



Μάθημα:

ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ Ι

Εργαστηριακή Άσκηση 2η. Μελέτη Ομοιογενούς Αντιδραστήρα (CFSTR)

Φοιτητής: Δημήτρης Σιδηράς

ΑΜ φοιτητή: -----

23/3/2021

Επεξεργασία πειραματικών αποτελεσμάτων

Πίνακας 0. Υπολογισμός Παροχής Q

Δt (sec)	ΔV (ml)	$Q=\Delta V/\Delta t$ (mL/sec)
10	66	6,60
10	67	6,70
10	66	6,60
10	67	6,70
10	65	6,50
10	68	6,80
	average	6,65

Πίνακας 1. Προσδιορισμός σημείου καμπής

$t_{\text{πειρ}}$ (sec)	$S=[\text{Cl}^-]$ (mmol/L)	$dS/dt= \Delta S/\Delta t$	$d^2S/dt^2 = \Delta^2 S/\Delta t^2$
0	0,009		
10	11,1	1,109	
20	13,6	0,250	-0,08591
30	15,2	0,160	-0,009
40	16,1	0,090	-0,007
50	16,7	0,060	-0,003
60	16,9	0,020	-0,004
70	17	0,010	-0,001
80	17	0,000	-0,001
90	16,8	-0,020	-0,002
100	16,7	-0,010	0,001
110	16,4	-0,030	-0,002
120	16,2	-0,020	0,001
130	15,8	-0,040	-0,002
140	15,5	-0,030	0,001
150	15,1	-0,040	-0,001
160	14,8	-0,030	0,001
170	14,4	-0,040	-0,001
180	14	-0,040	0
190	13,7	-0,030	0,001
200	13,3	-0,040	-0,001
210	12,9	-0,040	-1,80411E-17
220	12,6	-0,030	0,001
230	12,3	-0,030	1,76942E-17
240	11,9	-0,040	-0,001
250	11,6	-0,030	0,001
260	11,2	-0,040	-0,001
270	10,9	-0,030	0,001
280	10,6	-0,030	-1,76942E-17

290	10,3	-0,030	1,76942E-17
300	9,94	-0,036	-0,0006
310	9,63	-0,031	0,0005
320	9,37	-0,026	0,0005
330	9,09	-0,028	-0,0002
340	8,82	-0,027	1E-04
350	8,54	-0,028	-0,0001
360	8,27	-0,027	0,0001
370	8,01	-0,026	1E-04
380	7,75	-0,026	0
390	7,49	-0,026	0
400	7,26	-0,023	0,0003
410	7,03	-0,023	8,67362E-18
420	6,8	-0,023	-8,67362E-18
430	6,58	-0,022	0,0001
440	6,36	-0,022	0
450	6,14	-0,022	-9,02056E-18
460	5,94	-0,020	0,0002
470	5,75	-0,019	1E-04
480	5,55	-0,020	-1E-04
490	5,35	-0,020	0
500	5,17	-0,018	0,0002
510	4,99	-0,018	0
520	4,82	-0,017	1E-04
530	4,64	-0,018	-0,0001
540	4,48	-0,016	0,0002
550	4,31	-0,017	-0,0001
560	4,15	-0,016	0,0001
570	4,02	-0,013	0,0003
580	3,89	-0,013	1,31839E-17
590	3,75	-0,014	-0,0001

Προκειμένου να μελετηθεί μια ο αντιδραστήρας, ως προς την ομοιογένεια των χαρακτηριστικών της, προσομοιάεται με CFSTR και εκτιμώνται οι τιμές των παραμέτρων, βάσει της παραπάνω αποδειχθείσας σχέσης.

$$\ln(S - S_0) = \ln(S_a - S_0) - \frac{Q}{V_\lambda} t \quad (1)$$

όπου: S σε mmol/L, και ως χρονική τιμή t=0 θεωρούμε την χρονική στιγμή που εμφανίζεται το σημείο καμπής στην καμπύλη S – t (δηλ. για $\Delta S/\Delta t = \min$ ή $\Delta^2 S/\Delta t^2 = 0$). Ο ιδανικός όγκος λειτουργίας V_λ αντιστοιχεί σε συνθήκες πλήρους ομοιογένειας και ισχύος της κινητικής εξίσωσης που έχει υιοθετηθεί (πρώτης τάξης).

Πίνακας 1α. Έστω $t_0=190$ sec το σημείο καμπής του Σχήματος 1.

$t = t_{\text{πειρ}} - t_0$ (sec)	S (mmol/L)
-190	0,009
-180	11,1
-170	13,6
-160	15,2
-150	16,1
-140	16,7
-130	16,9
-120	17
-110	17
-100	16,8
-90	16,7
-80	16,4
-70	16,2
-60	15,8
-50	15,5
-40	15,1
-30	14,8
-20	14,4
-10	14
0	13,7
10	13,3
20	12,9
30	12,6
40	12,3
50	11,9
60	11,6
70	11,2
80	10,9
90	10,6
100	10,3
110	9,94
120	9,63
130	9,37
140	9,09
150	8,82
160	8,54
170	8,27
180	8,01
190	7,75
200	7,49
210	7,26
220	7,03

230	6,8
240	6,58
250	6,36
260	6,14
270	5,94
280	5,75
290	5,55
300	5,35
310	5,17
320	4,99
330	4,82
340	4,64
350	4,48
360	4,31
370	4,15
380	4,02
390	3,89
400	3,75

Πίνακας 2

t (sec)	S (mmol/L)	ln[(S-S ₀)]	S _{θ_{Εωρ}}	(S-S _{θ_{Εωρ}}) ²
0	13,7	2,617	14,14	0,1978
10	13,3	2,587	13,69	0,1535
20	12,9	2,557	13,25	0,1249
30	12,6	2,533	12,83	0,0525
40	12,3	2,509	12,42	0,0140
50	11,9	2,476	12,02	0,0146
60	11,6	2,450	11,64	0,0013
70	11,2	2,415	11,26	0,0040
80	10,9	2,388	10,90	0,0000
90	10,6	2,360	10,55	0,0022
100	10,3	2,331	10,22	0,0071
110	9,94	2,296	9,89	0,0026
120	9,63	2,264	9,57	0,0034
130	9,37	2,237	9,27	0,0109
140	9,09	2,206	8,97	0,0146
150	8,82	2,176	8,68	0,0190
160	8,54	2,144	8,40	0,0185
170	8,27	2,112	8,14	0,0182

180	8,01	2,080	7,87	0,0183
190	7,75	2,047	7,62	0,0162
200	7,49	2,012	7,38	0,0124
210	7,26	1,981	7,14	0,0138
220	7,03	1,949	6,91	0,0135
230	6,8	1,916	6,69	0,0115
240	6,58	1,883	6,48	0,0103
250	6,36	1,849	6,27	0,0079
260	6,14	1,813	6,07	0,0048
270	5,94	1,780	5,88	0,0040
280	5,75	1,748	5,69	0,0038
290	5,55	1,712	5,51	0,0019
300	5,35	1,675	5,33	0,0004
310	5,17	1,641	5,16	0,0001
320	4,99	1,606	4,99	0,0000
330	4,82	1,571	4,84	0,0002
340	4,64	1,533	4,68	0,0016
350	4,48	1,498	4,53	0,0026
360	4,31	1,459	4,39	0,0057
370	4,15	1,421	4,25	0,0091
380	4,02	1,389	4,11	0,0081
390	3,89	1,356	3,98	0,0078
400	3,75	1,319	3,85	0,0102
				SUM=0,8233
				s=0,145291
				n=41
				f=n-p=41-2=39

Όπου $p = 2$ (αριθμός παραμέτρων υποδείγματος) και $n =$ αριθμός πειραματικών μετρήσεων

Γενικά, το πόσο καλά προσαρμόζεται ένα γραμμικό υπόδειγμα στις μετρήσεις, φαίνεται από το κατά πόσο ο συντελεστής προσδιορισμού $R^2 \rightarrow 1$, και το τυπικό σφάλμα της εκτίμησης $s \rightarrow 0$ (determination coefficient και standard error of estimate, αντίστοιχα).

Από την παλινδρόμηση της γραμμοποιημένης σχέσης (1) εκτιμώνται τα V_λ , S_a , S_0 και υπολογίζονται οι αποκλίσεις από τις αντίστοιχες μετρηθείσες τιμές τους

$$\text{Τυπικό σφάλμα εκτίμησης: } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (s_i - s_{\text{θεωρ},i})^2}{n - p}} \quad (2)$$

$$s = \sqrt{\frac{SUM}{n-p}} \quad (2a)$$

Πραγματικό σφάλμα εκτίμησης: $S_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_i - S_{\text{υπολ},i})^2}{n-p}}$ (δεν απαιτείται από τους φοιτητές) (3)

Όπου $p = 2$ (αριθμός παραμέτρων υποδείγματος) και $n =$ αριθμός πειραματικών μετρήσεων. Το $S_{\text{θεωρ}}$ υπολογίζεται από τη σχέση:

$$S_{\text{θεωρ},i} = S_0 + (S_a - S_0)e^{-\frac{Q}{V_\lambda} t_i} \quad (4)$$

Το $S_{\text{υπολ}}$ (δεν απαιτείται από τους φοιτητές) υπολογίζεται από τη σχέση :

$$S_{\text{υπολ},i} = S_0 + (S_a - S_0)e^{-\frac{Q}{V} t_i} \quad (5)$$

Αν θεωρήσουμε ως γενικό υπόδειγμα παλινδρόμησης τη γραμμική (ή γραμμοποιημένη) σχέση

$$y = A_0 + A_1 \cdot x \quad (6)$$

όπου $x = t$ και $y = \ln(S - S_0)$ τότε

$$\frac{Q}{V_\lambda} = -A_1,$$

$$\ln(S_a - S_0) = A_0 \Rightarrow S_a - S_0 = e^{A_0} \Rightarrow S_a = S_0 + e^{A_0}$$

Η αρχική τιμή S_0 έχει προσδιοριστεί πειραματικά εκ των προτέρων και εισάγεται εξωγενώς στο υπόδειγμα, άρα και στη γραμμοποιημένη σχέση της παλινδρόμησης.

Στην πράξη, είναι πιθανό να μην είναι γνωστή η ακριβής τιμή του S_0 . Στην περίπτωση αυτή δίνουμε στο S_0 διάφορες τιμές και υπολογίζουμε το τυπικό σφάλμα της εκτίμησης s . Η βέλτιστη τιμή του S_0 προκύπτει για $s = \text{minimum}$.

Τελικά υπολογίζουμε το λόγο

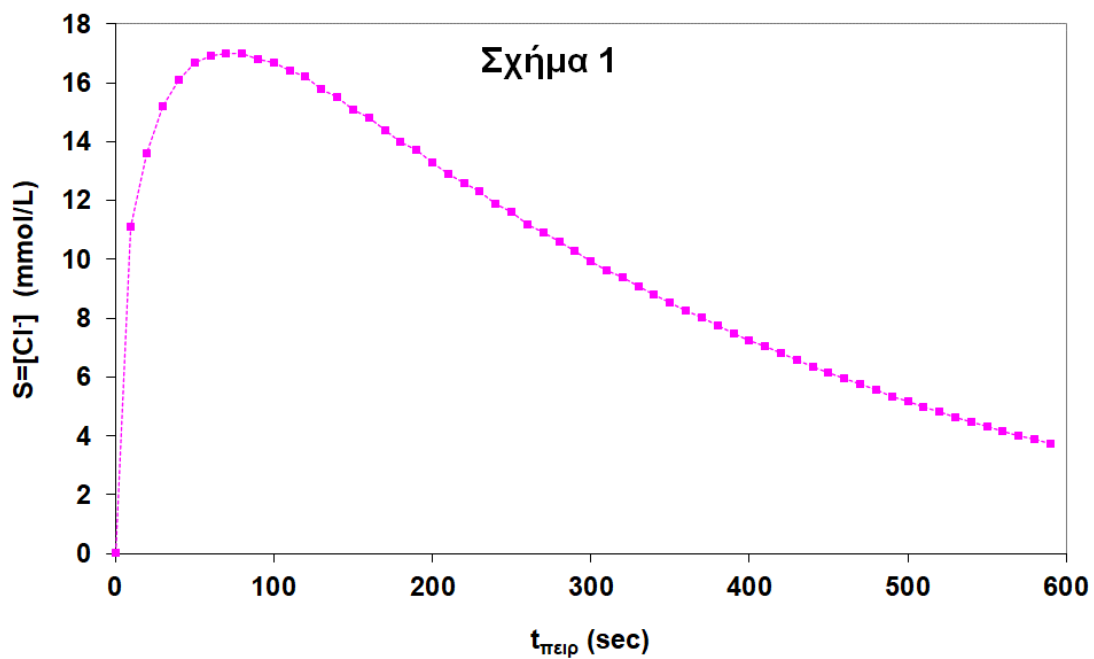
$$\alpha = \frac{V_\lambda}{V} \quad (6)$$

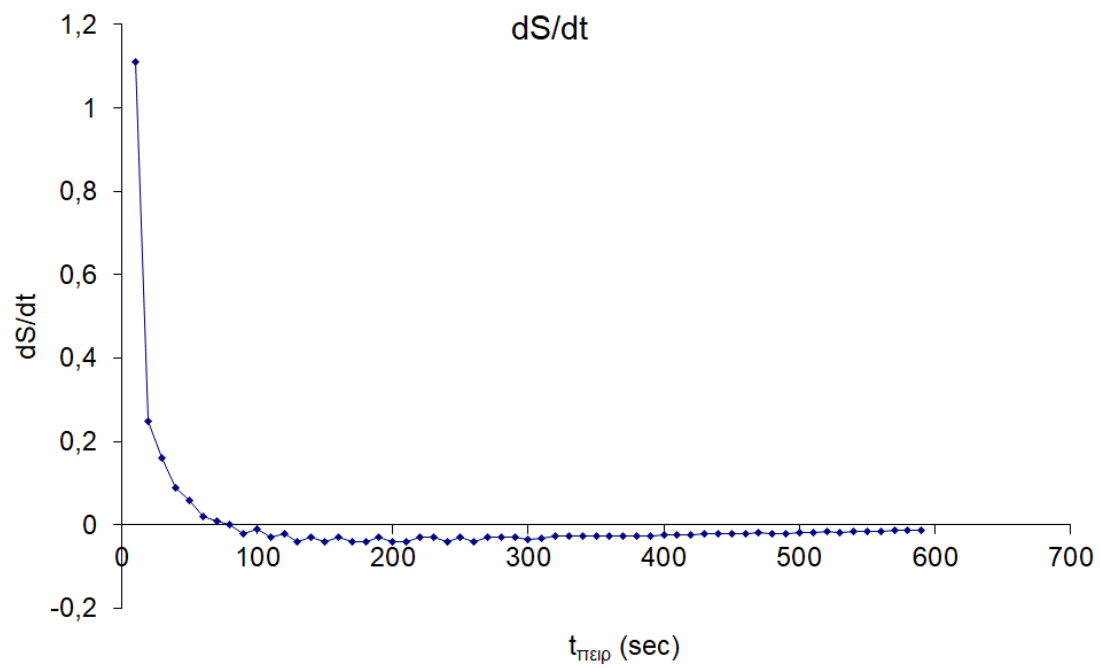
και

$$\alpha\% = \frac{V_\lambda}{V} \cdot 100 \quad (7)$$

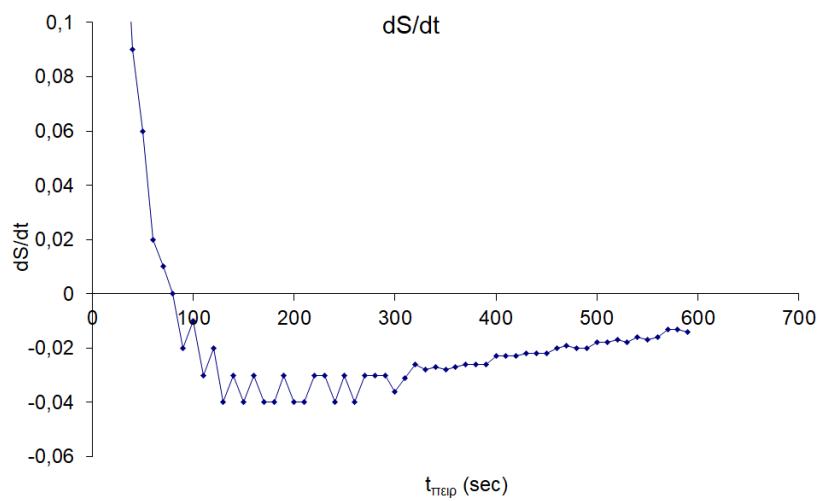
$$\text{Συντελεστής ανομοιογένειας } \beta = \frac{1}{\alpha} \quad (8)$$

t_o (sec)	190
$S_o =$	0,009000
$A_o=\ln(S_a-S_o)$	2,649
$S_a =$	14,14
A_1	-0,003257
$-A_1=Q/V_\lambda$	0,003257
Q (mL/sec)	6,65
V (mL)	2200
V_λ (mL)	2042
Υδραυλικός χρόνος παραμονής, hydraulic residence time $\theta=V/Q$	330,8
Ενεργός υδραυλικός χρόνος παραμονής, residence time $\theta_{active}=V_\lambda/Q$	307,1
$\alpha=V_\lambda/V$ %	92,82%
β	1,077
SUM	0,8233
n	41
p	2
f=n-p	39
s	0,1453

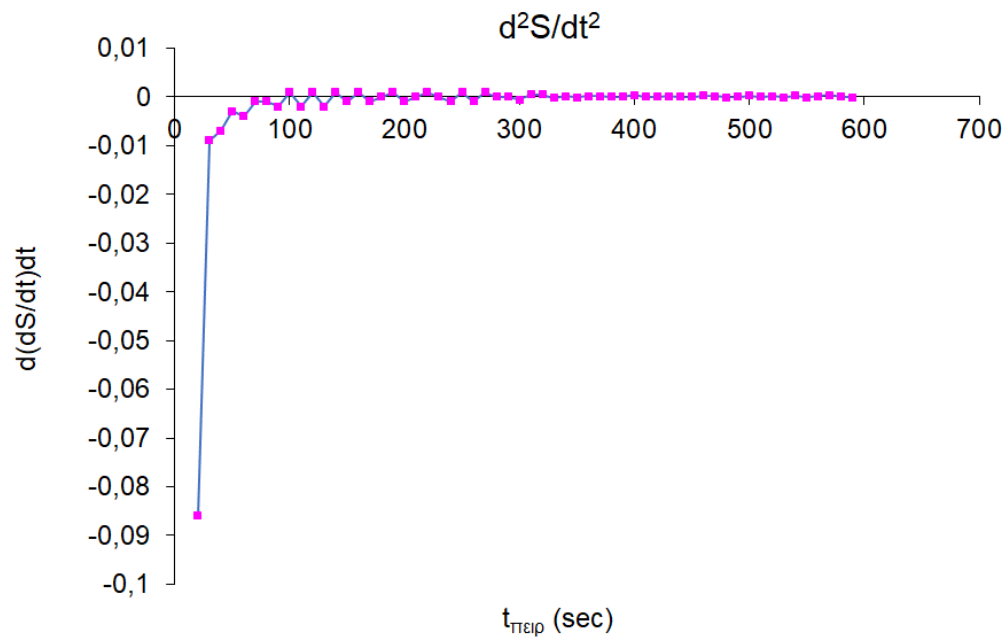




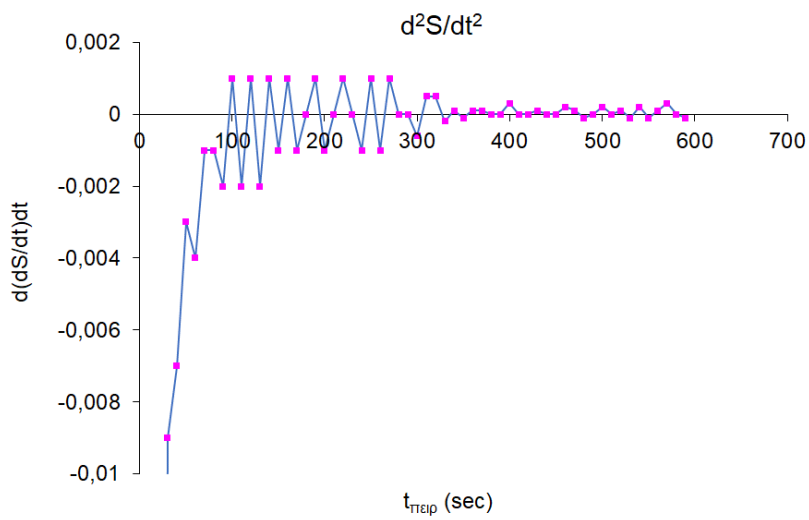
Σχ1α



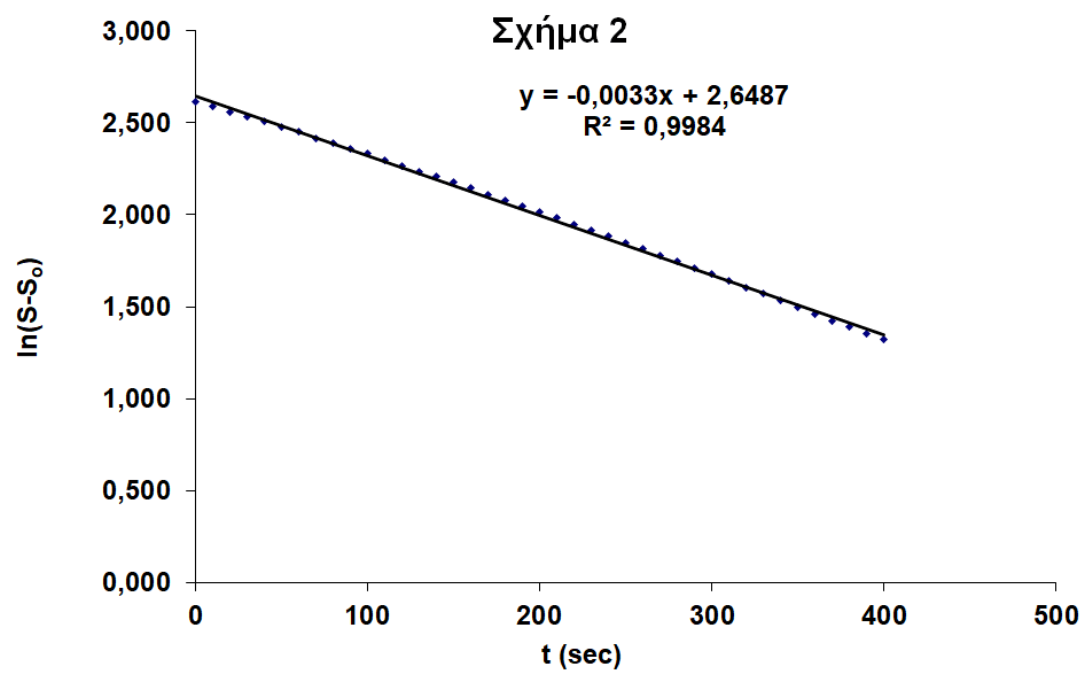
Σχ1α2. Αλλαγή κλίμακας κατακόρυφου άξονα. (δεν απαιτείται από τους φοιτητές)



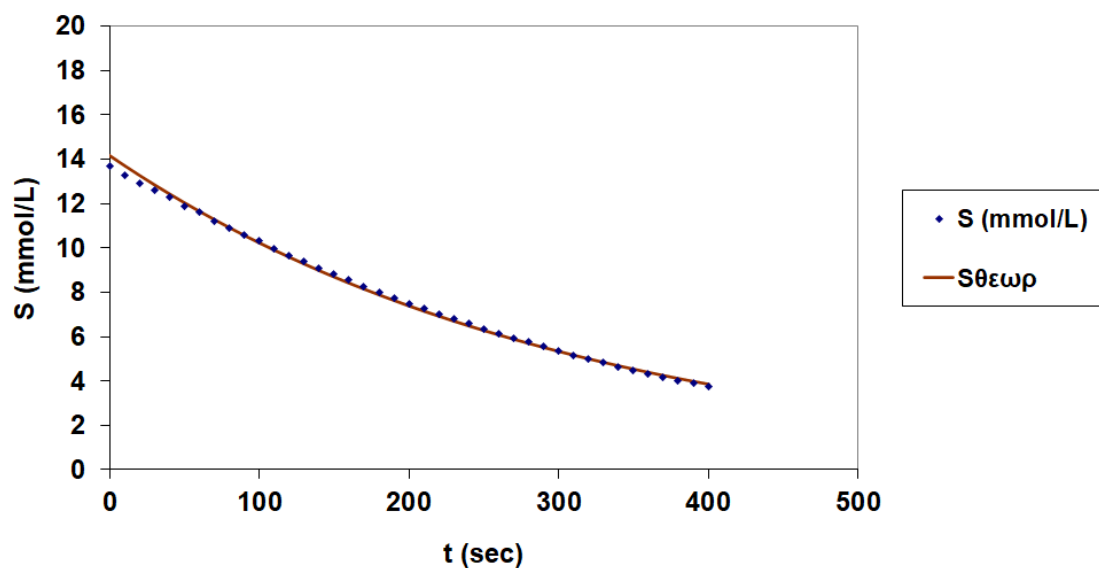
$\Sigma\chi 1\beta$



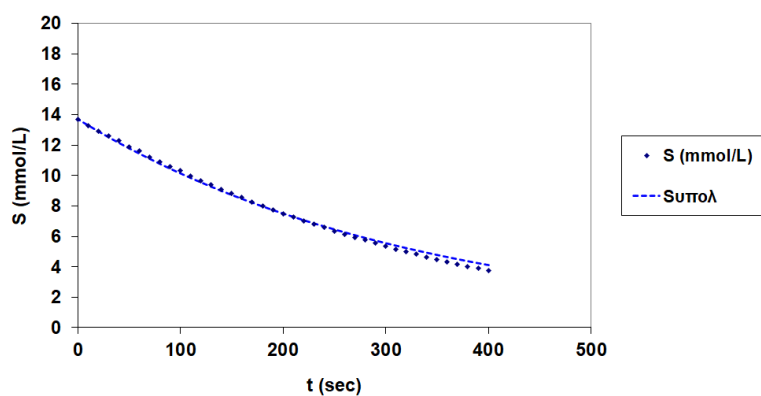
$\Sigma\chi 1\beta 2$. Αλλαγή κλίμακας κατακόρυφου άξονα. (δεν απαιτείται από τους φοιτητές)



Σχήμα 3



Σχήμα 3α



(Το Σχήμα 3α δεν απαιτείται από τους φοιτητές)

Συμπεράσματα

Τι συμπεραίνετε για τον λειτουργικό όγκο του αντιδραστήρα και πως το εξηγείτε;

Ο λειτουργικός όγκος V_{λ} του αντιδραστήρα είναι το 92,85% του πραγματικού (γεωμετρικού) όγκου V του αντιδραστήρα, λόγω φαινομένων καναλισμού κατά την ροή του νερού/αποβλήτου μέσω του αντιδραστήρα. Συνεπώς αποκλίνει από τον ιδανικό CFSTR.

Παράρτημα 1

Ημερομηνία:	23/3/2021
Όνοματεπώνυμο υπογραφή φοιτητή	/ Σιδηράς Δημήτριος
Ομάδα:	Π.χ. 37 (αν 37 είναι τα δυο τελευταία ψηφία του ΑΜ φοιτητή)

Πειραματικά αποτελέσματα: Άσκηση 2^η Μελέτη Ομοιογενούς Αντιδραστήρα (CFSTR)

Πίνακας Π1. Μέτρηση παροχής

$\Delta t(\text{sec})$	$\Delta V(\text{ml})$
10	66
10	67
10	66
10	67
10	65
10	68
	average

Πίνακας Π2. Αφού ρίξουμε ορισμένα mL ιχνηθέτη δλμ. NaCl

$t_{\text{πειρ}} (\text{sec})$	$S=[\text{Cl}^-] (\text{mmol/L})$
0	0,009
10	11,1
20	13,6
30	15,2
40	16,1
50	16,7
60	16,9
70	17
80	17
90	16,8
100	16,7
110	16,4
120	16,2
130	15,8
140	15,5
150	15,1

160	14,8
170	14,4
180	14
190	13,7
200	13,3
210	12,9
220	12,6
230	12,3
240	11,9
250	11,6
260	11,2
270	10,9
280	10,6
290	10,3
300	9,94
310	9,63
320	9,37
330	9,09
340	8,82
350	8,54
360	8,27
370	8,01
380	7,75
390	7,49
400	7,26
410	7,03
420	6,8
430	6,58
440	6,36
450	6,14
460	5,94
470	5,75
480	5,55
490	5,35
500	5,17
510	4,99
520	4,82
530	4,64
540	4,48
550	4,31
560	4,15
570	4,02
580	3,89
590	3,75