

Άσκηση A03: Γραμμομοριακή θερμοχωρητικότητα Αερίων

A03.I Κατευθύνσεις –Απαιτούμενα Αναφοράς

1. Κατασκευή διαγράμματος μεταβολής πίεσης, ως προς τον χρόνο θέρμανσης, $\Delta p/\Delta t$ (όπου Δp σε mbar και Δt σε sec) και προσαρμογή των πειραματικών σημείων με τη βέλτιστη συνάρτηση (γραμμική προσαρμογή). Διερεύνηση της φυσικής σημασίας της τεταγμένης επί την αρχή στον άξονα των y (intercept) και εξέταση εάν η προσαρμογή των τιμών μπορεί να πραγματοποιηθεί μηδενίζοντας το intercept. Αποτύπωση επίσης του διαγράμματος των σχετικών επί τοις εκατό καταλοίπων, κάθε τιμής σε σχέση με την συνάρτηση προσαρμογής (Residual Plot).

$$R(\%) = 100 \times \frac{b_i - b_f}{|b_i|}, b_i = \frac{y_i - \text{intercept}}{x_i}$$

Αποτύπωση των σφαλμάτων κάθε πειραματικού σημείου. Τα διαγράμματα και το αντίστοιχο Residual Plot πρέπει να συμπεριληφθούν σε ενιαίο διάγραμμα (2 panels), με κοινά όρια στην ανεξάρτητη μεταβλητή (t sec).

Ζητούμενο Α: Η γραμμομοριακή θερμοχωρητικότητα του αερίου \bar{C}_V προσδιορίζεται από την έκφραση A3.27 του εγχειριδίου:

$$\bar{C}_V = \frac{R(UI\Delta t - aP\Delta P)}{(aP + V)\Delta P} = \frac{RUI\Delta t}{(aP + V)\Delta P} - \frac{aPR}{(aP + V)}$$

όπου R, η σταθερά των αερίων σε $\text{Joule K}^{-1} \text{mol}^{-1}$, U, η τάση στα άκρα του κυκλώματος, που μετρήθηκε σε Volt, I, η ένταση του ρεύματος σε Ampere. Το δεύτερο μέρος της εξίσωσης εκφράζει την διόρθωση στο ποσό θερμότητας που δόθηκε στο αέριο, λόγω της μικρής μεταβολής του όγκου ($\alpha \times P + V$), όπου V, ο όγκος του δοχείου σε lt, που πρόεκυψε από την ανύψωση του υγρού στο επικλινές μανόμετρο και $\alpha = 0.855 \text{ cm}^3 \text{ mbar}^{-1}$. Το ποσό θερμότητας που δόθηκε στο αέριο από το κύκλωμα $Q = I^2 \times R \times \Delta t = I \times U \times \Delta t$ δίνεται σε Joule ($1 \text{ J} = 1 \text{ A} \times 1 \text{ V} \times 1 \text{ s}$). Προσοχή στη μετατροπή μονάδων των δυο όρων, ώστε να συμφωνούν μεταξύ τους. Προσδιορίστε με διάδοση σφάλματος (τυχαίο σφάλμα) το αποτέλεσμα σας. Το σφάλμα του δευτέρου όρου μπορεί να απλοποιηθεί, αν είναι πολύ μικρότερο από το αντίστοιχο του πρώτου.

Ζητούμενο Β: 1. Κατασκευή διαγράμματος μεταβολής του όγκου (ΔV), ως προς τη διάρκεια του χρόνου θέρμανσης $\Delta p/\Delta t$ όπου ΔV σε ml, Δt σε sec και προσαρμογή των πειραματικών σημείων με τη βέλτιστη συνάρτηση (γραμμική προσαρμογή). Τα σφάλματα των πειραματικών μετρήσεων πρέπει να αποτυπώνονται στους αντίστοιχους άξονες. Τα διαγράμματα και το αντίστοιχο Residual Plot να συμπεριληφθούν σε ενιαίο διάγραμμα (2 panels), με κοινά όρια στην ανεξάρτητη μεταβλητή (t sec).

Αντίστοιχα, η γραμμομοριακή θερμοχωρητικότητα ενός αερίου, υπό σταθερή πίεση, περιγράφεται από την έκφραση:

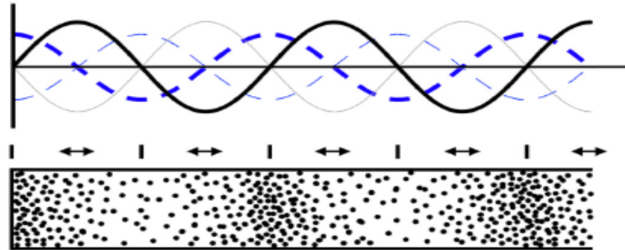
$$\bar{C}_P = \frac{U I V \Delta t}{nT\Delta V} = \frac{U I R \Delta t}{P_s \Delta V}$$

όπου $\Delta t/\Delta V$, το αντίστροφο της κλίσης του διαγράμματος και P_s , η πίεση που υπάρχει στο δοχείο, δηλαδή η πίεση της ατμόσφαιρας του εργαστηρίου που μετρήθηκε κατόπιν αφαίρεσης της πίεσης που ασκεί το βάρος του εμβόλου. Προσδιορίστε το σφάλμα στο τελικό σας αποτέλεσμα.

Ζητούμενο Γ: Προσδιορισμός του λόγου των γραμμομοριακών θερμοχωρητικοτήτων, $\gamma = c_p/c_v$. Παρουσίαση των αποτελεσμάτων με την μορφή πίνακα και προσδιορισμός της μέσης τιμής του $\lambda/2$ και της τυπικής απόκλισης των μετρήσεων από τις διαδοχικές θέσεις, όπου μετρήθηκε το μέγιστο πλάτος στην ένταση του ήχου του στάσιμου κύματος, που δημιουργήθηκε μέσα στον σωλήνα Kundt (το αντίστοιχο ελάχιστο της πυκνότητας του αερίου, βλ. σχήμα κατωτέρω). Από την μέση τιμή του $\lambda/2$ και την συχνότητα f να προσδιοριστεί η ταχύτητα του ήχου στον αέρα. Προσδιορισμός της τυπικής απόκλισης των μετρήσεων.

Η ταχύτητα ενός διαμήκου κύματος που διαδίδεται σε ένα ελαστικό μέσο, μέσω πυκνωμάτων και αραιωμάτων, ισούται με το μετρό ελαστικότητας όγκου ($B = -dp/-dV/V$) προς την μεταβολή της πυκνότητας. $c = \sqrt{B/\rho}$. Επειδή οι θερμική αγωγιμότητα των αερίων είναι μικρή και η συχνότητα ταλάντωσης μεγάλη, η διάδοση της θερμότητας γίνεται αδιαβατικά και συνεπώς το γινόμενο pV^γ είναι σταθερό. Ως εκ τούτου,

$$\text{προκύπτει ότι } c = \sqrt{\gamma p / \rho} \text{ και } \gamma = \frac{M c^2}{RT}$$



Σχήμα 1: Ταλαντώσεις αερίου, κατά τη διάδοση διαμήκου κύματος. Οι κάθετες γραμμές κάτω από το διάγραμμα συμβολίζουν δεσμούς (μέγιστη πίεση – ελάχιστη ταχύτητα), ενώ τα διπλά βέλη, αντίστοιχα, αντιδεσμούς μεταβολής (ελάχιστη πίεση – μέγιστη ταχύτητα). Η διαφορά μεταξύ δυο διαδοχικών δεσμών είναι $\lambda/2$.

A3. II Ασκήσεις – Ερωτήσεις Αναφοράς

1. Παρουσιάστε συνοπτικά τα αποτελέσματα σας, με μορφή πινάκων. Θα πρέπει να παρουσιάζεται επίσης το πειραματικό σφάλμα και οι αντίστοιχες τιμές της βιβλιογραφίας, καθώς επίσης, οι τιμές που προκύπτουν από το θεώρημα ισοκατανομής της ενέργειας. Σχολιάστε τα αποτελέσματα σας. Ποιο σφάλμα είναι το καθοριστικό για κάθε διαδικασία; Γιατί το αποτέλεσμα της μέτρησης του γ μέσω της ταχύτητας του ήχου είναι πιο αξιόπιστο;
2. Δώστε το διάγραμμα της γραμμομοριακής θερμοχωρητικότητας ενός διατομικού αερίου, σε συνάρτηση με την θερμοκρασία και εξηγήστε.
3. Υπολογίστε τη συνεισφορά της υγρασίας στη θερμοχωρητικότητα του ατμοσφαιρικού αέρα. Η απόλυτη υγρασία προκύπτει αν μετατρέψουμε την τιμή της σχετικής υγρασίας, που μας δίνει το υγρασιόμετρο, σε απόλυτη και εφόσον αναχθεί στην περιεκτικότητα του ατμοσφαιρικού αέρα. Είναι σημαντική η διόρθωση αυτή;