

Κ. ΓΙΟΥΡΗ-ΤΣΟΧΑΤΖΗ

Επίκ. καθηγήτρια Α.Π.Θ.



ΣΧΟΛΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

Από τη Μακρο - στη Μικροκλίμακα

Διδακτική Πειραμάτων



ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ:

- σε μικροκλίμακα
- σε μακροκλίμακα
- επίδειξης
- επίδειξης με προβολέα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγικά

A. Χημεία σε μικροκλίμακα	15
A.1 Πειράματα χημείας σε μικροκλίμακα	15
A.2 Όργανα που χρησιμοποιούνται στα πειράματα χημείας σε μικροκλίμακα	17
A.3 Μέτρηση του όγκου των σταγόνων και των μικροσταγόνων νερού	19
A.4 Παραγωγή αερίων σε μικροκλίμακα	20
A.4.1 Παραγωγή αερίου σε τριβλίο petri	21
A.4.2 Παραγωγή αερίου σε σύριγγα	22
A.4.3 Παραγωγή αερίου σε σύριγγα με θέρμανση (θερμική μέθοδος)	23
A.4.4 Παραγωγή αερίου σε σύριγγα με ανάμιξη στερεού-υγρού	26
B. Αριθμοί και υπολογισμοί στη Χημεία	29
B.1 Επιστημονικός συμβολισμός	29
B.2 Σφάλματα μετρήσεων - Ακρίβεια - Επαναληψιμότητα	30
B.3 Σημαντικά ψηφία - Στρογγυλοποίηση αριθμών	32
B.4 Παρουσίαση αποτελεσμάτων σε πίνακες και διαγράμματα (σύστημα Guggenheim)	34
B.4.1 Πίνακες	34
B.4.2 Γραφικές παραστάσεις ή διαγράμματα	34
B.5 Κυριότερες μονάδες συγκέντρωσης	36
B.6 Μετρικό σύστημα μονάδων	37
Γ. Μετρήσεις στη Χημεία	40
Γ.1 Μέτρηση όγκου	40
Γ.2 Μέτρηση μάζας (Ζύγιση)	41
Γ.3 Μέτρηση θερμοκρασίας	42
Γ.4 Μέτρηση οξύτητας ή βασικότητας διαλύματος (pH)	43
Γ.4.1 Μέτρηση pH με ηλεκτρολυτικούς δείκτες	44
Γ.4.2 Μέτρηση pH με φυσικούς δείκτες	45
Γ.4.3 Μέτρηση pH με πεχαμετρικό χαρτί ή γενικό δείκτη ή δείκτη Universal	45
Γ.4.4 Μέτρηση pH ηλεκτρομετρικά ή ηλεκτρομετρικός προσδιορισμός του pH	46
Δ. Διάφορες Εργαστηριακές Εργασίες	47
Δ.1 Διαχωρισμός μίγματος	47
Δ.2 Κατεργασία γυαλιού	51
Δ.3 Καθαρισμός γυάλινων οργάνων και συσκευών	52
Ε. Καθορισμός των φυσικών ιδιοτήτων χημικού αντιδραστήριου	53
Ζ. Ασφάλεια στο εργαστήριο	57
Z.1 «Οι δέκα εντολές»	58
Z.2 Ειδικοί κανόνες ασφάλειας στο εργαστήριο	60
Z.3 Θέρμανση - Απαραίτητες προφυλάξεις	61
Z.4 Χρήση χημικών αντιδραστηρίων - Απαραίτητες προφυλάξεις	63
Z.5 Ειδικότεροι κίνδυνοι στο εργαστήριο	70
Z.6 Μέτρα ασφάλειας για ορισμένα αντιδραστήρια	71

Εργαστηριακές ασκήσεις - πειράματα

1η Εργαστηριακή Άσκηση	
Υπολογισμός θερμότητας αντίδρασης	77
Πείραμα 1.1 Προσδιορισμός της θερμοχωρητικότητας θερμοδομέτρου	79
1ος τρόπος [ΜΑΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	79
2ος τρόπος [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	80

Πείραμα 1.2	Υπολογισμός θερμότητας εξουδετέρωσης $\text{NaOH}(aq)$ με $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$	82
	1ος τρόπος [ΜΑΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	82
	2ος τρόπος [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	84
Πείραμα 1.3	Υπολογισμός θερμότητας διάσπασης $\text{NaHCO}_3(s)$. Νόμος του Hess	86

2η Εργαστηριακή Άσκηση

Ταχύτητα χημικής αντίδρασης και παράγοντες που την επηρεάζουν

Πείραμα 2.1	Υπολογισμός της ταχύτητας χημικής αντίδρασης	88
Πείραμα 2.2	Επίδραση της συγκέντρωσης (μάζας) στην ταχύτητα χημικής αντίδρασης $\text{Mg}(s) + \text{HCl}(aq)$	91
	1ος τρόπος [ΜΑΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	91
	2ος τρόπος [ΜΑΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	93
	3ος τρόπος [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	94
Πείραμα 2.3	Επίδραση της θερμοκρασίας στην ταχύτητα χημικής αντίδρασης $\text{Mg}(s) + \text{HCl}(aq)$	95
Πείραμα 2.4	Επίδραση της συγκέντρωσης (μάζας) στην ταχύτητα χημικής αντίδρασης $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(aq) + \text{HCl}(aq)$	96
	1ος τρόπος [ΜΑΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	96
	2ος τρόπος [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	98
	3ος τρόπος [ΕΠΙΔΕΙΞΗ ΜΕ ΠΡΟΒΟΛΕΑ]	99
	4ος τρόπος [ΕΠΙΔΕΙΞΗ ΜΕ ΠΡΟΒΟΛΕΑ ΣΕ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	99
Πείραμα 2.5	Επίδραση της θερμοκρασίας στην ταχύτητα χημικής αντίδρασης $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(aq) + \text{HCl}(aq)$	100
Πείραμα 2.6	Ταχύτητα χημικής αντίδρασης και θερμοκρασία στο ξίδι	101
Πείραμα 2.7	«Το χημικό ρολόι». Επίδραση της συγκέντρωσης στην ταχύτητα αντίδρασης [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	103
Πείραμα 2.8	Επίδραση της ενεργής επιφάνειας στην ταχύτητα χημικής αντίδρασης $\text{Fe}(s) + \text{CuSO}_4(aq)$	105
Πείραμα 2.9	Επίδραση της ενεργής επιφάνειας στην ταχύτητα χημικής αντίδρασης $\text{CaCO}_3(s) + \text{HCl}(aq)$	106
Πείραμα 2.10	«Φωτιά χωρίς σπίρτα». Επίδραση της ενεργής επιφάνειας στην ταχύτητα χημικής αντίδρασης υπερμαγγανικού καλίου και γλυκερίνης	107

3η Εργαστηριακή Άσκηση

Δράση των καταλυτών

Πείραμα 3.1	Επίδραση του καταλύτη στην ταχύτητα αντίδρασης $\text{KMnO}_4(aq) + (\text{COONa})_2(aq)$	108
Πείραμα 3.2	Επίδραση του καταλύτη $\text{MnO}_2(s)$ στη διάσπαση $\text{KClO}_3(s)$	109
Πείραμα 3.3	Διάσπαση υπεροξειδίου του υδρογόνου με καταλύτη $\text{MnO}_2(s)$ (πυρολουσίτη)	110

4η Εργαστηριακή Άσκηση

Μελέτη παραγόντων που επηρεάζουν τη θέση χημικής ισορροπίας

Πείραμα 4.1	Επίδραση της συγκέντρωσης στη χημική ισορροπία της αντίδρασης τριχλωριούχου σιδήρου με θειοκυανιούχο αμμώνιο	112
	1ος τρόπος [ΜΑΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	112
	2ος τρόπος [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	113
Πείραμα 4.2	Επίδραση της συγκέντρωσης στη χημική ισορροπία χρωμικών, CrO_4^{2-} και διχρωμικών, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, ιόντων	115
	1ος τρόπος [ΜΑΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	115
	2ος τρόπος [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	116
Πείραμα 4.3	Επίδραση της συγκέντρωσης οξέος ή βάσης στη χημική ισορροπία δείκτη	117
	1ος τρόπος [ΜΑΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	117
	2ος τρόπος [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	117
Πείραμα 4.4	Επίδραση της θερμοκρασίας στη χημική ισορροπία των συμπλόκων ιόντων, $\text{Co}(\text{H}_2\text{O})_6^{2+} - \text{CoCl}_4^{2-}$	118
	1ος τρόπος [ΜΑΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	118
	2ος τρόπος [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	120
	3ος τρόπος [ΕΠΙΔΕΙΞΗ «Μετεωρολογικός σταθμός»]	121
Πείραμα 4.5	Χημική ισορροπία στο μεταλλικό νερό (επίδραση της πίεσης)	122

Πείραμα 4.6	Επίδραση θερμοκρασίας και πίεσης στο σύστημα των αερίων $N_2O_4(g) \rightleftharpoons NO_2(g)$ που βρίσκεται σε χημική ισορροπία	123
4.6.1	Επίδραση της θερμοκρασίας στη χημική ισορροπία της αντίδρασης $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ [ΕΠΙΔΕΙΞΗ]	123
4.6.2	Επίδραση της πίεσης στο σύστημα $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2NO_2(g)$ [ΕΠΙΔΕΙΞΗ ΜΕ ΠΡΟΒΟΛΕΑ]	125

5η Εργαστηριακή Άσκηση

Αντιδράσεις οξειδοαναγωγής	126
Πείραμα 5.1	Αντιδράσεις οξειδοαναγωγής με υπερμαγγανικό κάλιο σε όξινο περιβάλλον
	1. Οξείδωση Na_2SO_3 , 2. Οξείδωση KI , 3. Οξείδωση $FeSO_4$, 4. Οξείδωση $(COONa)_2$
	1ος τρόπος [ΜΑΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]
	2ος τρόπος [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]
Πείραμα 5.2	Οξειδοαναγωγική ικανότητα των στοιχείων Cu , Zn , Fe και H .
	Μια «μίνι» ηλεκτροχημική σειρά
	1ος τρόπος [ΜΑΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]
	2ος τρόπος [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]
Πείραμα 5.3	Οξείδωση του ιωδιούχου καλίου με τριχλωριούχο σίδηρο [ΕΠΙΔΕΙΞΗ]
Πείραμα 5.4	Σχετική δραστηριότητα των αλογόνων
	5.4.1 Παρασκευή χλωριούχου νερού από χλωρίνη
	5.4.2 Παρασκευή βρωμιούχου νερού από χλωρίνη
Πείραμα 5.5	Το χλώριο είναι πιο δραστικό από βρώμιο και από ιώδιο [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]
Πείραμα 5.6	Το «Δέντρο της Αφροδίτης»
Πείραμα 5.7	«Το Δέντρο του Κρόνου»
Πείραμα 5.8	Πυροτεχνήματα που ανάβουν με πάγο

6η Εργαστηριακή Άσκηση

ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΣΗ: «Περνώντας ηλεκτρικό ρεύμα μέσα από διάλυμα ή από τήγμα ηλεκτρολύτη»		140
Πείραμα 6.1	Ηλεκτρόλυση τήγματος $PbBr_2(l)$	141
Πείραμα 6.2	Ηλεκτρόλυση διαλύματος $NaCl$	143
	1ος τρόπος	143
	2ος τρόπος [ΕΠΙΔΕΙΞΗ ΜΕ ΠΡΟΒΟΛΕΑ]	144
Πείραμα 6.3	Ηλεκτρόλυση διαλύματος KI	145
Πείραμα 6.4	Ηλεκτρόλυση διαλύματος $CuSO_4$	146
	1ος τρόπος (με αδρανή ηλεκτρόδια)	146
	2ος τρόπος (με ηλεκτρόδια Cu)	147
Πείραμα 6.5	Ηλεκτρόλυση διαλύματος $AgNO_3$ [ΕΠΙΔΕΙΞΗ ΜΕ ΠΡΟΒΟΛΕΑ]	148
Πείραμα 6.6	Ηλεκτρόλυση νερού ή ηλεκτρόλυση αραιού θεικού οξέος	149
	1ος τρόπος [ΜΑΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ με συσκευή ηλεκτρόλυσης Hoffman]	150
	2ος τρόπος [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ με αυτοσχέδια συσκευή ηλεκτρόλυσης]	151
	3ος τρόπος [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ με αυτοσχέδια συσκευή ηλεκτρόλυσης Hoffman]	152
	4ος τρόπος [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ με αυτοσχέδια συσκευή ηλεκτρόλυσης με σύριγγες]	153

7η Εργαστηριακή Άσκηση

Ρυθμιστικά διαλύματα	154	
Πείραμα 7.1	Συμπεριφορά ρυθμιστικών διαλυμάτων στην προσθήκη μικρών ποσοτήτων οξέος ή βάσης	157
Πείραμα 7.2	Συμπεριφορά ρυθμιστικών διαλυμάτων [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ] α) στην προσθήκη μικρών ποσοτήτων οξέος ή βάσης, και β) στην αραίωση του διαλύματος	159

8η Εργαστηριακή Άσκηση

Ογκομετρική ανάλυση ή ογκομετρία	161
8.1 Ογκομέτρηση σε μακροκλίμακα ή παραδοσιακή ογκομέτρηση	162

8.2	Ογκομέτρηση σε μικροκλίμακα	164
8.3	Οξυμετρία - Αλκαλιμετρία	166
Πείραμα 8.3.1	Παρασκευή 250 mL NaOH(aq) συγκέντρωσης 1 M	166
Πείραμα 8.3.2	Παρασκευή 1 L HCl(aq) συγκέντρωσης 0,1 M, από πυκνό HCl	167
Πείραμα 8.3.3	Εξουδετέρωση οξέος (αλκαλιμετρία).	
	Προσδιορισμός περιεκτικότητας ξιδιού σε οξικό οξύ	168
	1ος τρόπος [ΜΑΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	168
	2ος τρόπος [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ Προσδιορισμός συγκέντρωσης HCl(aq)]	169
Πείραμα 8.3.4	Εξουδετέρωση οξέος (αλκαλιμετρία).	
	Προσδιορισμός οξύτητας ελαιόλαδου	170
8.4	Οξειδοαναγωγική ογκομέτρηση - Μαγγανομετρία	171
Πείραμα 8.4.1	Παρασκευή 250 mL, KMnO ₄ (aq) συγκέντρωσης 0,1 M	171
Πείραμα 8.4.2	Ογκομετρικός προσδιορισμός ιόντων Fe ²⁺ με πρότυπο διάλυμα KMnO ₄	172
8.5	Ογκομέτρηση καθίζησης - Αργυρομετρία ή μέθοδος Mohr	174
Πείραμα 8.5.1	Προσδιορισμός χλωριούχων με, AgNO ₃ (aq)	174
	1ος τρόπος [ΜΑΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	174
	2ος τρόπος [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ Υπολογίζουμε το αλάτι στο θαλασσινό νερό]	176
8.6	Προσδιορισμός σταθεράς γινομένου διαλυτότητας, K _s δυσδιάλυτου άλατος	177
Πείραμα 8.6.1	Προσδιορισμός σταθεράς K _s , υδροξειδίου του ασβεστίου Ca(OH) ₂ (οξυμετρία)	177
8.6.2	Προσδιορισμός σταθεράς K _s , όξινου τρυγικού καλίου KHC ₄ H ₄ O ₆ (KHT).	
	Επίδραση κοινού ιόντος (αλκαλιμετρία)	179
	1ος τρόπος [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	179
	2ος τρόπος [ΜΑΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	180
8.6.3	Προσδιορισμός σταθεράς K _s , ιωδικού ασβεστίου, Ca(IO ₃) ₂ (ιωδιομετρία)	182

9η

Εργαστηριακή Άσκηση

Γαλβανικά στοιχεία. Στοιχείο Daniell

Πείραμα 9.1	Κατασκευή στοιχείου Daniell	185
Πείραμα 9.2	Μπαταρίες από φρούτα και λαχανικά	186
9.2.1	«Μπαταρία λεμονιού»	186
9.2.2	«Μπαταρία πατάτας» και «Ρολόι πατάτας»	187
Πείραμα 9.3	«Ρολόι πορτοκαλάδας»	188

10η

Εργαστηριακή Άσκηση

Είδη χημικών αντιδράσεων

10.1	Αντιδράσεις σύνθεσης	189
Πείραμα 10.1.1	Σύνθεση FeS	189
Πείραμα 10.1.2	Καύση σιδήρου	190
Πείραμα 10.1.3	Καύση μαγνησίου	191
10.2	Αντίδραση διάσπασης	192
Πείραμα 10.2.1	«Χημικό ηφαίστειο» Διάσπαση (NH ₄) ₂ Cr ₂ O ₇ (s)	192
10.3	Αντιδράσεις απλής αντικατάστασης	193
Πείραμα 10.3	Αντιδράσεις απλής αντικατάστασης	193
10.4	Αντιδράσεις διπλής αντικατάστασης	194
Πείραμα 10.4.1	Αντίδραση νιτρικού μολύβδου με ιωδιούχο κάλιο	194
Πείραμα 10.4.2	«Χημικός κήπος» και «Χημικοί σπόροι»	196
Πείραμα 10.5	Διάλυση αμμωνίας σε νερό «Πίδακας αμμωνίας» [ΕΠΙΔΕΙΞΗ]	197
	1ος τρόπος [ΜΑΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	197
	2ος τρόπος [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ, NH ₃ (g) σε σύριγγα]	198
	3ος τρόπος [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ, NH ₃ (g) σε γυάλινο φιαλίδιο]	199
Πείραμα 10.6	«Ο κύκλος του χαλκού». Χημικές μεταμορφώσεις χαλκού [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	200
Πείραμα 10.7	Παρασκευή θερμότη, μίγμα Al(s) και Fe ₂ O ₃ (s) [ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ]	202
Παράρτημα		205
Βιβλιογραφία		211

The background of the page is an abstract composition of soft, painterly brushstrokes. On the left side, there are warm, yellowish-gold strokes that blend into a pale cream color. On the right side, there are cool, light blue strokes that blend into a pale sky blue. The overall effect is a gentle, artistic wash of color.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

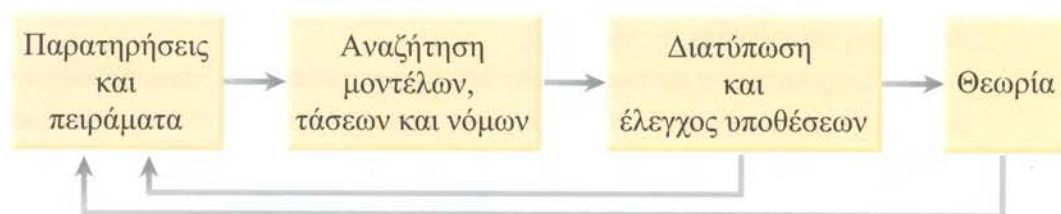


Χημεία είναι η επιστήμη που διερευνά τη σύσταση και τη δομή της ύλης, μελετά τις ιδιότητες, τις μεταβολές και τους τρόπους χρήσης της και ασχολείται

με τη δημιουργία νέων μορφών ύλης, δηλαδή την παραγωγή συνθετικών προϊόντων που χρησιμοποιούμε καθημερινά και δεν προϋπήρχαν στη φύση. Η Χημεία είναι κατεξοχήν πειραματική επιστήμη γι' αυτό η παρατήρηση και το πείραμα είναι βασικά στοιχεία της έρευνας που την αφορά.

Πείραμα στη Χημεία είναι η σκόπιμη επανάληψη ενός χημικού φαινομένου και η διαδικασία επιβεβαίωσής του με ελεγχόμενες συνθήκες και σκοπό τη συλλογή ορισμένων πληροφοριών.

Κάθε πείραμα αρχικά σχεδιάζεται για να επιβεβαιώσει κάποιο ιδανικό φαινόμενο και κατόπιν εκτελείται, ακολουθώντας μια **πειραματική διαδικασία** που βασίζεται σε μια **επιστημονική μέθοδο**. Αυτή δίνει τις κατευθυντήριες γραμμές, ώστε να μπορεί να προσεγγίζεται το ίδιο φαινόμενο ακολουθώντας διαφορετική μεθοδολογία, επειδή είναι δύσκολο να προσεγγίζεται με τον ίδιο ακριβώς τρόπο από διαφορετικούς ερευνητές. Οι κατευθυντήριες γραμμές δίνονται στο παρακάτω σχήμα:



Η **επιστημονική μέθοδος** είναι μία γενική προσέγγιση σε προβλήματα που αναδύονται από παρατηρήσεις, η αναζήτηση μοντέλων (προτύπων) και τάσεων, όπου βασίζονται οι παρατηρήσεις, η διατύπωση υποθέσεων για την ερμηνεία των παρατηρήσεων και ο έλεγχος των υποθέσεων με περισσότερα πειράματα. Οι υποθέσεις που αντέχουν στον έλεγχο και είναι χρήσιμες στην εξήγηση και στην πρόβλεψη μιας ορισμένης συμπεριφοράς της ύλης γίνονται θεωρία.

Το σύνολο των πληροφοριών που συλλέγονται από παρατηρήσεις και πειράματα ονομάζονται **δεδομένα**. Τα δεδομένα, που μπορεί να είναι απλές παρατηρήσεις ή και μετρήσεις, συλλέγονται, ταξινομούνται, αναλύονται και χρησιμοποιούνται για να γίνει μια γενίκευση, που ονομάζεται **νόμος**.

Επιστημονικός **νόμος** είναι ή μια γενική και συνοπτική παρουσίαση πολλών δεδομένων ή μια μαθηματική εξίσωση, που καθεμιά αποτελεί την περίληψη των αποτελεσμάτων ενός μεγάλου αριθμού παρατηρήσεων και εμπειριών.

Έχουμε την τάση να πιστεύουμε ότι οι νόμοι της Φύσης είναι οι βασικοί κανόνες υπό τους οποίους αυτή λειτουργεί. Τελικά όμως δεν είναι ότι η Ύλη υπακούει στους νόμους της Φύσης, αλλά ότι με τους νόμους της Φύσης καταγράφεται η συμπεριφορά της Ύλης.

Κάθε νόμος στη χημεία ξεκινά από μια **υπόθεση**, που προκύπτει από μια σημαντική παρατήρηση και κατόπιν πρέπει να ακολουθήσει σχεδιασμός περισσότερων πειραμάτων για να ελεγχθεί και να επιβεβαιωθεί. Εάν η υπόθεση επιβεβαιώνεται συνέχεια, προβλέπει μια ορισμένη συμπεριφορά της ύλης που θα παρατηρηθεί και προτείνει ερμηνείες στο γιατί η φύση συμπεριφέρεται με το συγκεκριμένο τρόπο, τότε γίνεται **θεωρία**.

Θεωρία είναι η επεξήγηση των γενικών αρχών που καθορίζουν ένα φαινόμενο, με σημαντικές αποδείξεις, στοιχεία ή γεγονότα που τις επιβεβαιώνουν.

Είναι φανερό ότι η ισχύς κάθε υπόθεσης νόμου ή θεωρίας, βασίζεται στην ποιότητα και την ποσότητα των δεδομένων που έχουν συλλεγεί πειραματικά.

Στο σχολείο το πείραμα στο μάθημα της Χημείας είναι αποδεδειγμένα ο καλύτερος τρόπος προσέγγισης της θεωρίας και πρέπει ν' αποτελεί αναπόσπαστο μέρος της μεθοδολογίας διδασκαλίας του μαθήματος.

Οι σύγχρονες απαιτήσεις για χημικά πειράματα στο σχολείο είναι πολλαπλές και σήμερα περισσότερο από άλλοτε πρέπει ν' ακολουθούν τη γνωστή ρήση «ο χρόνος είναι χρήμα», γι' αυτό τα πειράματα χημείας **σε μικροκλίμακα** τείνουν ν' αντικαταστήσουν τα παραδοσιακά πειράματα, επειδή γίνονται γρηγορότερα, κοστίζουν φτηνότερα και υπάρχει άμεσο διδακτικό κέρδος, που μεταφράζεται σε ευκολότερη κατανόηση της θεωρίας.

Τα πειράματα σε μικροκλίμακα δεν έχουν σκοπό να αντικαταστήσουν όλα τα παραδοσιακά πειράματα Χημείας, που ονομάζονται πλέον πειράματα **σε μακροκλίμακα**. Μπορούν όμως ν' αντικαταστήσουν ορισμένες ασκήσεις για λόγους οικολογίας, οικονομίας χρόνου και χρήματος και ασφάλειας.

Για την επιτυχία των εργαστηριακών ασκήσεων καλό είναι:

- να είναι γνωστή η θεωρία στην οποία βασίζεται κάθε άσκηση, ώστε να επιβεβαιωθεί και πειραματικά
- να τηρούνται σχολαστικά οι κανόνες ασφάλειας στο χημικό εργαστήριο.



Χημεία σε μικροκλίμακα

A.1 Πειράματα χημείας σε μικροκλίμακα

Η χημεία σε μικροκλίμακα (microscale chemistry ή small scale chemistry), είναι η χημεία που πειραματικά χρησιμοποιεί πολύ μικρές ποσότητες χημικών αντιδραστηρίων και συχνά (όχι πάντα) απλά όργανα και συσκευές. Χημεία σε μικροκλίμακα είναι επομένως η χημεία των σταγόνων και των μικρών οργάνων.

Στο τέλος της δεκαετίας του '70 και τις αρχές του '80 στις ΗΠΑ άρχισε να προωθείται η ιδέα της αντικατάστασης των παραδοσιακών πειράματων χημείας, με πειράματα μικροκλίμακας, κυρίως για περιβαλλοντικούς και οικονομικούς λόγους.

Το 1993 ιδρύθηκε σε κολλέγιο της Μασαχουσέτης το εθνικό κέντρο χημείας σε μικροκλίμακα (MMC), με σκοπό να προωθήσει τη χρήση πειραμάτων μικροκλίμακας, ως ένα τρόπο μείωσης της ρύπανσης από απόβλητα που προέρχονταν από εργαστηριακά πειράματα.

Την ίδια εποχή στην Ευρώπη (Γερμανία, Ολλανδία, Αγγλία) άρχισαν να εφαρμόζονται στα σχολεία τα πειράματα χημείας σε μικροκλίμακα, αφού προηγήθηκαν πιλοτικά προγράμματα όπου εξετάστηκαν αναλυτικά διάφοροι παράμετροι, όπως οικονομικό κόστος ανά τάξη μαθητών, χρόνος πειραματικής διαδικασίας, κατανόηση θεωρίας, όγκος αποβλήτων κ.ά.

Ήδη τα πειράματα σε μικροκλίμακα χρησιμοποιούνται σε πολλές χώρες κυρίως στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, επειδή συγκεντρώνουν πολλά πλεονεκτήματα όπως:

- ✓ είναι οικονομικά, επειδή χρησιμοποιούν μικρές ποσότητες χημικών αντιδραστηρίων και μικρά όργανα συνήθως πλαστικά, άρα αγοράζονται λιγότερες ποσότητες, ενδεχομένως σε μικρότερες συσκευασίες, οπότε είναι ευκολότερη και η αποθήκευσή τους,
- ✓ υπάρχει μείωση των χημικών αποβλήτων, επειδή ακριβώς χρησιμοποιούνται πολύ μικρές ποσότητες αντιδραστηρίων, επομένως αποφεύγεται άσκοπη σπατάλη. Η ατμόσφαιρα στο εργαστήριο είναι πιο καθαρή, επειδή διαφεύγουν λιγότεροι ατμοί,
- ✓ οι μαθητές ευαισθητοποιούνται στην υπεύθυνη χρήση των χημικών ουσιών, θέμα πολύ σημαντικό για τα σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα. Η τεχνική σε μικροκλίμακα είναι ένα υπεύθυνο βήμα στη μείωση της ρύπανσης του περιβάλλοντος,
- ✓ μειώνονται οι κίνδυνοι για την προσωπική ασφάλεια, επειδή ατυχήματα από σπάσιμο γυαλικών ή φωτιά σχεδόν εξαλείφονται. Επίσης πολλά κλασικά πειράματα που χρησιμοποιούν επικίνδυνα αντιδραστήρια, π.χ. βρώμιο, μπορούν ν' αντικατασταθούν με πειράματα σε μικροκλίμακα και να γίνονται άφοβα από τους μαθητές,

- ✓ η διαδικασία των πειραμάτων είναι ευκολότερη, οπότε μειώνεται και ο χρόνος πραγματοποίησης κάθε πειράματος (π.χ. λιγότερο ή καθόλου πλύσιμο). Έτσι διάφορες οργανικές συνθέσεις μεγάλης διάρκειας, γίνονται εύκολα σχολικά πειράματα,
- ✓ πολλές φορές ορισμένες χημικές αντιδράσεις με μικρούς όγκους διαλυμάτων γίνονται καλύτερα, παρά αν χρησιμοποιηθούν μεγαλύτερες ποσότητες σε δοκιμαστικούς σωλήνες ή ποτήρια. Απαιτούν όμως πιο προσεκτική παρατήρηση, κάτι που είναι άλλωστε απαραίτητο για κάθε επιστημονική προσπάθεια,
- ✓ προσφέρουν μεγαλύτερη ποικιλία εργαστηριακών πειραμάτων, οι μαθητές μπορούν να αυτοσχεδιάσουν, οπότε αποκτούν ευκολότερα εργαστηριακή συνείδηση, ανεξαρτησία και άνεση.

Ορισμένες φορές ένα πείραμα σε μικροκλίμακα γίνεται θεαματικό πείραμα επίδειξης με προβολέα, αν τοποθετήσουμε την πλαστική διαφάνεια πάνω στην τράπεζα του προβολέα διαφανειών και ρίξουμε πάνω στη διαφάνεια 3-4 σταγόνες από τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιούμε, ώστε να σχηματιστεί μία μεγαλύτερη σταγόνα με διάμετρο 1-3 cm.

Είναι γεγονός ότι ένα καλά στημένο πείραμα σε απαγωγό ή πίσω από προστατευτικό κάλυμμα ασφαλείας μακριά από τους μαθητές ή ένα πείραμα με μεγάλη χρονική διάρκεια χωρίς άμεσα ορατά αποτελέσματα, είναι λιγότερο εντυπωσιακό και διδακτικό από ένα πείραμα με απλά όργανα χωρίς περίπλοκη συναρμολόγηση και με εύκολη πειραματική διαδικασία, που γίνεται γρήγορα από τους μαθητές ή κοντά σ' αυτούς και μπορεί να επαναληφθεί ασφαλώς και εύκολα.

Παρακάτω αναφέρονται επιγραμματικά τα πλεονεκτήματα των πειραμάτων σε μικροκλίμακα.

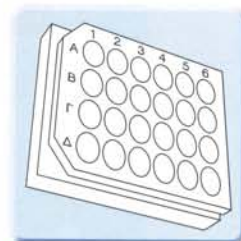
- 1. Λιγότερα χημικά αντιδραστήρια.**
- 2. Λιγότερα απόβλητα.**
- 3. Μεγαλύτερη ασφάλεια.**
- 4. Μικρότερο οικονομικό κόστος.**
- 5. Μέθοδος διδασκαλίας με λιγότερη «ομιλία και κιμωλία».**
- 6. Μεγαλύτερη κατανόηση.**
- 7. Μικρότερος χώρος.**
- 8. Γρηγορότερη και ευκολότερη πειραματική διαδικασία.**
- 9. Περισσότερα κίνητρα.**
- 10. Προσωπικό φορητό εργαστήριο.**

A.2 Όργανα που χρησιμοποιούνται στα πειράματα χημείας σε μικροκλίμακα

Τα όργανα που χρησιμοποιούνται στα πειράματα σε μικροκλίμακα είναι:

- **Σταγονόμετρα πλαστικά.**
- **Ράβδοι ανάδευσης.** Οι γυάλινες ράβδοι, ανάδευσης αντικαθίστανται από πλαστικά καλαμάκια (πορτοκαλάδας).
- **Διαφανή πλαστικά φύλλα ή διαφάνειες,** που χρησιμοποιούνται και στον προβολέα διαφανειών, OHP, αντικαθιστούν τους δοκιμαστικούς σωλήνες.
Οι μαθητές τοποθετούν πάνω στη διαφάνεια 1-2 σταγόνες διαλυμάτων για να γίνουν οι αντιδράσεις. Οι διαφάνειες αυτές, όταν δεν χρησιμοποιούνται ισχυρά οξέα ή ιώδιο, οπότε βράφονται, μπορούν να καθαριστούν με μαλακό χαρτί ή ύφασμα και να ξαναχρησιμοποιηθούν.
Φυσικά το σχήμα των σταγόνων στα διάφορα υδατικά διαλύματα ποικίλλει και μπορεί επιπλέον να δώσει στους μαθητές ενδιαφέρουσες ιδέες, όπως λόγου χάρη για τις συνέπειες του δεσμού υδρογόνου ή της επιφανειακής τάσης.

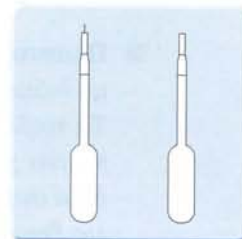
- **Πλαστικός δίσκος με κοιλότητες ή κυψελίδες (plastic well plate ή cell culture cluster).** Ο αριθμός των κοιλοτήτων (κυψελίδων) ποικίλλει, πλέον χρήσιμος είναι αυτός που αποτελείται από 24 κοιλότητες χωρητικότητας περίπου 3 mL η καθεμία. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πειράματα οργανικής χημείας, χημικής ισορροπίας, ταχύτητας χημικών αντιδράσεων ή σε πειράματα, όπου εμφανίζονται διάφορα χρώματα.

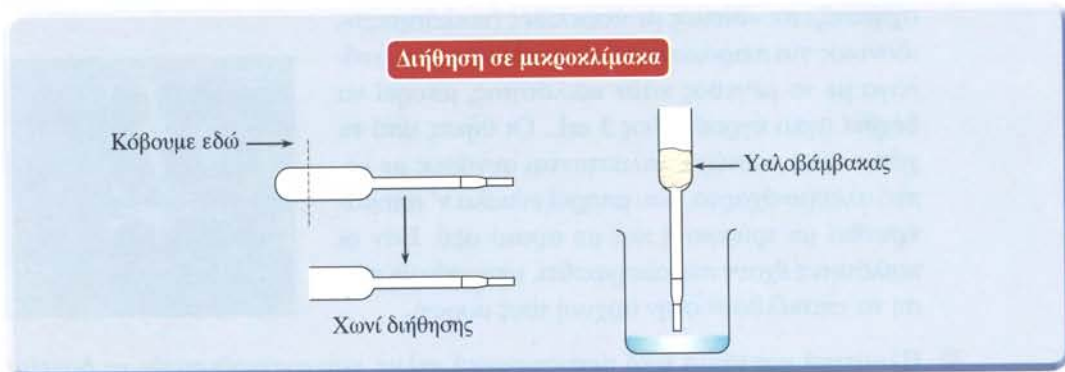
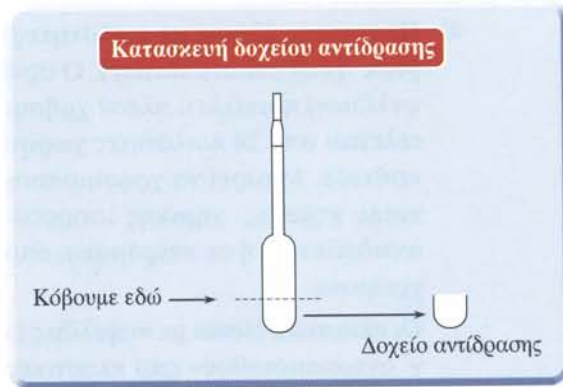
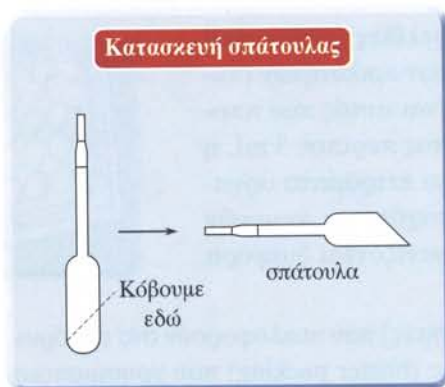
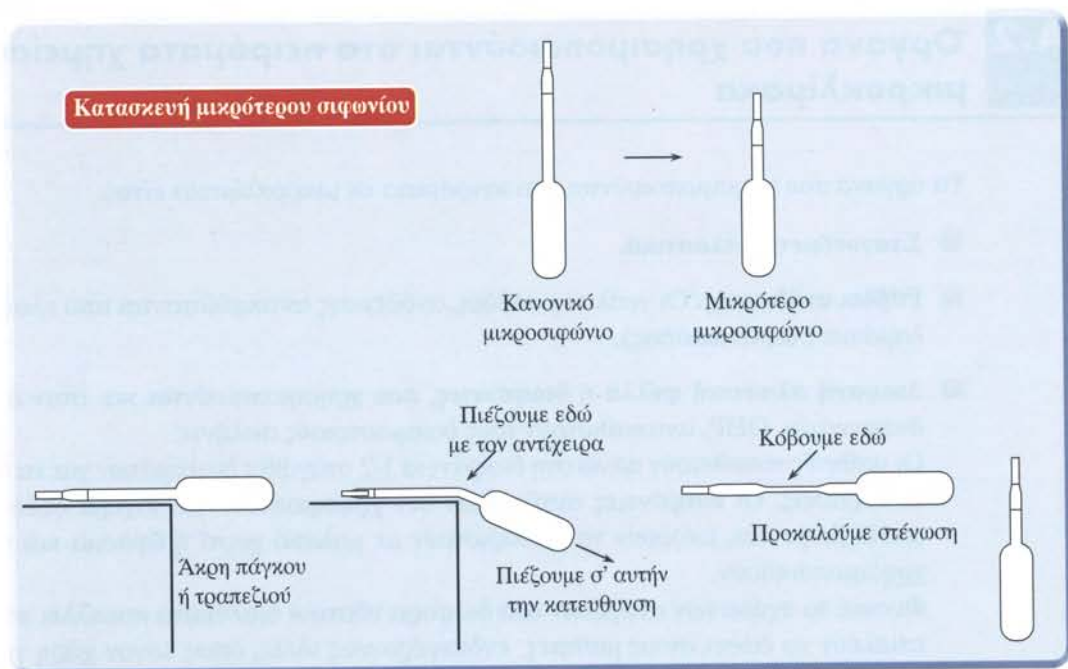



Οι πλαστικοί δίσκοι με κυψελίδες (κοιλότητες) που κυκλοφορούν στο εμπόριο, μπορούν ν' αντικατασταθούν από πλαστικές θήκες (blister packing) που χρησιμοποιούνται στη συσκευασία χαπιών, μαστίχας κ.λπ. Όταν με πίεση απομακρυνθεί το περιεχόμενό τους, σχηματίζεται «δίσκος με κυψελίδες (κοιλότητες)», ιδανικός για πειράματα σε μικροκλίμακα και ανάλογα με το μέγεθος κάθε κοιλότητας, μπορεί να δεχθεί όγκο υγρού 1 έως 3 mL. Οι θήκες από τα χάπια ή τις μαστίχες καλύπτονται συνήθως με λεπτό αλουμινόχαρτο, που μπορεί εύκολα ν' απομακρυνθεί με τρίψιμο ή και με αραιό οξύ. Εάν οι κοιλότητες έχουν παραμορφωθεί, μπορούν με πίεση να επανέλθουν στην αρχική τους μορφή.



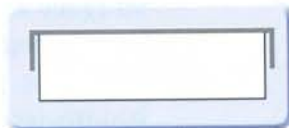
- **Πλαστικά κουτάκια από φωτογραφικά φιλμ** που αντικαθιστούν τα δοχεία αντιδραστηρίων.
- **Πλαστικά σιφώνια (plastic pipettes)** χωρητικότητας 1 mL ή 2 mL. Αυτά τα πλαστικά σιφώνια εκτός από σιφώνια μπορούν να έχουν και άλλες χρήσεις. Αν τα κόψουμε και τα αναδιαμορφώσουμε μπορούμε να φτιάξουμε μικρότερα σιφώνια, σπάτουλες, χωνιά διήθησης, καθώς και μικρές φιάλες αντιδραστηρίων, όπως φαίνεται παρακάτω:



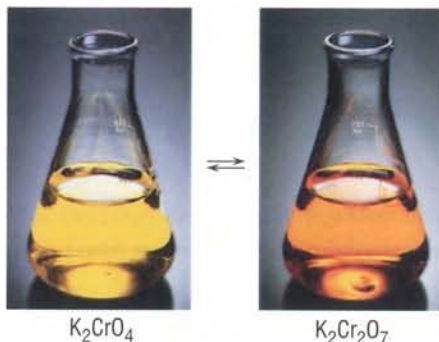


 **Πλαστικά τριβλία petri** (plastic petri dishes) με καπάκι, με διάμετρο περίπου 4,5 cm ή 9 cm.

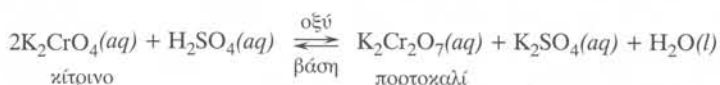
Το τριβλίο petri είναι μικρό ρηχό δοχείο με καπάκι που κλείνει χαλαρά, γυάλινο ή πλαστικό. Χρησιμοποιείται ειδικά στη μικροβιολογία και ονομάστηκε έτσι από τον Ιούλιο Petri, γερμανό βακτηριολόγο που πέθανε το 1921.



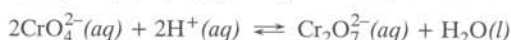
Πείραμα 4.2 Επίδραση της συγκέντρωσης στη χημική ισορροπία χρωμικών, CrO_4^{2-} και διχρωμικών, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$, ιόντων

 K_2CrO_4 $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

Θα μελετήσουμε το αποτέλεσμα της μεταβολής των συγκεντρώσεων προϊόντων και αντιδρώντων στο χημικό σύστημα:



Οι συγκεντρώσεις αντιδρώντων και προϊόντων της παραπάνω αντίδρασης (δηλαδή το σημείο ισορροπίας του χημικού συστήματος), επηρεάζονται από την προσθήκη οξέος ή βάσης στο διάλυμα.



1ος τρόπος **ΜΑΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ**

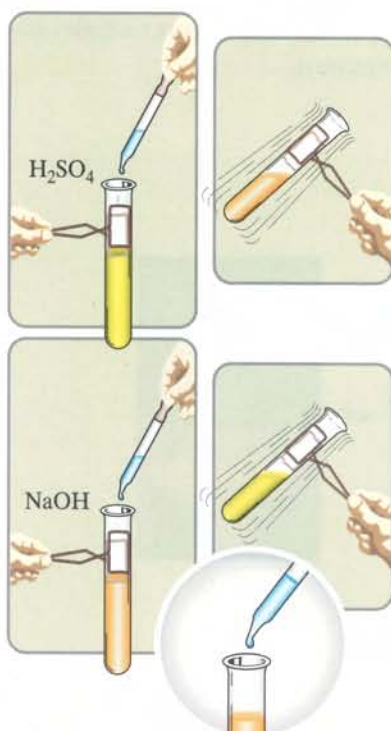
Όργανα - Συσκευές

- Δοκιμαστικός σωλήνας
- Σιφώνια ή σταγονόμετρα (2)

Αντιδραστήρια - Υλικά

- Χρωμικό κάλιο, $\text{K}_2\text{CrO}_4(aq)$ 1 M
- Θειικό οξύ, $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ 2 M
- Υδροξείδιο νατρίου, $\text{NaOH}(aq)$ 6 M

Πειραματική διαδικασία



➤ Σε δοκιμαστικό σωλήνα ρίχνουμε περίπου 2 mL διαλύματος $\text{K}_2\text{CrO}_4(aq)$ (κίτρινο χρώμα). Προσθέτουμε με σιφώνιο ή σταγονόμετρο κατά σταγόνες $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$. Ανακινούμε το σωλήνα και παρατηρούμε τις τυχόν μεταβολές.

➤ Προσθέτουμε στη συνέχεια κατά σταγόνες διάλυμα $\text{NaOH}(aq)$, ανακινώντας το διάλυμα, έως ότου παρατηρηθούν αλλαγές. Μπορούμε να προσθέτουμε εναλλάξ σταγόνες $\text{H}_2\text{SO}_4(aq)$ και $\text{NaOH}(aq)$ και να παρατηρούμε τις μεταβολές.

➤ Σημειώνουμε τις μεταβολές των χρωμάτων και δίνουμε την εξήγηση αυτών των μεταβολών:

.....

.....



2ος τρόπος ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ

Όργανα - Συσκευές

- Φύλλο εργασίας
- Πλαστική διαφάνεια
- Πλαστικά σιφώνια
- Πλαστικά καλαμάκια

Αντιδραστήρια - Υλικά

- Χρωμικό κάλιο, $\text{K}_2\text{CrO}_4(\text{aq})$ 1 M
- Θειικό οξύ, $\text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ 2 M
- Υδροξείδιο νατρίου, $\text{NaOH}(\text{aq})$ 6 M

Πειραματική διαδικασία

- Καλύπτουμε το φύλλο εργασίας με μία καθαρή πλαστική διαφάνεια. Στο φύλλο εργασίας έχουμε σχεδιάσει έναν κύκλο ή ένα κουτάκι όπως φαίνεται παρακάτω:



- Τοποθετούμε μία σταγόνα διαλύματος χρωμικού καλίου, K_2CrO_4 πάνω στην πλαστική διαφάνεια.
- Προσθέτουμε 1 σταγόνα θειικού οξέος ΠΡΟΣΕΚΤΙΚΑ και αναμιγνύουμε με το πλαστικό καλαμάκι.
Σημειώνουμε τις παρατηρήσεις μας.
- Προσθέτουμε κατόπιν στο παραπάνω διάλυμα 2-3 σταγόνες διαλύματος υδροξειδίου του νατρίου, ανακινώντας μ' ένα καλαμάκι.
Σημειώνουμε τις παρατηρήσεις μας.
- Μπορούμε να προσθέτουμε εναλλάξ σταγόνες H_2SO_4 και NaOH και να παρατηρούμε συνεχώς τις αλλαγές φροντίζοντας να μην αυξηθεί πολύ η ποσότητα του υγρού πάνω στην διαφάνεια.



Παρατηρήσεις

Χημική ισορροπία μεταξύ χρωμικών, CrO_4^{2-} και διχρωμικών, $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ιόντων
(α) σε βασικό διάλυμα υπερικούν τα ιόντα CrO_4^{2-} λόγω ελάττωσης της συγκέντρωσης του οξέος και μετατόπισης

της ισορροπίας προς τα αριστερά (κίτρινο χρώμα),
(β) σε όξινο διάλυμα υπερικούν τα ιόντα $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ (πορτοκαλί χρώμα), άρα μετατοπίζεται η ισορροπία προς τα δεξιά.



K_2CrO_4



$\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$

