

Εργαστήρια Φυσικοχημείας

1^η Εργαστηριακή Άσκηση

Προσρόφηση (Adsorption)

Βακάκης Νίκος

Φυσικός, MSc

ΕΔΙΠ

Εργαστήριο Φυσικοχημείας και Χημικών Διεργασιών

e-mail: nvakakis@isc.tuc.gr

τηλ.: 2821037749

Θεωρητικό Μέρος

Τι είναι η Προσρόφηση...

Όταν τα μόρια μιας **ρευστής φάσης** (υγρής ή αέριας) έρθουν σε επαφή με στερεές επιφάνειες, υφίσταται αλληλεπίδραση με αυτές, που έχει σαν αποτέλεσμα τη **συγκράτηση** (ενίοτε πολύ ισχυρή) **μορίων (ή ιόντων)** της ρευστής φάσης στην **επιφάνεια του στερεού**. Το φαινόμενο αυτό λέγεται **προσρόφηση** ή απλά **ρόφηση**.

Η ρόφηση είναι, συνήθως, φαινόμενο **εκλεκτικό**

η ένταση και η έκταση της προσρόφησης διαφορετικών οντοτήτων είναι διαφορετική σε ένα στερεό

Εφαρμογές

στον τομέα της μηχανικής των διεργασιών διαχωρισμού

στην ανάπτυξη μεθόδων ανάλυσης (πχ χρωματογραφία)

στην κατάλυση

Θεωρητικό Μέρος

Προσροφητές-Ροφητές

Όσο μεγαλύτερη είναι η επιφάνεια του προσροφητή τόσο μεγαλύτερη είναι και η ποσότητα της ροφημένης ουσίας που μπορεί να προσροφηθεί (πορώδη υλικά)

Στερεό (προσροφητής)	Επιφάνεια (m ² /g)	Όγκος πόρων (cm ³ /g)	Μέση διάμετρος πόρων (Å)
Ενεργοί άνθρακες	500-2000	0.6-0.8	10-20
SiO ₂ (silica gel)	200-600	0.4	15-100
SiO ₂ -Al ₂ O ₃	200-500	0.2-0.7	30-150
γ-Al ₂ O ₃	150-200	0.4-0.5	~100

Θεωρητικό Μέρος

Τα είδη της Ρόφησης

Ανάλογα με το είδος των δεσμών που αναπτύσσονται μεταξύ της ροφημένης ουσίας και της στερεής επιφάνειας

Φυσική Ρόφηση

- Δυνάμεις van der Waals
- Πολυστοιβαδική
- Μη Ειδική
- Μικρές θερμότητες ρόφησης $\Delta H_p < 10 \text{ Kcal/mol}$
- Λαμβάνει χώρα σε χαμηλές θερμοκρασίες (κοντά σε αυτή της υγροποίησης του ροφούμενου αερίου)

Χημική Ρόφηση

- Δυνάμεις χημικού δεσμού
- Αυστηρά Μονοστοιβαδική
- Ειδική
- Μεγάλες θερμότητες ρόφησης $\Delta H_p = 10-100 \text{ Kcal/mol}$
- Λαμβάνει χώρα σε υψηλές θερμοκρασίες $150-350^\circ \text{C}$

Κάποια ουσία ρευστής φάσης μπορεί να προσροφηθεί χημικά μόνο από συγκεκριμένες στερεές επιφάνειες

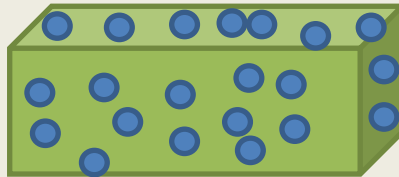
Η ρόφηση (Φυσική ή Χημική) είναι εξώθερμη διεργασία δηλαδή συνοδεύεται από έκλυση θερμότητας που ονομάζεται θερμότητα ρόφησης $Q = -\Delta H_p$

Θεωρητικό Μέρος

Μελέτη- Ποσοτικοποίηση του φαινομένου της Ρόφησης

Langmuir
Freudlich
Temkin

Μελέτησαν τη χημική ρόφηση και κατέληξαν σε εξισώσεις, υπολόγισαν σταθερές, σχεδίασαν γραφικές παραστάσεις



Το ποσοστό της επιφάνειας που είναι καλυμμένο από την ουσία

Πολύ γρήγορα επέρχεται θερμοδυναμική ισορροπία μεταξύ τους που εκφράζεται μέσω **ισόθερμων**

Ισόθερμη: η καμπύλη που υπό σταθερή θερμοκρασία συσχετίζει τη **συγκέντρωση** της προσροφούμενης ουσίας **στη ρευστή φάση** με τη συγκέντρωση της, **στην επιφάνεια του στερεού**

$$\theta(\text{κάλυψη}) = \frac{V(\text{ογκος που ροφηθηκε})}{V_m(\text{ογκος που μπορεί να ροφηθει})}$$

Θεωρητικό Μέρος

Εξίσωση Freundlich

Ποσότητα(μάζα) της προσροφούμενης ουσίας που ροφάται ανα μονάδα μάζας στερεού προσροφητή

$$W = k \cdot C_{\iota\sigma}^{1/n}$$

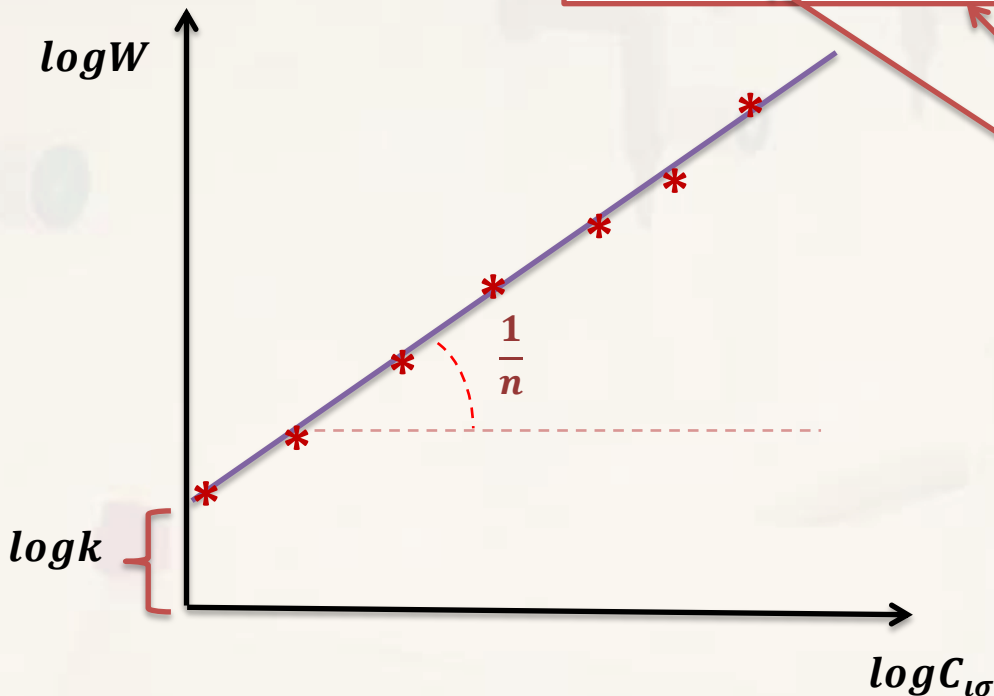
Σταθερά εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία και την προσροφούμενη ουσία

Σταθερά μεγαλύτερη της μονάδας

Συγκέντρωση της προσροφούμενης ουσίας όταν το σύστημα φτάσει σε ισορροπία

$$\log W = \log k + \frac{1}{n} \cdot \log C_{\iota\sigma}$$

$$y = \beta + \alpha \cdot x$$



Πειραματικό Μέρος

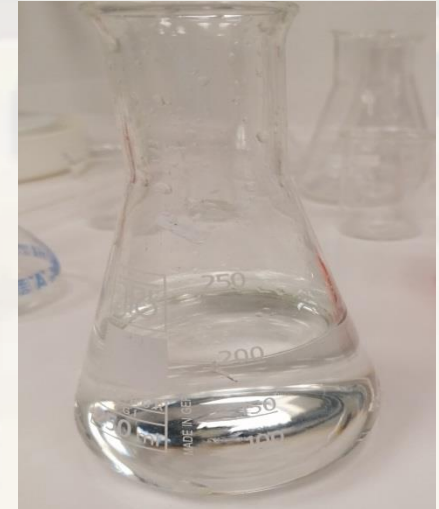
Μελετάμε την προσρόφηση οξικού οξέος σε ενεργό άνθρακα

Βήμα 1°

Παίρνουμε περίπου 200 ml CH_3COOH συγκέντρωσης 1M σε κωνική φιάλη

Βήμα 2°

Φτιάχνουμε 5 διαλύματα CH_3COOH όγκου 100ml με αραιώσεις από το αρχικό διάλυμα.



Διάλυμα **A** : 1 M

Διάλυμα **B** : 0,5 M

Διάλυμα **Γ** : 0,25 M

Διάλυμα **Δ** : 0,125 M

Διάλυμα **E** : 0,1 M

Πειραματικό Μέρος

Τύπος αραίωσης

$$C_{αρχ} * V_{αρχ} = C_{τελ} * V_{τελ}$$

↓
1 M

↓
x?

↓
π.χ
0,25M

↓
100 ml

Άρα για το διάλυμα Γ:

$$1 * x = 0,25 * 100 \Rightarrow x = 25 \text{ ml}$$

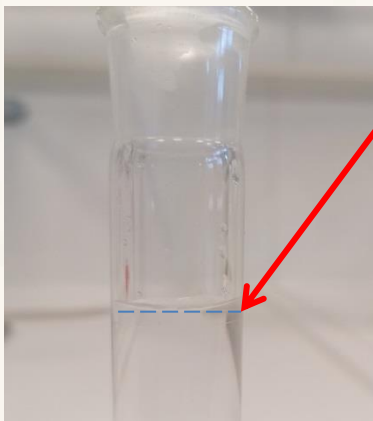
Πειραματικό Μέρος

Για την Παρασκευή του συγκεκριμένου διαλύματος Γ:

Παίρνουμε 25ml από το αρχικό διάλυμα σε μια ογκομετρική φιάλη



Συμπληρώνουμε με τον υδροβολέα απιονισμένο νερό μέχρι τη γραμμή



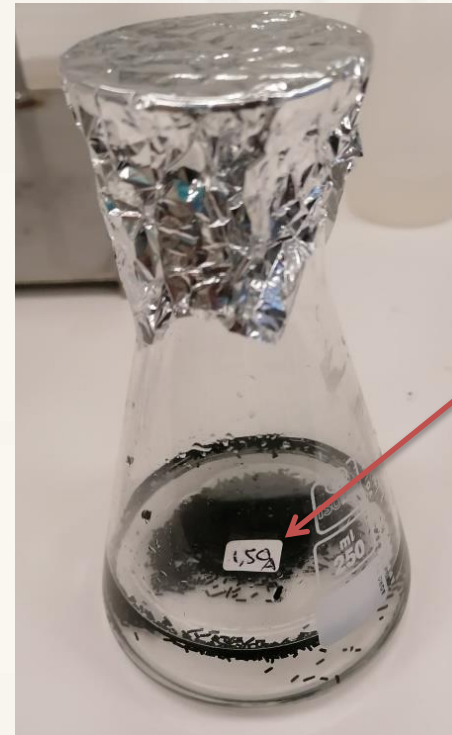
Αδειάζουμε το διάλυμα σε μια κωνική φιάλη



Πειραματικό Μέρος

Βήμα 3°

Παίρνουμε 5 διαφορετικές ποσότητες του 1,5 gr περίπου ενεργού άνθρακα και τις προσθέτουμε στα 5 διαλύματα που βρίσκονται μέσα στις κωνικές φιάλες



1,50 gr C
Διάλυμα A

Πειραματικό Μέρος

Βήμα 4^ο

Ανακινούμε για 10 min



Πειραματικό Μέρος

Βήμα 5^ο

Ογκομετρούμε προκειμένου να βρούμε τη συγκέντρωση του CH_3COOH μετά την προσρόφηση

Ποσότητες που ογκομετρούμε:

2 ml από το διάλυμα **A**

2 ml από το διάλυμα **B**

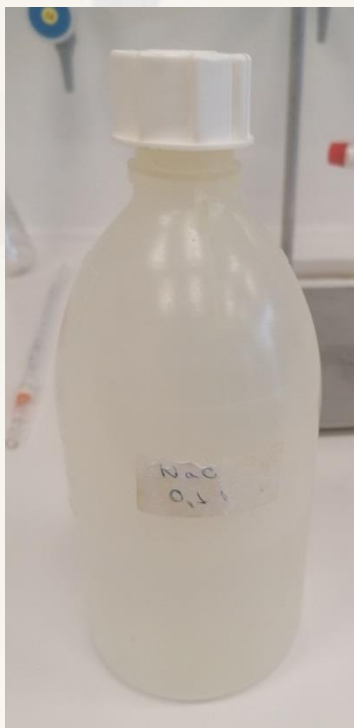
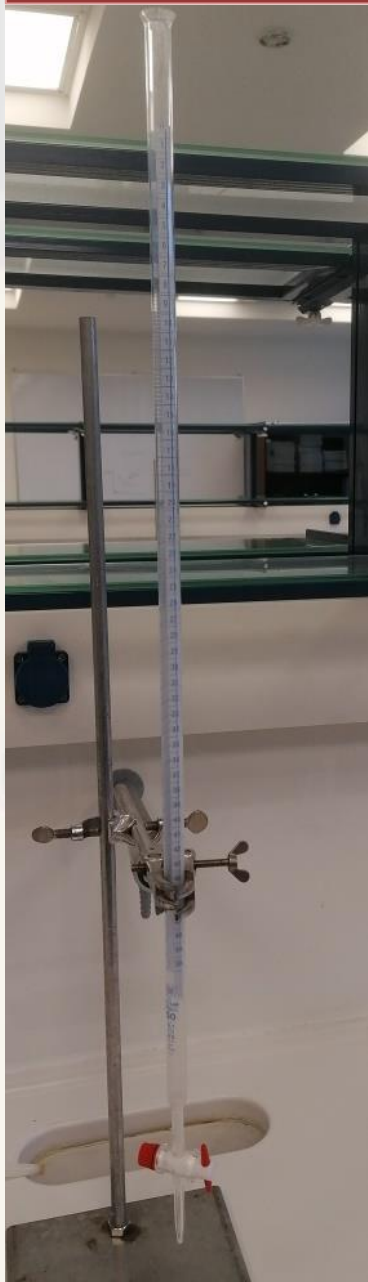
5 ml από το διάλυμα **Γ**

10 ml από το διάλυμα **Δ**

10 ml από το διάλυμα **Ε**

Ογκομέτρηση

Στηρίζεται σε μια αντίδραση εξουδετέρωσης :



NaOH



**Δείκτης:
Φαινολοφθαλεΐνη**

Ογκομέτρηση

- Σημειώνουμε τον αρχικό όγκο NaOH στην προχωίδα

$$V_{\alpha\rho\chi} = 30,1 \text{ ml}$$

- Προσθέτουμε **2-3 σταγόνες δείκτη** στην προς ογκομέτρηση ποσότητα διαλύματος που έχουμε βάλει σε ποτήρι ζέσεως (π.χ **2 ml** από το διάλυμα **A**)



Ογκομέτρηση

- Προσθέτουμε σταγόνα-σταγόνα NaOH από την προχωίδα στο ποτήρι ζέσεως αναδεύοντας συνέχεια, μέχρι να αλλάξει το χρώμα του διαλύματος σε **ΟΛΟ** τον όγκο του.



Ογκομέτρηση



$$V_{\text{τελ}} = 43,1 \text{ ml}$$

Η όγκος βάσης (NaOH) που χρειάστηκε για εξουδετερώσει την ποσότητα οξέως που ογκομετρήσαμε είναι:

$$\Delta V = V_{\text{τελ}} - V_{\text{αρχ}}$$

$$\Delta V = 43,1 - 30,1 = 13 \text{ ml}$$



Επεξεργασία μετρήσεων

		(1)		(2)		(3)	(4)			
Διαλ	C	m_C	m_{CH_3COOH}	V' ($V_{NaOH} - V_{τυφλού}$)	C_{CH_3COOH} (ισορροπίας)	m_{CH_3COOH} (ισορροπίας στα 100 ml)	x	$W = \frac{x}{m_C}$	LogW	Log $C_{ισορ}$
A										
B										
Γ										
Δ										
Ε										

$V_{τυφλού}$: Ο όγκος NaOH που χρειάζεται να εξουδετερωθεί" το καθαρό νερό
(1 – 2 σταγόνες)(0,05 – 0,1 ml)

Επεξεργασία μετρήσεων

(1)

$$C_{αρχ} = \frac{n_{αρχ}}{V_{αρχ}} = \frac{\frac{m_{αρχ}}{M_r}}{V_{αρχ}} = \frac{m_{αρχ}}{M_r \cdot V_{αρχ}(lt)} \xrightarrow{\text{π.χ για το Α}} 1 = \frac{m_{αρχ}}{60 \cdot \frac{100}{1000}} \Rightarrow m_{αρχ} = \text{γνωστό}$$

(2)



$$n_{CH_3COOH} = n_{NaOH} \Rightarrow C_{CH_3COOH(ισορ)} \cdot V_{CH_3COOH} = C_{NaOH} \cdot V'_{NaOH}$$

↑
↑
↑
↑

?
2,2,5,10,10ml
0,1M
Αποτέλεσμα ογκομέτρησης

(3)

$$C_{CH_3COOH(ισορ)} = \frac{n_{CH_3COOH(ισορ)}}{V_{δ/τος}} = \frac{\frac{m_{CH_3COOH(ισορ)}}{M_r}}{\frac{100}{1000}}$$

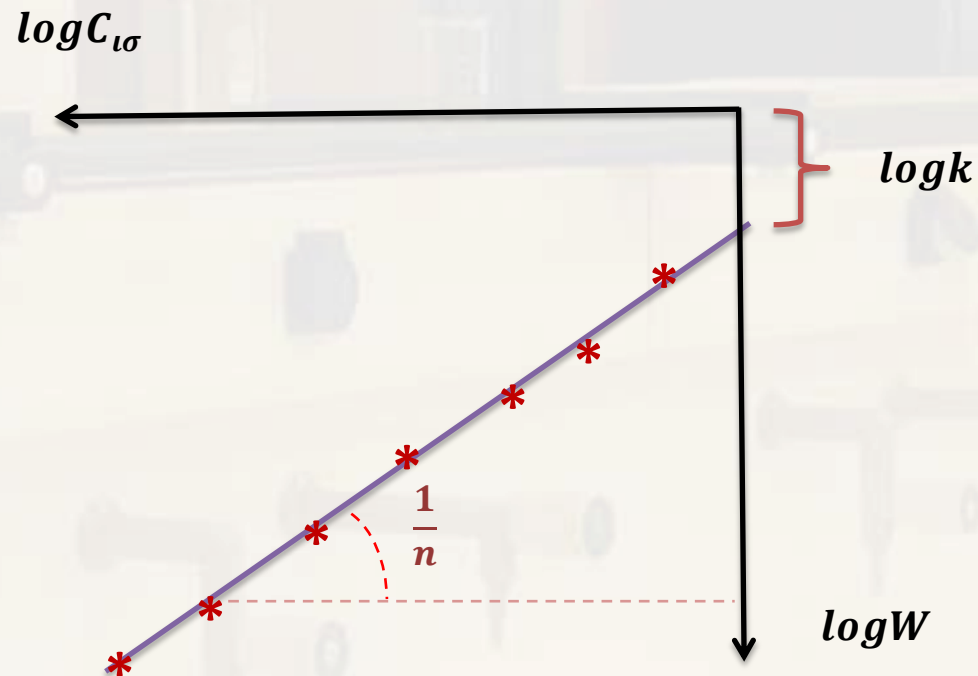
(4)

$\underline{x}$: Ποσότητα που ροφήθηκε: $m_{CH_3COOH(αρχ)} - m_{CH_3COOH(ισορ)} =$ (1) - (3)

Πειραματικά δεδομένα που θα χρησιμοποιηθούν

Διαλ	C	m_c	V' ($V_{NaOH} - V_{\text{τυφλού}}$)
A	1M	1,51	18,5
B	0,5M	1,48	9,2
Γ	0,25M	1,46	11,3
Δ	0,125M	1,54	10,6
E	0,1M	1,50	8,2

Εύρεση της σταθεράς k και της σταθεράς n



Προσοχή!! Θέλουμε το k και το n όχι το $\log k$ και το $\frac{1}{n}$

Προτεινόμενος τρόπος συγγραφής αναφοράς

- 1^η Σελίδα (Τίτλος, Ονοματεπώνυμο φοιτητή-τριας και Ονοματεπώνυμο φοιτητων ομάδας.
- Θεωρητικό μέρος
- Περιγραφή πειραματικής διαδικασίας
- Πειραματικά αποτελέσματα (σε πίνακες του excel με επεξήγηση) , γραφικές παραστάσεις
- Συζήτηση και Συμπεράσματα (Σχολιασμός μετρήσεων και αποτελεσμάτων...ήταν αναμενόμενα με βάση τη θεωρία ή όχι? Πιθανές ερμηνείες)
- Βιβλιογραφικές αναφορές