

Άσκηση Β13: Ιξωδομετρία

Β13.Ι Κατευθύνσεις – Απαιτούμενα Αναφοράς

1. Κατασκευή διαγραμμάτων του φυσικού λογάριθμου του συντελεστή ιξώδους, $\ln(\eta)$, συναρτήσει του αντίστροφου της θερμοκρασίας, $1/T$, (Arrhenius–Guzman) και των υπολειμματικών διαγραμμάτων τους (Residual Plots), για το σύνολο των πειραματικών μετρήσεων, καθώς και για τις μέσες τιμές τους, σε κάθε T . Αποτύπωση των σφαλμάτων σε κάθε πειραματικό σημείο (απαιτείται διάδοση σφαλμάτων) και γραμμική προσαρμογή των πειραματικών σημείων. Τα διαγράμματα και τα αντίστοιχα Residual Plots συμπεριλαμβάνονται σε ένα γράφημα (2 panels), με κοινά όρια στην ανεξάρτητη μεταβλητή ($1/T$). Οι τιμές του συντελεστή ιξώδους και της θερμοκρασίας πρέπει να αποτυπώνονται ως κατοπτρικοί άξονες (mirror axes), στο γράφημα.

Επισημάνσεις: i. Τα διαγράμματα συνίστανται από δύο panels (πάνω – κάτω): α. Πειραματικά δεδομένα και προσαρμογή τους και β. Residual Plot. Τα σφάλματα κάθε πειραματικής μέτρησης πρέπει να απεικονίζονται στο άνω γράφημα (panel α) της γραφικής παράστασης (απαιτείται διάδοση σφαλμάτων). ii. Ο συντελεστής του ιξώδους ($10^{-1} \text{ Nt s cm}^{-2} = 1 \text{ cPoise}$) προσδιορίζεται μέσω της έκφρασης:

$$\eta = F \times G \times t$$

όπου, F , ο συντελεστής της σφαίρας που χρησιμοποιήθηκε σε $\text{Nt g}^{-1} \text{ cm}^{-2}$, G , η επιπλέον μάζα που προστέθηκε στο δίσκο του ζυγού σε g και t , ο χρόνος σε s .

Ζητούμενα:

A. Προσδιορισμός της ενέργειας ενεργοποίησης της ιξώδους ροής, από το γράφημα Arrhenius–Guzman χρησιμοποιώντας τις εκφράσεις:

i. $\eta = Q \times \exp(+Ea/RT)$, που ισοδυναμεί με: $\ln(\eta) = \ln(Q) + (Ea/R) \times (1/T)$ και

ii. $\eta = q \times T^f \times \exp(+Ea/RT)$, (η τιμή της παραμέτρου f τείνει στο 2)

B. Κατασκευή συγκριτικού διαγράμματος απόκλισης από τις πειραματικές τιμές για 100 % και 99 % καθαρότητα γλυκερόλης ($\text{H}_2\text{C}(\text{OH})\text{CH}(\text{OH})\text{CH}_2(\text{OH})$, $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$): Αποτύπωση των πειραματικών τιμών για την 99.5 % γλυκερόλη που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα, συνδυαστικά με τις αντίστοιχες τιμές του $\ln(\eta)$ vs $1/T$, που φαίνονται στον πίνακα 1. Μέσω κατάλληλης προσαρμογής, να προσδιοριστεί η επί τοις % ποσοστιαία απόκλιση από την πειραματική τιμή, για την κάθε θερμοκρασία, που διεξήχθησαν οι μετρήσεις και να αποτυπωθούν σε ένα δεύτερο panel (πάνω – κάτω), μαζί με το συγκριτικό διάγραμμα πειραματικών και θεωρητικών δεδομένων (deviation plot).

Β13.II Ασκήσεις – Ερωτήσεις Αναφοράς

1. Συγκρίνετε τη θερμοκρασιακή εξάρτηση του συντελεστή ιξώδους στην αέρια και υγρή κατάσταση και εξηγήστε τις διαφορές;

2. Εξηγήστε για ποιον λόγο ο συντελεστής ιξώδους της αιθανόλης είναι μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο του νερού και εν συνεχεία, γιατί του αιθυλ-αιθέρα είναι μικρότερος και από τους άλλους δύο.

Πίνακας 1. Θερμοκρασιακή εξάρτηση του συντελεστή ιξώδους για μίγματα γλυκερόλης/νερού.

Table 17. Viscosity of Aqueous Glycerol Solutions Centipoises											
Glyc. % Wt.	Temperature (°C)										
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0*	1.792	1.308	1.005	0.8007	0.6560	0.5494	0.4688	0.4061	0.3565	0.3165	0.2838
10	2.44	1.74	1.31	1.03	0.826	0.680	0.575	0.500	—	—	—
20	3.44	2.41	1.76	1.35	1.07	0.879	0.731	0.635	—	—	—
30	5.14	3.49	2.50	1.87	1.46	1.16	0.956	0.816	0.690	—	—
40	8.25	5.37	3.72	2.72	2.07	1.62	1.30	1.09	0.918	0.763	0.668
50	14.6	9.01	6.00	4.21	3.10	2.37	1.86	1.53	1.25	1.05	0.910
60	29.9	17.4	10.8	7.19	5.08	3.76	2.85	2.29	1.84	1.52	1.28
65	45.7	25.3	15.2	9.85	6.80	4.89	3.66	2.91	2.28	1.86	1.55
67	55.5	29.9	17.7	11.3	7.73	5.50	4.09	3.23	2.50	2.03	1.68
70	76	38.8	22.5	14.1	9.40	6.61	4.86	3.78	2.90	2.34	1.93
75	132	65.2	35.5	21.2	13.6	9.25	6.61	5.01	3.80	3.00	2.43
80	255	116	60.1	33.9	20.8	13.6	9.42	6.94	5.13	4.03	3.18
85	540	223	109	58	33.5	21.2	14.2	10.0	7.28	5.52	4.24
90	1310	498	219	109	60.0	35.5	22.5	15.5	11.0	7.93	6.00
91	1590	592	259	127	68.1	39.8	25.1	17.1	11.9	8.62	6.40
92	1950	729	310	147	78.3	44.8	28.0	19.0	13.1	9.46	6.82
93	2400	860	367	172	89	51.5	31.6	21.2	14.4	10.3	7.54
94	2930	1040	437	202	105	58.4	35.4	23.6	15.8	11.2	8.19
95	3690	1270	523	237	121	67.0	39.9	26.4	17.5	12.4	9.08
96	4600	1580	624	281	142	77.8	45.4	29.7	19.6	13.6	10.1
97	5770	1950	765	340	166	88.9	51.9	33.6	21.9	15.1	10.9
98	7370	2460	939	409	196	104	59.8	38.5	24.8	17.0	12.2
99	9420	3090	1150	500	235	122	69.1	43.6	27.8	19.0	13.3
100	12070	3900	1410	612	284	142	81.3	50.6	31.9	21.3	14.8

* Viscosity of water taken from "Properties of Ordinary Water-Substance," N. E. Dorsey, p. 184. New York (1940)

Πίνακας 2. Θερμοκρασιακή εξάρτηση του συντελεστή ιξώδους για το νερό, την αιθανόλη και το διαιθυλαιθέρα. (Source: David R. Lide, ed., CRC Handbook of Chemistry and Physics, Internet Version 2005, <<http://www.hbcnetbase.com>>, CRC Press, Boca Raton, FL, 2005.)

Θερμοκρασία (Κ)	H₂O	CH₃CH₂OH	CH₃CH₂OCH₂CH₃
253.15			0.362
263.15			
273.15		1.773	0.2842
283.15		1.466	
293.15	1.002	1.200	0.2332
303.15	0.7975	1.003	0.2098
313.15	0.6529	0.834	0.197
323.15	0.5468	0.702	
333.15	0.4665	0.592	0.166
343.15	0.4042	0.504	
353.15	0.3547		0.140
363.15	0.3147		
373.15			0.118