

Η ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΤΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

Του Αλέκου Χαραλαμπίδου
Αγρίνιο, Αύγουστος 2004

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Θα έχετε διαβάσει επιφυλάξεις για την καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων. Ίσως θα έχετε επιφυλάξεις για όλες τις καταστατικές εξισώσεις και θα δικαιωθούν οι επιφυλάξεις σας εδώ. Οδηγός στην ανάλυσή μας είναι το έργο «Θερμότης» του Καίσαρα Αλεξόπουλου.

Η ΔΙΑΣΤΟΛΗ ΑΕΡΙΩΝ

Πειραματικό αποτέλεσμα είναι ότι σε δεδομένη αύξηση θερμοκρασίας dT , η αύξηση του όγκου dV υπο σταθερή πίεση θα είναι : $dV = aV_0 d\theta$ (1) / a = θερμικός συντελεστής όγκου υπό σταθερή πίεση και $a=(1/273)$ grad⁻¹ όπως εδείχθη πειραματικά. Η (1) $\Rightarrow V=aV_0\theta + C$. Για $\theta=0$ °C , ο όγκος θα είναι ίσος προς V_0 και αν $C=V_0$, τότε : $V = V_0(1+a\theta)$ (2) (1^{ος} νόμος των Gay-Lussac).

Σύμφωνα με τον νόμο των Boyle- Mariotte, $pV=$ σταθερό. Όταν ο όγκος είναι σταθερός και μεταβάλλεται η πίεση, είναι :

$$dp = ap_0 dT \quad \text{και} \quad p = p_0(1+a\theta) \quad (3) \quad (2^{\text{ος}} \text{ νόμος των Gay- Lussac}).$$

Είναι δε $T= 273 + \theta$.

Οι όγκοι ενός αερίου υπό σταθερή πίεση είναι ανάλογοι της θερμοκρασίας των , ήτοι : $(V/V') = (T/T')$ (4).

Ανάλογα υπό σταθερό όγκο οι πιέσεις είναι : $(p/p') = (T/T')$ (5).

Με σταθερό όγκο και μεταβολή της θερμοκρασίας, παίρνουμε : $p_1 = p(T'/T)$ (6).

Στην συνέχεια αν $T=$ σταθερό και αυξήσουμε τον όγκο : $p_1 V = p' V'$ (7).

Οι (6), (7) δίνουν : $(pV/T) = (p' V'/T')$ (8) (νόμος Boyle- Mariotte- Gay- Lussac)

Έτσι λοιπόν είναι $pV = AT$ (8), όπου $A=$ σταθερά. Η A εξαρτάται από την φύση και την μάζα του αερίου και έχουμε $pV= nRT$ (9). Σημειώστε παρακαλώ, ότι $A= \eta R =$ σταθερά και από αυτό το σημείο προέρχεται η αναθεώρηση που θα κάνουμε. Όταν μεταβάλλεται ο όγκος με σταθερή πίεση, έχουμε μεταβολή των γραμμομορίων

η και όχι της θερμοκρασίας! Συνεπώς η ηR δεν είναι σταθερά και αν το p είναι ανάλογο του η , δεν είναι το p ανάλογο της T .

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΤΑ

Όπως γνωρίζουμε, μία άλλη μορφή της καταστατικής εξίσωσης των ιδανικών αερίων είναι: $pV = NkT$ (10) / N = σταθερά του Avogadro

k = σταθερά του Boltzmann

Θεωρείται ότι $kT = (1/2)mv^2$ (11) και ότι στις τρεις διαστάσεις είναι: $kT = (2/3)(1/2)mv^2$.

Όμως για να εξαχθεί ο συντελεστής $2/3$, θεωρήθηκε ότι:

$$\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2} = (1/3)\overline{v^2}$$

δηλαδή ότι κάθε μέσος όρος των τετραγώνων της κάθε μίας συνιστώσας της ταχύτητας στους άξονες x, y, z , είναι ίσος με το μέσο όρο των τετραγώνων της ταχύτητας στον χώρο (συμβουλευτείτε την Θερμοδυναμική Serway ή την Φυσική Halliday- Resnick). Όμως αυτό είναι λάθος. Χωρίς πολλά επιχειρήματα, θα αναφέρουμε ότι το σωστό είναι: $(\overline{v})^2 = (\overline{v_x})^2 + (\overline{v_y})^2 + (\overline{v_z})^2$ και αυτό αποκλείει τον συντελεστή $2/3$ και αντί αυτού ισχύει ο συντελεστής $1/2$ που γνωρίζουμε. Τα τετράγωνα των μέσων όρων των συνιστωσών της ταχύτητας δεν είναι ίσα!

Έτσι λοιπόν $pV = (1/2)Nmv^2$ και $p = (1/2)\rho v^2$ (12) / ρ = πυκνότητα αερίου.

Αν δοκιμάσετε να βρείτε την μέση ταχύτητα των μορίων ενός αερίου, π.χ. του υδρογόνου και δοκιμάσετε τους τύπους (11) και (12) και για μηδενική θερμοκρασία Κελσίου του αερίου, θα βρείτε την ίδια ταχλυτητητα!

Η (10) δίνει: $p = (\rho k/m) T$ (13).

Είναι λοιπόν δυνατόν να μη μεταβάλλεται η θερμοκρασία και να μεταβάλλεται ισοποσοστιαίως η πίεση και η πυκνότητα, αυτό όμως το απαγορεύει η καταστατική εξίσωση, που όπως δείχτηκε το ηR είναι σταθερό.

Επίσης όταν αυξήσουμε τον όγκο του αερίου και την πυκνότητά του, έτσι ώστε η πίεση να είναι σταθερή, δεν σημαίνει ότι ισχύει η (13) πάντοτε και σε οποιαδήποτε θερμοκρασία.

Πάλι η (12) δείχνει ότι μπορεί να μεταβάλλεται ίσα ποσοστιαία η πίεση και η πυκνότητα χωρίς να αλλάζει η ταχύτητα των μορίων και η θερμοκρασία να

μεταβάλλεται, αλλά η (11) όταν μεταβάλλεται η θερμοκρασία θα μεταβάλλει την ταχύτητα αγνοώντας την (12). Θεωρούμε ότι η (12) είναι η σωστή, επειδή υπολογίζει την πυκνότητα και ισχύει και η πειραματική (3) επι σταθερού όγκου .

ΑΛΛΗ ΑΠΟΤΥΧΙΑ

Επί σταθερού όγκου , η καταστατική εξίσωση δίνει:

$$p = eT \quad /e = \text{σταθερά} \quad (14).$$

Η (3), (14) δίνει :

$$p_0 = \frac{e(273 + \theta)}{1 + a\theta} = e \quad (15)$$

Όμως στην (14) η πίεση είναι ανάλογη της θερμοκρασίας και $T = 273 + \theta$. Όταν λοιπόν $\theta = 1$, ισχύει η (15) και τότε η πίεση είναι e , τόση δηλαδή όση αναγκαστικά είναι η σταθερά της (14) και αυτό δεν το επιτάσσει η (14).