστά στα τοιχώματα των δοχείων που τα περιβάλλουν

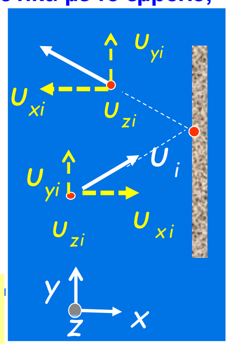
$$Πίεση = \frac{Δύναμη}{Επιφάνεια} \qquad P = \frac{F}{A}$$

- Στην περίπτωσή μας (ιδανικό αέριο μέσα σε κύλινδρο με έμβολο) η

Πίεση οφείλεται στα μόρια του αερίου που συγκρούονται ελαστικά με το έμβολο, λόγω της τυχαίας τους κίνησης:

$$P = \frac{|F_{τοιχ}|}{A} = \frac{|F_{μορ}|}{A} = \frac{\left|\Delta p_{ολ} / \Delta t\right|}{A}$$

Θα υπολογίσω την ολική μεταβολή μορίων ορμής $\Delta p_{ολ}$



I. Υπολογίζω την μεταβολή της ορμής ενός μορίου (μάζας m) που έχει ταχύτητα $\vec{u}_i$:

$$\overline{\Delta p_{1i}} = \bar{p}_{μετά} - \bar{p}_{πριν} = -2mu_{xi}$$

Οπότε το μέτρο της μεταβολής της ορμής του μορίου:

$$\Delta p_{1i} = \left|\overline{\Delta p_{1i}}\right| = 2mu_{xi}$$

II. Υπολογίζω την συνολική μεταβολή της ορμής για ΟΛΑ τα μόρια που πέφτουν στο έμβολο σε χρόνο Δt:

a. Υπολογίζω την μεταβολή της ορμής $(\Delta \overline{p_i})$ όλων των μορίων που έχουν ταχύτητα u_{xi} και πέφτουν στο έμβολο σε χρόνο Δt

$\Delta\overline{p_i} = \sum \Delta\overline{p_{1i}}$ Με μέτρο $\Delta p_i = \sum \Delta p_{1i}$ $\quad \Delta p_i = N_i \cdot 2mu_{xi}$

N_i: τα μόρια που φτάνουν στο έμβολο (σε χρόνο Δt με την ίδια ταχύτητα u_{xi})

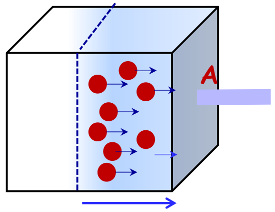
αυτά θα βρίσκονται μέσα σε έναν όγκο με βάση την επιφάνεια A και μήκος Δl

$\Delta l = u_{xi}\Delta t$ (η απόσταση που διανύεται σε Δt),

$N_i = n_i^* A u_{xi}\Delta t$

n_i^* : αριθμός ατόμων ανά μονάδα όγκου με ταχύτητα u_{xi}

$\Delta p_i = 2mn_i^* A u_{xi}^2 \Delta t$



b. Η ΣΥΝΟΛΙΚΗ μεταβολή της ορμής ($\Delta p_{ολ}$)

λόγω πρόσκρουσης όλων των μορίων (με διάφορες ταχύτητες) σε Δt:

$$\Delta p_{ολ} = \sum \Delta p_i = 2mA\Delta t\left(\sum n_i^* u_{xi}^2\right) \qquad \Delta p_{ολ} = 2mA\langle u_x^2\rangle n_o \Delta t$$

- Η μέση τιμή: $\langle u_x^2\rangle = \frac{\sum n_i^* u_{xi}^2}{\sum n_i^*}$ $\quad \sum n_i^* = n_0$

$\Delta p_{ολ} = 2mA\langle u_x^2\rangle n_o \Delta t$ $\quad n_0$??

τα μισά μόρια κινούνται δεξιά και τα άλλα μισά αριστερά

$n_0 = \frac{1}{2} n_{ολ} = \frac{1}{2}\frac{N}{V}$ **κτυπούν στο τοίχωμα** $\quad \Delta p_{ολ} = mA\frac{N}{V}\langle u_x^2\rangle\Delta t$

Η πίεση που ασκείται στο τοίχωμα:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{\text{συνολική μεταβολή ορμής}/\Delta t}{A} = \frac{\Delta p_{ολ}}{A\cdot\Delta t} \qquad P = m\frac{N}{V}\langle u_x^2\rangle$$

$\langle u^2\rangle = \langle u_x^2\rangle+\langle u_y^2\rangle+\langle u_z^2\rangle$ Τυχαία κίνηση $\langle u_x^2\rangle=\langle u_y^2\rangle=\langle u_z^2\rangle$ $\quad \langle u_x^2\rangle = \frac{\langle u^2\rangle}{3}$

$$P = \frac{mN\langle u^2\rangle}{3V} \qquad P = \frac{2}{3}\left(\frac{N}{V}\right)\left(\frac{1}{2}m\langle u^2\rangle\right)$$

ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΥΣΑ ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΗ

Η πίεση (Μακροσκοπική ιδιότητα) σχετίζεται με την μέση τιμή του τετραγώνου της ταχύτητας του μορίου (μικροσκοπική ιδιότητα).

- Η μέση κινητική ενέργεια των μορίων λόγω της κίνησης του κέντρου μάζας : $\langle E\rangle = \frac{1}{2}mu^2$ $\quad PV = \frac{2}{3}N\langle E\rangle$
- n: ο αριθμός των mol $\quad n = \frac{N}{N_A} \longrightarrow \quad PV = \frac{2}{3}nN_A\langle E\rangle$

Γνωρίζουμε ότι όταν η θερμοκρασία είναι σταθερή $\rightarrow PV = σταθερα$

- τότε: $\langle E\rangle = σταθερή$ $\quad$ Ο νόμος Boyle- Mariotte:

Αύξηση της θερμοκρασίας ενός σώματος ισοδυναμεί με αύξηση της μέσης κινητικής ενέργειας όλων των συστατικών μορίων
Η θερμοκρασία συσχετίζεται με την μέση κινητική ενέργεια

$T = f\langle E\rangle$

$\langle E\rangle = \frac{T}{c}$ $\quad PV = n\left(\frac{2}{3}\frac{N_A}{c}\right)T$ $\quad R$ $\quad PV = nRT$ $\quad PV = Nk_BT$

$n = \frac{N}{N_A}$ σταθερά Boltzmann $k_B = \frac{R}{N}$

Συμπεράσματα από την παραπάνω μελέτη

- Αν και ξεκινήσαμε με την ατομική περιγραφή των κρούσεων των ανεξάρτητων μορίων του αερίου (μικροσκοπική περιγραφή) καταλήξαμε σε μια σχέση ανάμεσα στις Μακροσκοπικές μεταβλητές $\quad PV = Nk_BT$
- Συνδέσαμε την Πίεση του αερίου με την μέση κινητική ενέργεια $\quad P = \frac{2}{3}\frac{nN_A}{V}\langle E\rangle$
- Δείξαμε ότι η θερμοκρασία ενός αερίου σχετίζεται με την μέση κινητική ενέργεια των μορίων που το αποτελούν.