

**Μεταφορά Μάζας**

**Ενότητα: Φροντιστήριο Ενοτήτων**

Καθηγητής Μαντζαβίνος Διονύσιος

Τμήμα Χημικών Μηχανικών



|  |  |
| --- | --- |
| **Περιεχόμενα** | **Σελ.** |
| Σκοπός ενότητας | 3 |
| Άσκηση 1 | 3 |
| Άσκηση 2 | 8 |

**ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ 2**

***ΣΚΟΠΟΣ ΕΝΟΤΗΤΑΣ***

Σκοπός της παρούσας ενότητας είναι η εξοικείωση για την επίλυση ασκήσεων σε συνθήκες διάχυσης σε στάσιμο αέριο.

**ΆΣΚΗΣΗ 1**

Θεωρούμε μια σταγόνα υγρού Α με αρχική ακτίνα , η οποία περιβάλλεται από έναν φλοιό ηρεμούντος αερίου Β, με εξωτερική ακτίνα , Σχήμα 1. Έξω από τον φλοιό  υπάρχει αναδευόμενο αέριο Β, το οποίο περιέχει ίχνη Α με γνωστό μοριακό κλάσμα .

C:\Documents and Settings\xpuser\Local Settings\Temporary Internet Files\Content.Word\Scan10-11-02 0954.tif

Σχήμα 1

Η τάση των ατμών του Α στη θερμοκρασία του πειράματος είναι , ενώ η ολική πίεση κρατείται σταθερή και ίση με .

(α) Υποθέτοντας ψευδομόνιμη κατάσταση προσδιορίστε την κατανομή του  μέσα στον αέριο φλοιό .

(β) Προσδιορίστε τον ρυθμό εξατμίσεως της σταγόνας, .

(γ) Αν (τετραχλωράνθρακας) και (οξυγόνο)

και  ποια είναι η τιμή του ;

Παρατήρηση:

Από την θεωρία των Chapman και Enskog γνωρίζουμε ότι για  έχουμε . Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τον νόμο των ιδανικών αερίων για τον υπολογισμό της ολικής συγκέντρωσης.

**



*Υπόδειξη:*

Το σύστημα αυτό είναι ανάλογο με το κελί του Arnold, αλλά σε σφαιρική γεωμετρία.

**Λύση:**









α) Σταγόνα υγρού Α με αρχική ακτίνα  εξατμίζεται μέσα σε φλοιό ηρεμούντος αερίου Β.

Παραδοχές:

1) Ψευδομόνιμη κατάσταση

2) Μονοδιάστατη διάχυση

3) Για 

4) Ηρεμούν αέριο Β, δεν κινείται στον όγκο ελέγχου

5) Όχι αντίδραση

Επιλέγουμε τον όγκο ελέγχου όπως φαίνεται στο σχήμα. Το ισοζύγιο γραμμομορίων στον όγκο ελέγχου μας δίνει:





 

Από νόμο του Fick:  

 

Από Παραδοχή 3 , άρα  

Θεωρώντας ψευδομόνιμη κατάσταση, δεχόμαστε ισορροπία υγρπού και των ατμών όπως περιγράφεται από τον νόμο του Dalton  για την εξωτερική επιφάνεια της σταγόνας. Μακριά από την επιφάνεια της σταγόνας και για τιμές  δεχόμαστε ότι η συγκέντρωση από τον εξωτερικό φλοιό και πιο μακριά θα παραμένει σταθερή και ίση με . Άρα: 

Επίλυση Δ.Ε.



 

Εφαρμόζοντας τις συνοριακές συνθήκες

 

 

Αφαιρώντας κατά μέλη:





Για τον υπολογισμό του :



Αντικαθιστώντας τις σταθερές  και :





Τελικά, η κατανομή του  μέσα στον αέριο φλοιό δίνεται από την ακόλουθη εξίσωση:



β) Υπολογισμός ρυθμού μεταφοράς 

Από τον νόμο του Fick: 

Γνωρίζουμε ότι: 

Άρα 

Θέλουμε να υπολογίσουμε τον ρυθμό εξάτμισης εκεί που λαμβάνει χώρα η εξάτμιση, δηλαδή πάνω στην επιφάνεια της σταγόνας . Άρα για τον υπολογισμό του ρυθμού μεταφοράς:



Ο ρυθμός εξάτμισης , δίνεται από τη σχέση:





γ) Αν

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

Υπολογισμός 



Υπολογισμός συγκέντρωσης



Άρα 



**ΆΣΚΗΣΗ 2**

Σε μια αποστολή του Ζακ Ιβ Κουστώ στα βάθη του Αμαζονίου, από λάθος χειρισμού του πληρώματος υγρού καυσίμου (Α) κατέληξαν στο ποτάμι. Το τμήμα αυτού του ποταμού ήταν αποκομμένο από το κυρίως ρεύμα με αποτέλεσμα το νερό να είναι σχεδόν στάσιμο, όμως σε αυτή την περιοχή ζουν τα γνωστά ροζ δελφίνια τα οποία είναι και το θέμα της αποστολής. Το καύσιμο αυτό ήταν αδιάλυτο και ελαφρύτερο από το νερό  με αποτέλεσμα να απλωθεί στην επιφάνεια του ποταμίσιου νερού σχηματίζοντας μία οργανική φάση μέσου πάχους . Δυστυχώς, τα δελφίνια ανεβαίνουν στην επιφάνεια για να αναπνεύσουν με αποτέλεσμα να υπάρχει κίνδυνος για αυτά, μιας και το καύσιμο αυτό έχει σχετικά υψηλή τοξικότητα. Εκείνη την ημέρα ο καιρός ήταν καλός και η θερμοκρασία σχετικά υψηλή,. Το υγρό καύσιμο ήταν πτητικό με αποτέλεσμα να δύναται να εξατμιστεί προς τον αέρα. Εκτιμήστε τον χρόνο που χρειάζεται για να εξατμιστεί όλο το καύσιμο που χάθηκε στον ποταμό. Εάν ο χρόνος κριθεί ιδιαίτερα μεγάλος θα πρέπει να έρθει ειδικό συνεργείο συλλογής του ρύπου.

Υποθέστε ότι αέρας, καύσιμο και νερό (τουλάχιστον ένα επιφανειακό στρώμα μερικών ) διατηρούνται στην ίδια θερμοκρασία. Επιπλέον υποθέστε ότι η εξάτμιση λαμβάνει χώρα διαμέσου ενός στάσιμου φιλμ αέρα πάχους.

*Μοριακό βάρος*: 

*Μοριακή διαχυτότητα στον αέρα*: 

*Τάση ατμών (στους ):* 

Υποδείξεις:

1. Θεωρείστε οιονεί-μόνιμη κατάσταση
2. Τα συστατικά του αέρα δεν διαλύονται στο καύσιμο.

**Λύση:**

|  |
| --- |
| Όγκος υγρού |
| Πυκνότητα |
| Μέσο πάχος οργανικής φάσης |
|  |
| Πάχος στάσιμου φιλμ: |
| Μοριακό βάρος |
|  |
| Τάση ατμών : |

Παραδοχές:

1) Ψευδομόνιμη κατάσταση

2) Το A δεν αντιδρά με τον αέρα

3) Για 

4) Αέρας αδιάλυτος στο A

5) Ιδανικά αέρια

6) Στάσιμο φιλμ πάχους  [όχι διαταραχές]

Β - αέρας







Α - καύσιμο

Επιφάνεια ποταμίσιου νερού (από εκφώνηση, πρακτικά στάσιμη)

Το υγρό A θα εξατμίζεται και εν συνέχεια θα διαχέεται μέσω του στάσιμου αερίου φιλμ. Θέλουμε να προσδιορίσουμε τον χρόνο που απαιτείται για να εξατμιστεί πλήρως το υγρό A, που καλύπτει την επιφάνεια του αέρα.

Ισοζύγιο γραμμομορίων Α στον όγκο ελέγχου (στάσιμο αέριο φιλμ). Θεωρούμε ότι το Α διαχέεται ομοιόμορφα από όλη την επιφάνεια με φορά προς τα πάνω (βλέπε σχήμα). Κάτω δεν πηγαίνει γιατί είναι αδιάλυτο στο νερό.









Το ισοζύγιο γραμμομορίων στον όγκο ελέγχου μας δίνει:





 

Από νόμο του Fick:  

Τα συστατικά του αέρα (B), ούτε αντιδρούν, ούτε διαλύονται στο A. Επιπλέον, λόγω της θεώρησης του προβλήματος, ψευδομόνιμη κατάσταση, μπορούμε να καταλήξουμε ότι το φιλμ του αέρα είναι στάσιμο. Δηλαδή δεν έχουμε κίνηση του Β προς το Α ή ισοδύναμα  

Οπότε  

Αντικαθιστώντας

 

Από Παραδοχή 3,

άρα  

Με συνοριακές συνθήκες

 (Ν. Dalton)



Ολοκληρώνοντας την 

 

Εφαρμόζοντας τις συνοριακές συνθήκες

 



 ή

 

Άρα 



 

Επειδή  

Για να υπολογίσουμε τη γραμμομοριάκη παροχή, θα πρέπει να βρω το .

Οπότε  

****

Οπότε  

Άρα 

και







  ή  

Υπολογισμός μεγεθών για τη σχέση 



Από τα δεδομένα γνωρίζουμε το  και θέλουμε το . Για χαμηλές πιέσεις  μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε την εμπειρική σχέση Slattery και Bird.

 

Για μη-πολικά ζεύγη αερίων: 

Για  

Για  

Διαιρώ κατά μέλη:



Επίσης για 

Άρα 

Για 

Άρα  (μόνο αέρας)

Οπότε 



Για τον προσδιορισμό του χρόνου που χρειάζεται για να εξατμιστεί όλο το καύσιμο που χάθηκε στον ποταμό, χρησιμοποιούμε το ολικό ισοζύγιο μάζας στη διεπιφάνεια του στάσιμου φιλμ με τον αέρα.

Ισχύει



 

Όμως 

Για τον προσδιορισμό του χρόνου που απαιτείται







Μικρός χρόνος επειδή η διάχυση λαμβάνει χώρα μέσω μεγάλης επιφάνειας

**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 2)». 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.

