

**Μεταφορά Μάζας**

**Ενότητα: Φροντιστήριο Ενοτήτων** (Φροντιστήριο 1)

Καθηγητής Μαντζαβίνος Διονύσιος

Τμήμα Χημικών Μηχανικών



|  |  |
| --- | --- |
| **Περιεχόμενα** | **Σελ.** |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
| Σκοπός ενότητας | 3 |
| Άσκηση 1 | 3 |
| Άσκηση 2 | 7 |
| Άσκηση 3 | 10 |
| Άσκηση 4 | 13 |

**Φροντιστήριο 1**

***ΣΚΟΠΟΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ***

Σκοπός της παρούσας ενότητας είναι η εξοικείωση για την επίλυση εισαγωγικών ασκήσεων καθώς και ασκήσεων υπολογισμού συντελεστή διάχυσης.

**Άσκηση 1**

a) Xρησιμοποιώντας τον 1ο Νόμο του Fick για την διάχυση αποδείξτε, ότι για δυαδικό μίγμα, ισχύει: 

b) Να αποδείξετε ότι 

c) Ξεκινώντας από τη σχέση , να αποδείξετε ότι 

d) Να αποδείξετε ότι 

e) Να αποδείξετε ότι 

Λύση

a) Για δυαδικό μίγμα των A και B, ο 1ος Νόμος του Fick μπορεί να γραφεί για να περιγράψει τη διάχυση του κάθε είδους στο μίγμα ως εξής:

 

Ξέρουμε ότι  



Όμως 

Άρα 



b) Γνωρίζουμε ότι  

 ή  

Αφαιρούμε κατά μέλη:

 

Ομοίως 



 



Επιπλέον γνωρίζουμε ότι:  και 

Άρα





και



Οπότε



Αντικαθιστώ







 

Ισχύει









c) Για να καταλήξουμε στην εξ. , ξεκινούμε από την εξίσωση  και αντικαθιστούμε στη θέση του  το εξής:  (από το ερώτημα b].

Επίσης ισχύει η σχέση: 

Οπότε προκύπτει: 



όπου  και





 

Επίσης ισχύει: 

Ομοίως

Οπότε 



d) 

Απευθείας από το ερώτημα c) 

e) Γνρωρίζουμε ότι  και 

Επιπλέον  και 

Άρα  

και  



Αφαιρώ κάτα μέλη 







Πολλαπλασιάζοντας και τα 2 μέλη με τη συγκέντρωση, προκύπτει:



**Άσκηση 2**

Ο συντελεστής διάχυσης, DAB , για αέρια μίγματα αργού-οξυγόνου, σε συνθήκες θερμοκρασίας, 293.2 Κ, και ολικής πίεσης, 1 atm, έχει προσδιοριστεί πειραματικά και έχει βρεθεί ίσος με 0.20 cm2/sec.

A) Προσδιορίστε τον συντελεστή διάχυσης,, χρησιμοποιώντας την εμπειρική έκφραση που προτείνουν οι J. C. Slattery & R. B. Bird για αέρια μίγματα σε χαμηλές πιέσεις:



όπου .

H ανάλυση των πειραματικών αποτελεσμάτων έχει δώσει τις ακόλουθες τιμές για τις παραμέτρους a, b:

Για μη-πολικά ζεύγη αερίων: , 

Για Η2Ο με ένα μη πολικό αέριο: , 

B)Ποια είναι η αντίστοιχη τιμή που προβλέπεται από την κινητική θεωρία των Chapman-Enskog;

Σε κάθε μια περίπτωση συγκρίνατε με την πειραματική τιμή.

Λύση

Έχουμε μίγμα Αργού (Α) - Οξυγόνου (Β)

Δεδομένα που θα χρειαστούν: , σταθερά Boltzmann:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |
| A (αργό) | 39.944 | 151 | 48 | 3.418 | 124 |
| B (οξυγόνο) | 32 | 154.4 | 49.7 | 3.433 | 113 |

A)Από την εμπειρική σχέση J. C. Slattery & R. B. Bird:



Υπολογίζουμε τους επιμέρους όρους:







Πρόκειται για ζεύγος μη πολικών αερίων (Αργό Αδρανές)

Άρα,  και 

Οπότε 

Άρα, 



Πειραματική τιμή: 



B) Chapman - Enskog: 

Είναι 



Για να βρω το  από πίνακες, υπολογίζουμε τον όρο 

Οπότε

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 2.4 | 1.012 |
| 2.5 | 0.9996 |

Με γραμμική παρεμβολή



Άρα 

Οπότε



Παρά το γεγονός ότι οι 2 εκφράσεις έχουν προκύψει κατά διαφορετικό τρόπο, συγκλίνουν στα αποτελέσματα τους.

**Άσκηση 3**

Μια από τις πιο χρήσιμες εμπειρικές προσεγγίσεις για την εκτίμηση της διάχυσης των αερίων στον αέρα είναι η επονομαζόμενη FSG–μέθοδος (Fuller-Schettler-Giddings, 1966) . Η χρησιμοποιούμενη έκφραση δίδεται ως ακολούθως:



όπου  είναι ο γραμμομοριακός όγκος του αερίου,  ο γραμμομοριακός όγκος του αέρα (20.1 cm3/mol), και , είναι μια συνάρτηση των μοριακών βαρών:



Υπολογίστε τον συντελεστή διάχυσης του μεθανίου στον αέρα, (a) στους 273 Κ και (b) στους 293 Κ, χρησιμοποιώντας:

1)Την εμπειρική σχέση FSG &

2)Την κινητική θεωρία των Chapman-Enskog

Από τα δεδομένα για την ατομική δομή, έχουμε τα εξής στοιχεία:

- Γραμμομοριακός όγκος ατόμου άνθρακα: 

- Γραμμομοριακός όγκος ατόμου υδρογόνου: 

Λύση

1) Με χρήση της FSG:



Έχουμε μίγμα Μεθανίου (Α) - Αέρα (Β)

Δεδομένα που θα χρειαστούν: 

Οι γραμμομοριακοί όγκοι των ατόμων έχουν προκύψει από φυσικοχημική ανάλυση ατομικών ιδιοτήτων. Προσεγγιστικά, ισχύει γι' αυτούς η προσθετική ιδιότητα.

Επίσης  (μοριακό βάρος αέρα, μέση τιμή)



a) Αντικαθιστώντας για , προκύπτει:



b) Αντίστοιχα για , προκύπτει:



2) Με χρήση της Chapman - Enskog: 

Είναι 

και 

Από πίνακες έχουμε:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |
| Αέρας (Β) | 3.617 | 97 |
| Μεθάνιο (Α) | 3.822 | 137 |

Οπότε για το συγκεκριμένο μίγμα





a) Για 

Μεταξύ 

Οπότε, από τον παρακάτω πίνακα

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 2.3 | 1.026 |
| 2.4 | 1.012 |

Με γραμμική παρεμβολή



Άρα 

b) Για 



Οπότε, από τον παρακάτω πίνακα

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| 2.5 | 0.9996 |
| 2.6 | 0.9878 |

Με γραμμική παρεμβολή



Άρα 

Παρατήρηση 1: Μια πειραματική τιμή για το ζεύγος Μεθάνιο - Αέρας στους  είναι . Άρα, η FSG είναι ελαφρώς πιο κοντά.

Παρατήρηση 2: Όλες σχεδόν οι θεωρίες δίνουν βάση στην εξάρτηση του συντελεστή διάχυσης από τη θερμοκρασία.



**Άσκηση 4**

Εκτιμήστε το συντελεστή διάχυσης, DAB, για αραιό διάλυμα TNT (2,4,6-trinitrotoluene) σε βενζόλιο στους 15οC.

Δίνονται:

Ιξώδες βενζολίου: μ= 0.705 cp

Γραμμομοριακός όγκος ΤΝΤ: 140 cm3/g-mole

Υπόδειξη: Χρησιμοποιείστε τη σχέση του Wilke:

 

Λύση

Η σχέση που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του συντελεστή διάχυσης σε υγρό δυαδικό μίγμα είναι των Wilke - Chang:



Ισχύει για αραιά υγρά διαλύματα

 γραμμομοριακός όγκος διαλυμένης ουσίας Α, 

 ιξώδες διαλύματος, 

απόλυτη θερμοκρασία σε 

 μοριακό βάρος διαλύτη Β,

παράγοντας συσχέτισης για τον διαλύτη B ( για το Βενζόλιο: )

Για την συγκεκριμένη άσκηση Βενζόλιο (Β) - TNT (Α)

Ισχύει: (αραιό διάλυμα)

Άρα 



Παρατήρηση: Συγκριτικά με τον συντελεστή διάχυσης στα αέρια, βλέπουμε ότι ο συντελεστής διάχυσης στα υγρά είναι πάρα πολύ μικρός .

**Σημειώματα**

**Σημείωμα Ιστορικού ΕκδόσεωνΈργου**

Το παρόν έργο αποτελεί την έκδοση 1.0.0

**Σημείωμα Αναφοράς**

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Καθηγητής Μαντζαβίνος Διονύσιος «Μεταφορά Μάζας, Φροντιστήριο Ενοτήτων (Φροντιστήριο 1)». Έκδοση: 1.0. Πάτρα 2015. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: https://eclass.upatras.gr/courses/CMNG2169/

**Σημείωμα Αδειοδότησης**

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

[](file:///C:\Users\pantelis\Downloads\%5b1%5d%20http:\creativecommons.org\licenses\by-nc-sa\4.0\)

[1] http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

* που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
* που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
* που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

**Χρηματοδότηση**

* Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
* Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Αθηνών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
* Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.

