

**Μεταφορά Μάζας**

**Ενότητα: Φροντιστήριο Ενοτήτων** (Φροντιστήριο 3)

Καθηγητής Μαντζαβίνος Διονύσιος

Τμήμα Χημικών Μηχανικών



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

**ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ 3**

***ΣΚΟΠΟΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ***

Σκοπός της παρούσας ενότητας είναι η εξοικείωση για την επίλυση ασκήσεων με ακαριαία αντίδραση καθώς και ασκήσεων όπου λαμβάνει χώρα το φαινόμενο της ισομοριακής αντιδιάχυσης.

**ΆΣΚΗΣΗ *1 (ακαριαία αντίδραση στο ένα άκρο)***

Θεωρούμε μια πλάκα πτητικού στερεού Α, πάχους b, η οποία βρίσκεται σε επαφή με ηρεμούν αδρανές αέριο (Β), πιέσεως P και θερμοκρασίας Τ. Σε απόσταση δ από την πλάκα του Α βρίσκεται άλλη πλάκα από ειδικό υλικό το οποίο προσροφά ακαριαία τα μόρια του Α που έρχονται σε επαφή μαζί του. Εάν θεωρήσουμε ότι το φαινόμενο εξελίσσεται σε οιονεί - μόνιμη κατάσταση, τότε για τις ακόλουθες τιμές των παραμέτρων της διεργασίας προσδιορίστε τον χρόνο tολ για την πλήρη εξάχνωση της πλάκας.

, τάση ατμών του Α για την δεδομένη θερμοκρασία Τ

, συντελεστής διαχύσεως του Α στο Β

, μοριακό βάρος του Α

, γραμμομοριακός όγκος του Α

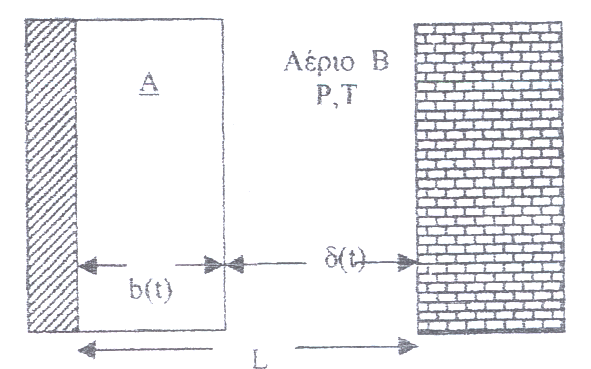
, αρχικό πάχος της πλάκας του στερεού Α

, απόσταση μεταξύ των δύο σταθερών στερεών επιφανειών

, θερμοκρασία

, ολική πίεση

, σταθερά των αερίων



*Σχήμα 1*

Λύση

Πλάκα από ειδικό υλικό που απορροφά ακαριαία τα μόρια του Α

Αέριο Α



Αέριο Β











Επιλέγουμε τον όγκο ελέγχου όπως φαίνεται στο σχήμα. Από τον όγκο ελέγχου εισέρχονται  και εξέρχονται .

Παραδοχές:

1) Ψευδομόνιμη κατάσταση

2) Μονοδιάστατη διάχυση

3) Για 

4) Θερμοδυναμική ισορροπία στερεού Α και ατμών: 

5) Ακαριαία ρόφηση στο δεξιό τοίχωμα: όχι αντίδραση

6) Στάσιμο αέριο Β

Το ισοζύγιο γραμμομορίων στον όγκο ελέγχου μας δίνει:





Από νόμο του Fick:  

Στη θέση 

Οπότε 

Στο σημείο  το Α έχει μέγιστη συγκέντρωση γιατί εκεί εξατμίζεται. Άρα οπουδήποτε αλλού θα έχει μικρότερη συγκέντρωση. Άρα μπορώ να απλοποιήσω το .

Η Δ.Ε. γράφεται ως εξής

Με συνοριακές συνθήκες





Σχετικά με την 2η συνοριακή συνθήκη, στη θέση αυτή τα μόρια του Α απορροφώνται ακαριαία, άρα εκεί δεν έχω συγκέντρωση του Α.

Ολοκληρώνοντας την 







Οπότε  

Υποθέτοντας ιδανικό αέριο:  

Επίσης  

Άρα,  

Ο ρυθμός εξάχνωσης είναι:  

Οπότε  

Για τον υπολογισμό του ρυθμού αλλαγής του τοίχου b της πλάκας, από το σχήμα παρατηρούμε ότι: 

Το ισοζύγιο μάζας





  (ρυθμός αλλαγής της απόστασης μεταξύ της πτητικής πλάκας και της άλλης πλάκας που προσροφά ακαριαία τους ατμούς του Α)





Αντικαθιστώντας τις αριθμητικές τιμές, προκύπτει:









Τελικά προκύπτει:



***ΑΣΚΗΣΗ 2 (Ισομοριακή αντιδιάχυση)***

Δύο μεγάλες σφαιρικές δεξαμενές, διαμέτρου , συνδέονται μέσω ενός κυλινδρικού σωλήνα, μήκους  και διαμέτρου , όπως φαίνεται στο Σχήμα 2. Η δεξαμενή (1), περιέχει μόνο αέριο Α (π.χ Ηe), ενώ η δεξαμενή (2) μόνο αέριο Β (π.χ Ν2). Στο μέσο του σωλήνα υπάρχει μια μεμβράνη η οποία δεν επιτρέπει στα δύο αέρια να αναμιχθούν. Η πίεση σε όλο το σύστημα (δεξαμενές και σωλήνας) είναι ομοιόμορφη και ίση με , ενώ και η θερμοκρασία είναι σταθερή και ίση με . Υπό αυτές τις συνθήκες  τα δύο αέρια μπορούν να θεωρηθούν ιδανικά. Τα αέρια Α, Β δεν αντιδρούν μεταξύ τους.

1. Περιγράψτε τι θα συμβεί εάν με κάποιον μηχανισμό απομακρυνθεί η διαχωριστική μεμβράνη? Θεωρείστε ότι και μετά την απομάκρυνση της μεμβράνης η πίεση και η θερμοκρασία παραμένουν σταθερές και ίσες με τις προηγούμενες τιμές τους,  και , αντίστοιχα.
2. Αναπτύξτε μια έκφραση για την γραμμομοριακή παροχή ανά μονάδα επιφάνειας του Α στον σωλήνα, σαν συνάρτηση του συντελεστή διάχυσης του Α στο Β, , των γεωμετρικών χαρακτηριστικών του σωλήνα και της αρχικής συγκέντρωσης του Α στις δύο δεξαμενές.

*Σχήμα 2*

Λύση











A

He 

B

N2 

Δεδομένα Άσκησης

Αρχική κατάσταση

* Η δεξαμενή 1 περιέχει μόνο αέριο Α, άρα 
* Η δεξαμενή 2 περιέχει μόνο αέριο B, άρα 
* Ομοιόμορφη πίεση και θερμοκρασία σε όλο το σύστημα P και T. Οι συνθήκες T, P παραμένουν σταθερές.

Έννοια συστήματος:



* Τα αέρια Α, Β είναι ιδανικά. Άρα θα ισχύει η καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων  ή 
* Ορίζουμε πλήρως τις συνθήκες για κάθε σφαίρα

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Δεξαμενή 1 | Δεξαμενή 2 |
| Πίεση |  |  |
| Όγκος |  |  |
| Θερμοκρασία |  |  |
| moles |  |  |
| Συγκέντρωση |  |  |

Παρατήρηση: Αρχικά, θα υπάρχουν ίσες ποσότητες moles δεξιά και αριστερά της διαχωριστικής μεμβράνης. Με τη διαφορά ότι αριστερά θα έχουμε μόνο moles A και δεξιά μόνο moles Β .

1)Εάν με κάποιο μηχανισμό απομακρυνθεί η διαχωριστική μεμβράνη, τότε στο σύστημα μας θα έχουμε:

* Ομοιόμορφη και σταθερή πίεση P.
* Ομοιόμορφη και σταθερή θερμοκρασία T.
* Μια περιοχή (δεξαμενή 1) με μεγάλη συγκέντρωση Α και μια περιοχή με μηδενική συγκέντρωση Α (δεξαμενή 2). Άρα, έχουμε μια βαθμίδα συγκέντρωσης που θα αναγκάσει το Α να διαχυθεί μέσω του σωλήνα με φορά .
* Αντίστοιχα, στη δεξαμενή 2 έχουμε μεγάλη συγκέντρωση του Β ενώ στη δεξαμενή 1 μηδενική. Αυτή η βαθμίδα συγκέντρωσης θα αναγκάσει το Β να διαχυθεί μέσω του σωλήνα με φορά  αντίθετα από το Α.
* Εφόσον έχουμε μόνο βαθμίδα συγκέντρωσης, ο μόνος μηχανισμός μεταφοράς μάζας θα είναι η μοριακή διάχυση.
* Τα μόρια θα διαχυθούν κατά τρόπο ώστε να εξισορροπηθούν οι τοπικές βαθμίδες συγκέντρωσης Α και Β. Ταυτόχρονα δεν πρέπει να διαταραχθεί η ισορροπία στην ολική συγκέντρωση που είναι σταθερή 
* Στο σύστημα θεωρούμε μόνιμη κατάσταση.
*  αφού 
* Για να παραμείνει σταθερή η συγκέντρωση σε όλο το σύστημα, πρέπει για κάθε 1 mole A που κινείται με φορά , 1 mole B να κινείται με φορά .
* Η διάχυση θα λάβει χώρα μέσα στον σωλήνα, οπότε θα τη μελετήσουμε σ' αυτόν. Επίσης  πολύ μικρό. Άρα μπορούμε να θεωρήσουμε:
* Μόνιμη μονοδιάστατη διάχυση
* Ομοιόμορφη ολική συγκέντρωση
* Τοπικές βαθμίδες συγκέντρωσης Α, Β
* Η διάχυση των 2 ειδών λαμβάνει χώρα με ίσους και αντίθετους ρυθμούς (ισομοριακή αντιδιάχυση):  

2) Νόμος του Fick

για το Α: 



για το Β: 

Σωλήνας

Ισοζυγίο γραμμομορίων Α:









Παραδοχές

1) Μόνιμη μονοδιάστατη διάχυση

2) Ομοιόμορφη ολική συγκέντρωση

3) Όχι αντίδραση

4) Για 

Το ισοζύγιο γραμμομορίων στον όγκο ελέγχου μας δίνει:







Από τη σχέση  για τ Α έχω:





Ολοκληρώνοντας την , προκύπτει  







Ξέρω ότι: 





Άρα 

Για το Β:  ή 

και επειδή 





He 



He 











**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 3)». 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.

