

Άσκηση A02: Joule - Thomson

A02.I Κατευθύνσεις – Απαιτούμενα Αναφοράς

1. Κατασκευή διαγραμμάτων μεταβολής της θερμοκρασίας, ΔT , συναρτήσεως της μεταβολής της πίεσης, ΔP , και των υπολειμματικών διαγραμμάτων τους (Residual Plots), για τα αέρια που μελετήθηκαν στο πείραμα. Προσαρμογή των πειραματικών σημείων με την βέλτιστη συνάρτηση και κατασκευή συγκριτικού διαγράμματος για τα δυο αέρια, συμπεριλαμβάνοντας τα Residual Plots σε ένα διάγραμμα (2 panels).

Επισημάνσεις: i. Τα διαγράμματα συνίστανται από δύο panels (πάνω – κάτω): α. Πειραματικά δεδομένα και προσαρμογή τους και β. Residual Plot. Τα σφάλματα κάθε πειραματικής μέτρησης πρέπει να απεικονίζονται στο άνω γράφημα (panel α) της γραφικής παράστασης. ii. Εστιάστε στη γραμμικότητα της τάσης των πειραματικών τιμών και της τεταγμένης επί την αρχή (intercept).

Ζητούμενα:

A. Προσδιορισμός των συντελεστών Joule-Thomson, μ_{J-T} , για τα δύο αέρια του πειράματος και σχολιασμός της φυσικής σημασίας της διαφοράς τους.

B. Ποσοστιαία σύγκριση των πειραματικών αποτελεσμάτων για τα δύο αέρια (%) με τις θεωρητικές τιμές που προκύπτουν από τα μοντέλα των van der Waals, Beattie-Bridgeman, από τα δεδομένα που περιλαμβάνονται στον πίνακα 1, της Redlich-Kwong (RK): $\mu_{JT}^{RK} = \frac{1}{C_p} \frac{5a}{2RT^2} - b$ ($a(N_2) = 15.38 \text{ atm K}^{1/2} \text{ cm}^6 \text{ g}^{-2} \text{ mol}^{-2}$, $b(N_2) = 0.02677 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ και $a(CO_2) = 63.78 \text{ atm K}^{1/2} \text{ cm}^6 \text{ g}^{-2} \text{ mol}^{-2}$, $b(CO_2) = 0.02969 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1} \text{ mol}^{-1}$) και τις αντίστοιχες της βιβλιογραφίας [4, εγχειρίδιο]. Κατασκευάστε πίνακα, όπου να απεικονίζεται η ποσοστιαία απόκλιση πειραματικών και θεωρητικών τιμών και σχολιάστε τη συμφωνία των μετρήσεών σας συνεκτιμώντας τα πειραματικά σφάλματα αυτών. Εξηγήστε τη φυσική σημασία των αποκλίσεων.

Δίνονται: $c_p(N_2) = 0.286 \text{ lt atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ και $c_p(CO_2) = 0.362 \text{ lt atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$

Πίνακας 1. Σταθερές για τον υπολογισμό του συντελεστή Joule – Thomson βάσει των θεωρητικών μοντέλων van der Waals και Beattie-Bridgeman. Για τους υπολογισμούς, οι μονάδες που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν είναι: V σε lt, P σε atm, T σε K και $R = 0.08206 \text{ lt atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$.

	van der Waals		Beattie-Bridgeman				
	¹ a	² b	^{3,a} A ₀	^{3,b} a	^{3,c} B ₀	^{3,d} b	^{3,e} c (10 ⁴)
N₂	1.39	0.0391	1.3445	0.02617	0.05046	-0.00691	4.20
CO₂	3.59	0.0427	5.0065	0.07132	0.10476	0.07235	66.00

¹ atm lt²; ² lt; ³ Οι τιμές των σταθερών έχουν αναχθεί από το σύστημα SI, προκειμένου να απλοποιηθούν οι πράξεις των υπολογισμών. Ακολουθώς, φαίνονται οι μονάδες στο σύστημα SI: ^a m³ kg⁻¹; ^b Nt m⁴ kg⁻²; ^c m³ kg⁻¹; ^d m³ kg⁻¹; ^e m³ K³ kg⁻¹

A02.II Ασκήσεις – Ερωτήσεις Αναφοράς

- Εξηγήστε τη σημασία της απόκλισης των πραγματικών αερίων από την ιδανική συμπεριφορά και τη συσχέτισή της με τη συμπύκνωσή τους;
- Ποια είναι η φυσική σημασία της πτώσης της θερμοκρασίας, κατά την αδιαβατική εκτόνωση ενός πραγματικού αερίου.
- Υπολογίστε το συντελεστή μ_{JT} για τα αέρια που χρησιμοποιήσατε στο πείραμά σας, CO₂ και N₂, και την αντίστοιχη θερμοκρασία, βάσει του μοντέλου της Virial, εφόσον προσδιορίσετε το δεύτερο συντελεστή Virial προσαρμόζοντας τα δεδομένα του πίνακα 2, με δευτεροβάθμια συνάρτηση.

Πίνακας 2. Θερμοκρασιακή εξάρτηση του δεύτερου συντελεστή Virial, B_2 . Η θερμοκρασιακή συμπεριφορά του B_2 περιγράφεται ικανοποιητικά μέσω προσαρμογής των δεδομένων από δευτεροβάθμια συνάρτηση.

N₂		CO₂	
T (K)	B₂(T) (cm³ mol⁻¹)	T (K)	B₂(T) (cm³ mol⁻¹)
200	-34	280	-143
223.2	-26.4	290	-132.5
225	-24	298.15	-124.5
250	-15	300	-122.7
273.15	-10.4	310	-113.9
300	-4	320	-105.8
323.2	-0.4		