

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
2015

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΥΛΙΚΩΝ: ΠΡΑΚΤΙΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΓΙΑ ΦΥΣΙΚΟΥΣ

ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ ΜΠΟΥΡΛΙΝΟΣ

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΗΣ**

ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ ΥΛΙΚΩΝ: ΠΡΑΚΤΙΚΟΣ ΟΔΗΓΟΣ ΓΙΑ ΦΥΣΙΚΟΥΣ

ΑΘΑΝΑΣΙΟΣ Β. ΜΠΟΥΡΛΙΝΟΣ

ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2015

ΣΚΟΠΟΣ & ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Σκοπός του παρόντος συγγράμματος είναι η εισαγωγή εργαστηρίων Χημείας για τους φοιτητές του τμήματος Φυσικής, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Τα πειράματα της συγκεκριμένης εργασίας αφορούν την εξοικείωση των φοιτητών με απλές εργαστηριακές τεχνικές και βασικά πειράματα Χημείας. Τα πειράματα σχετίζονται με τη χημική παρασκευή υλικών και την άμεση παρατήρηση των φυσικών ιδιοτήτων τους (π.χ. οπτικές, μαγνητικές, ηλεκτρονικές κλπ). Από εκπαιδευτική πλευρά, ο διεπιστημονικός κλάδος των υλικών, που συνδυάζει γνώσεις Φυσικής και Χημείας, προσφέρει αποτελεσματικούς τρόπους κατανόησης απλών χημικών διεργασιών για τους φοιτητές του τμήματος Φυσικής. Δεδομένου της έλλειψης εργαστηρίων Χημείας στο τμήμα, η προσθήκη του μαθήματος “Παρασκευή υλικών: πρακτικός οδηγός για Φυσικούς” αναμένεται να αναβαθμίσει το πρόγραμμα σπουδών του τμήματος και να εμπλουτίσει το γνωστικό αντικείμενο των φοιτητών.

Για την εκπόνηση του παρόντος συγγράμματος θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την προπτυχιακή φοιτήτρια Αλεξάνδρα Γκόσιου του τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων για την πολύτιμη συνεισφορά της στην εκτέλεση και συγγραφή των εργαστηριακών ασκήσεων, στα πλαίσια της πτυχιακής της εργασίας υπό την επίβλεψή μου. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους Θ. Μπάκα (Καθηγητής), Α. Δούβαλη (Αναπληρωτής Καθηγητής) και Δρ. Α. Πολύμερο του τμήματος Φυσικής του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων για την αμέριστη ηθική και υλικοτεχνική υποστήριξή τους. Τέλος θέλω να ευχαριστήσω τους Γ. Τριβιζά, Ε. Μουζουράκη και Γ. Γεωργίου, μεταπτυχιακούς φοιτητές του τμήματος Επιστήμης Υλικών, καθώς και τον Δρ. Α. Μάρκου του τμήματος Επιστήμης Υλικών του Πανεπιστημίου Ιωαννίνων για την σημαντική βοήθειά τους.

ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ

Για την ασφαλή και επιτυχή εκτέλεση των πειραμάτων χημείας στο εργαστήριο **απαιτούνται απαραίτητως** τα παρακάτω:

- 1) Προστατευτικά γυαλιά εργαστηρίου
- 2) Γάντια εργαστηρίου τύπου latex
- 3) Λευκή ποδιά εργαστηρίου
- 4) Τετράδιο εργαστηριακών σημειώσεων
- 5) Υποχρεωτική παρουσία επιβλέποντα
- 6) Πολύ καλή προετοιμασία και μελέτη του τρέχοντος πειράματος
- 7) Υψηλός βαθμός συγκέντρωσης και προσοχής
- 8) Απόλυτη ησυχία και πειθαρχία
- 9) Επιμελής καθαριότητα και τακτοποίηση του εργαστηριακού πάγκου
- 10) Απομάκρυνση των χημικών αποβλήτων στο νεροχύτη με άφθονο τρεχούμενο νερό

Τα προαπαιτούμενα μαθήματα για την κατανοητή παρακολούθηση του εργαστηρίου είναι: Γενική Χημεία, Φυσικοχημεία I και Φυσικοχημεία II.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

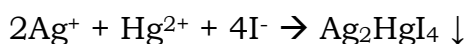
1. ΘΕΡΜΟΧΡΩΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ	5
2. ΑΝΑΓΩΓΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΒΟΡΟΥΪΔΡΙΔΙΟΥ	8
3. ΜΑΓΝΗΤΙΤΗΣ	11
4. ΓΡΑΦΕΝΙΟ	15
5. ΦΘΟΡΙΖΟΥΣΕΣ ΤΕΛΕΙΕΣ ΑΝΘΡΑΚΑ	18
6. ΑΝΘΡΑΚΟΠΟΙΗΣΗ	21
7. ΚΟΛΛΟΕΙΔΗΣ Au, Ag	23
8. ΠΟΛΥΜΕΡΗ	26
9. Ag: ΚΑΘΡΕΦΤΗΣ ΚΑΙ ΑΓΩΓΙΜΟ ΜΕΛΑΝΙ	33
10. ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΕΙΑ	36
11. ΓΥΑΛΙΑ	40
12. ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ	43
13. ΧΗΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ	49
14. ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ	55
15. ΧΗΜΙΚΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ	59
16. ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΑ	61
17. LASER	65
18. ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ	69
19. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΧΗΜΕΙΑΣ	72
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	77
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	78
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ	80

1. ΘΕΡΜΟΧΡΩΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

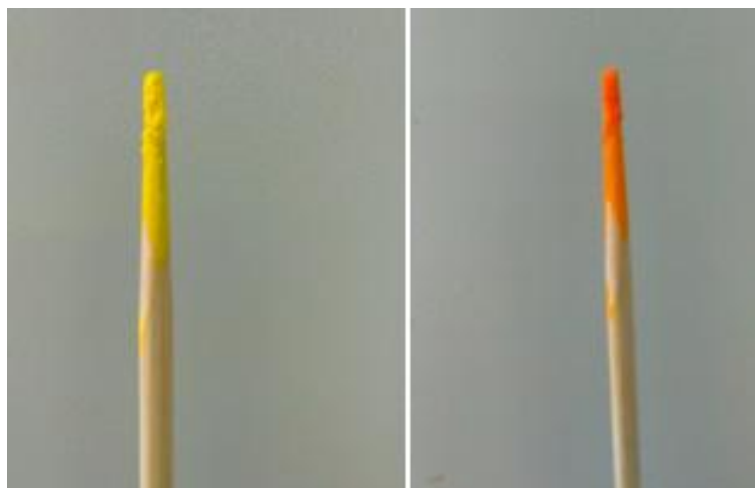
Τα θερμοχρωμικά υλικά αποτελούν μια ξεχωριστή κατηγορία στερεών τα οποία μεταβάλλουν τις οπτικές τους ιδιότητες (χρώμα) με αλλαγή της θερμοκρασίας. Η μεταβολή χρώματος είναι μια αντιστρεπτή διαδικασία που οφείλεται σε αλλαγή της κρυσταλλικής δομής των στερεών. Μερικές εφαρμογές αφορούν αισθητήρες θερμότητας σε μπαταρίες, υγρούς κρυστάλλους, θερμόμετρα και συσκευασίες τροφίμων. Από ιστορικής πλευράς, το φαινόμενο του θερμοχρωμισμού παρατηρήθηκε πρώτη φορά στα άλατα Ag_2HgI_4 και Cu_2HgI_4 τον 19^ο αιώνα. Παρακάτω περιγράφεται η σύνθεση και θερμοχρωμικές ιδιότητες των συγκεκριμένων αλάτων.

Ag_2HgI_4

Το θερμοχρωμικό υλικό Ag_2HgI_4 παρασκευάζεται σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση:

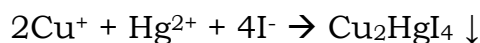


Αναλυτικότερα, 0.8 g HgCl_2 (πηγή ιόντων Hg^{2+}) διαλύθηκαν σε 30 ml νερό με τη βοήθεια υπερήχων και το διάλυμα που προέκυψε διηθήθηκε έτσι ώστε να απομακρυνθούν ίχνη αδιάλυτου στερεού. Στη συνέχεια, προστέθηκε υπό ανάδευση διάλυμα KI (2 g KI/20 ml νερό, πηγή ιόντων I^-). Αρχικά, παρατηρήθηκε σχηματισμός ιζήματος το οποίο διαλυτοποιήθηκε εντός λίγων δευτερολέπτων. Στο διάλυμα που προέκυψε προστέθηκε υπό ανάδευση 1 g AgNO_3 σε 20 ml νερό (πηγή ιόντων Ag^+). Αμέσως παρατηρήθηκε καταβύθιση κίτρινου ιζήματος Ag_2HgI_4 . Το ίζημα απομονώθηκε με φυγοκέντρηση (5000 rpm, 10 min) και πλύσιμο με νερό. Με απλή εμβάπτιση, μέρος της υδατικής πάστας του στερεού μεταφέρθηκε στην άκρη μιας ξύλινης ράβδου. Το στερεό ξηράθηκε σε θερμοκρασία δωματίου και ακολούθως θερμάνθηκε στους 100 °C για λίγα λεπτά. Η θέρμανση του υλικού προκαλεί αντιστρεπτή μεταβολή χρώματος από κίτρινο σε πορτοκαλί, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:

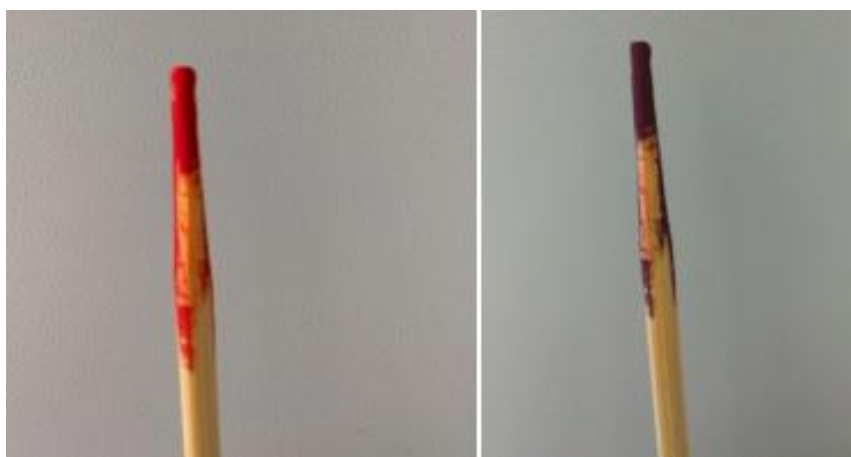


Cu₂HgI₄

Το θερμοχρωμικό υλικό Cu₂HgI₄ παρασκευάζεται σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση:

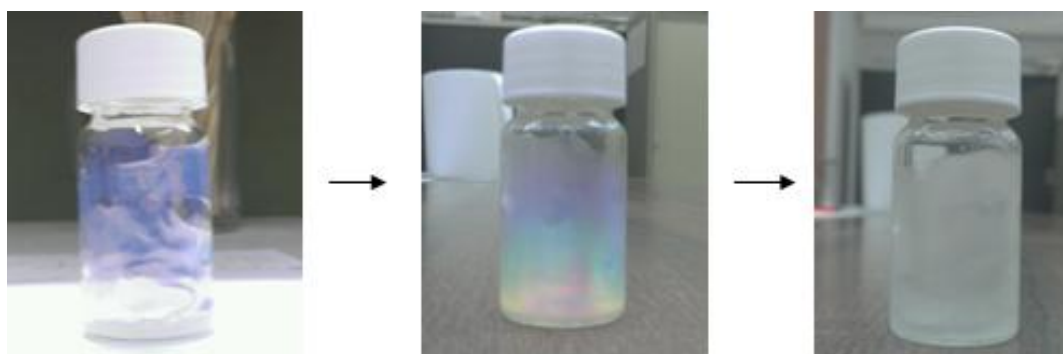


Αναλυτικότερα, 250 mg CuCl (πηγή ιόντων Cu⁺) και 271 mg HgCl₂ (πηγή ιόντων Hg²⁺) προστέθηκαν σε 40 ml νερό υπό ανάδευση. Στη συνέχεια, προστέθηκε διάλυμα KI (700 mg KI/10 ml νερό, πηγή ιόντων I⁻). Το μίγμα αναδεύτηκε για 15 min σε θερμοκρασία δωματίου. Μετά το πέρας 15 min, σχηματίστηκε κόκκινο-κεραμιδί στερεό Cu₂HgI₄. Το στερεό απομονώθηκε με απλή καθίζηση και πλύσιμο με νερό και ακετόνη. Με απλή εμβάπτιση, μέρος της πάστας του στερεού με ακετόνη μεταφέρθηκε στην άκρη μιας ξύλινης ράβδου. Το στερεό ξηράθηκε σε θερμοκρασία δωματίου και ακολούθως θερμάνθηκε στους 100 °C για λίγα λεπτά. Η θέρμανση του υλικού προκαλεί αντιστρεπτή μεταβολή χρώματος από κόκκινο-κεραμιδί σε σκούρο καφέ (maroon), όπως απεικονίζεται παρακάτω:



Λίγα λόγια για τους υγρούς κρυστάλλους

Οι υγροί κρύσταλλοι LC (Liquid Crystals) αποτελούν μια μοντέρνα κατηγορία θερμοχρωμικών υλικών που παρουσιάζουν ποικιλία χρωματισμών με μικρές μεταβολές της θερμοκρασίας ($0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Από χημική άποψη οι υγροί κρύσταλλοι είναι μίγματα παραγώγων της χοληστερίνης. Τα παράγωγα χοληστερίνης είναι λευκά ή άχρωμα. Ωστόσο, εμφανίζουν ποικιλία χρωματισμών σε διαφορετικές θερμοκρασίες λόγω σκέδασης φωτός. Μία ενδεικτική σύσταση μίγματος LC είναι: 0.65 g ολεϊκή χοληστερίνη, 0.25 g πελαργονική χοληστερίνη και 0.10 g βενζοϊκή χοληστερίνη. Το μίγμα μεταφέρθηκε σε γυάλινο φιαλίδιο των 20 ml και τήχθηκε στους $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ για 30 min εντός πυριαντηρίου. Με τήξη προκύπτει ένα οπτικά διαφανές, άχρωμο έλαιο. Το έλαιο απομακρύνθηκε από το πυριαντήριο και απλώθηκε ομοιόμορφα στα τοιχώματα του δοχείου. Ακολούθως αφέθηκε προς αργή ψύξη σε θερμοκρασία $\leq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Στη διάρκεια της ψύξης παρατηρήθηκαν εντυπωσιακοί χρωματισμοί όπως φαίνεται παρακάτω:



Μετά τη ψύξη του μίγματος LC σε θερμοκρασία $\leq 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ τοποθετήθηκε ο αντίχειρας του χεριού στα τοιχώματα του φιαλιδίου. Άμεσα αναπτύχθηκε το θερμικό αποτύπωμα του αντίχειρα:



Με βάση το νόμο Wien ($\lambda = c/T$, c : σταθερά) το μπλε χρώμα αντιστοιχεί στις θερμότερες περιοχές ενώ το κόκκινο στις ψυχρότερες.

2. ΑΝΑΓΩΓΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ ΒΟΡΟΪΔΡΙΔΙΟΥ

Στην κλασική μεταλλουργία η ανάκτηση ενός μετάλλου από τα ορυκτά του γίνεται μέσω αντιδράσεων στην στερεά κατάσταση σε υψηλές θερμοκρασίες (> 500 °C). Η αναγωγική μέθοδος του βοροϋδριδίου αναπτύχθηκε κατά τη διάρκεια του δεύτερου παγκοσμίου πολέμου στα πλαίσια του project Manhattan, και είχε ως σκοπό την ανάκτηση μετάλλων από τα άλατά τους στην υδατική φάση σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση αναγωγής:



όπου ως πηγή ιόντων M^{n+} χρησιμοποιούνται ευδιάλυτα μεταλλικά άλατα και ως πηγή υδριδίου το $NaBH_4$. Συγκριτικά με την κλασική μεταλλουργία, η νέα μέθοδος επιτρέπει τη σύνθεση μετάλλων από τα άλατά τους εύκολα και γρήγορα σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Παρακάτω, εφαρμόζοντας τη μέθοδο του βοροϋδριδίου, παρασκευάζουμε τα κύρια μαγνητικά μέταλλα Fe, Co και Ni και συγκρίνουμε μακροσκοπικά τις μαγνητικές τους ιδιότητες.

Fe

Για την παρασκευή μεταλλικού Fe, 50 mg $FeCl_3$ (πηγή ιόντων Fe^{3+}) διαλύθηκαν σε 5 ml νερό. Στο κίτρινο διάλυμα που προέκυψε προσθέσαμε σταγόνην υδατικό διάλυμα $NaBH_4$ (30 mg $NaBH_4$ /ml, πηγή υδριδίου). Αμέσως σχηματίστηκε μαύρο στερεό (μεταλλικός Fe) με ταυτόχρονη έκλυση αέριου H_2 . Μετά τη διακοπή έκλυσης αέριου υδρογόνου (10-15 min), το στερεό έλκεται ακαριαία από εξωτερικό μαγνήτη Nd, όπως φαίνεται παρακάτω:



Co

Για την παρασκευή μεταλλικού Co, 50 mg CoCl_2 (πηγή ιόντων Co^{2+}) διαλύθηκαν σε 5 ml νερό. Στο ροδίζον διάλυμα που προέκυψε προσθέσαμε σταγόνην υδατικό διάλυμα NaBH_4 (30 mg NaBH_4/ml , πηγή υδριδίου). Αμέσως σχηματίστηκε μαύρο στερεό (μεταλλικό Co) με ταυτόχρονη έκλυση αέριου H_2 . Μετά τη διακοπή έκλυσης αέριου υδρογόνου (10-15 min), το στερεό έλκεται ελαφρώς από εξωτερικό μαγνήτη Nd, όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα:



Ni

Για την παρασκευή μεταλλικού Ni, 50 mg $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ (πηγή ιόντων Ni^{2+}) διαλύθηκαν σε 5 ml νερό. Στο πράσινο διάλυμα που προέκυψε προσθέσαμε σταγόνην υδατικό διάλυμα NaBH_4 (30 mg NaBH_4/ml , πηγή υδριδίου). Αμέσως σχηματίστηκε μαύρο στερεό (μεταλλικό Ni) με ταυτόχρονη έκλυση αέριου H_2 . Μετά τη διακοπή έκλυσης αέριου υδρογόνου (10-15 min), το στερεό δεν έλκεται από εξωτερικό μαγνήτη Nd, όπως απεικονίζεται παρακάτω:



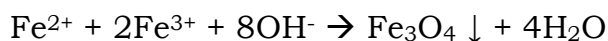
Συγκριτική μελέτη

Σύμφωνα με τα παραπάνω, συμπεραίνουμε ότι οι μαγνητικές ιδιότητες των μετάλλων μεταβάλλονται κατά αύξουσα σειρά: $\text{Fe} > \text{Co} > \text{Ni}$. Η σειρά αυτή ερμηνεύεται βάσει της ηλεκτρονικής δομής των στοιχείων: $\text{Fe} [\text{Ar}]3d^64s^2$, $\text{Co} [\text{Ar}]3d^74s^2$ και $\text{Ni} [\text{Ar}]3d^84s^2$. Στην περίπτωση του Fe έχουμε τέσσερα ασύζευκτα ηλεκτρόνια, στο Co τρία ασύζευκτα ηλεκτρόνια και στο Ni μόνο δύο. Η μαγνητική ροπή μ των ατόμων λόγω spin δίνεται από τη σχέση: $\mu = \sqrt{n(n+2)}$, όπου n ο αριθμός των ασύζευκτων ηλεκτρονίων. Επομένως, όσο περισσότερα τα ασύζευκτα ηλεκτρόνια των ατόμων τόσο μεγαλύτερη η μαγνητική τους ροπή, δηλαδή $\mu_{\text{Fe}} > \mu_{\text{Co}} > \mu_{\text{Ni}}$.

Σημείωση: Η μέθοδος του βοροϋδριδίου οδηγεί σε μεταλλικά νανοσωματίδια σφαιρικού σχήματος με μέγεθος 10-20 nm. Λόγω του φαινομένου του κβαντικού μεγέθους οι μαγνητικές ιδιότητες των μετάλλων υπολείπονται των δειγμάτων αναφοράς (bulk υλικά). Επιπλέον, η εισαγωγή μικρού ποσοστού βορίου στο πλέγμα των μετάλλων συμβάλλει και αυτή στην εξασθένιση των μαγνητικών ιδιοτήτων. Η επίδραση και των δύο παραγόντων γίνεται εμφανής στην περίπτωση του Ni όπου παρατηρείται απώλεια της μαγνήτισης σε θερμοκρασία δωματίου.

3. ΜΑΓΝΗΤΙΤΗΣ

Ο μαγνητίτης Fe_3O_4 είναι ένα από τα σημαντικότερα μαγνητικά οξείδια του σιδήρου. Μερικές εφαρμογές σχετίζονται με την καταλυτική παρασκευή αμμωνίας, τους μετασχηματιστές, τη μαγνητική καταγραφή δεδομένων και την ιατρική (υπερθερμία, μαγνητική τομογραφία). Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η σύνθεση μαγνητίτη (Fe_3O_4) μέσω αλκαλικής συγκαταβύθισης ιόντων δισθενούς και τρισθενούς σιδήρου, σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση:



όπου ως πηγή ιόντων σιδήρου χρησιμοποιείται το άλας FeSO_4 και ως πηγή υδροξυλίων η αμμωνία. Να σημειωθεί ότι το άλας FeSO_4 είναι πηγή ιόντων δισθενούς σιδήρου (Fe^{2+}). Ωστόσο, μερική οξείδωση του Fe^{2+} προς Fe^{3+} στην υδατική φάση παρέχει την απαραίτητη ποσότητα ιόντων τρισθενούς σιδήρου στο διάλυμα. Παρακάτω οι μαγνητικές ιδιότητες του μαγνητίτη ερμηνεύονται βάσει της δομής αντίστροφου σπινελίου.

Fe_3O_4

Για την παρασκευή μαγνητίτη, 2 g FeSO_4 (πηγή ιόντων σιδήρου) διαλύθηκαν σε 40 ml νερό με ήπια ανάδευση. Στο διάλυμα που προέκυψε προστέθηκαν 10 ml πυκνής NH_3 25% (πηγή υδροξυλίων) υπό έντονη ανάδευση. Αμέσως καταβυθίστηκε πράσινο στερεό $\text{Fe}(\text{OH})_2$ το οποίο μετά από ανάδευση μίας ώρας μετατράπηκε σε μαύρο μαγνητικό στερεό (Fe_3O_4), λόγω σταδιακής οξείδωσης στον αέρα. Το μαύρο στερεό απομονώθηκε με τη βοήθεια εξωτερικού μαγνήτη και πλύθηκε 4 φορές με 40 ml νερό. Ακολουθώς μεταφέρθηκε σε γυάλινο φιαλίδιο και ξεπλύνθηκε 3 φορές με 20 ml ακετόνης. Το ίζημα διασπάρθηκε σε λίγη ακετόνη, απλώθηκε σε καψάκι αλουμινίου και ξηράθηκε σε θερμοκρασία δωματίου εντός απαγωγού (45 min). Μετά τη ξήρανση προέκυψαν στερεά κομμάτια Fe_3O_4 που έλκονται ισχυρά από εξωτερικό μαγνήτη Nd, όπως φαίνεται παρακάτω:



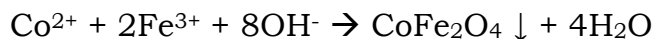
Ερμηνεία μαγνητικών ιδιοτήτων

Τα σπινέλια έχουν τη γενική στοιχειομετρία $A^tB_2^oO_4$, όπου ιόντα A^{2+} καταλαμβάνουν τετραεδρικές θέσεις (t) ενώ ιόντα B^{3+} οκταεδρικές (o). Στην περίπτωση του μαγνητίτη η θεωρητική στοιχειομετρία είναι $(Fe^{2+})^t(Fe^{3+}_2)^oO_4$ (A: Fe^{2+} , B: Fe^{3+}). Επειδή ο δισθενής σίδηρος σταθεροποιείται καλύτερα σε οκταεδρικές θέσεις, παρατηρείται ανταλλαγή μεταξύ Fe^{3+} και Fe^{2+} προς το σχηματισμό του αντίστροφου σπινελίου $(Fe^{3+})^t(Fe^{2+}, Fe^{3+})^oO_4$. Τα ιόντα Fe^{2+} και Fe^{3+} έχουν ηλεκτρονική δομή $[Ar]3d^6$ και $[Ar]3d^5$ αντίστοιχα, επομένως παρουσιάζουν μαγνητική ροπή spin λόγω ασύζευκτων ηλεκτρονίων. Όμως, οι μαγνητικές ροπές των τετραεδρικών και οκταεδρικών ιόντων Fe^{3+} αλληλοαναιρούνται μεταξύ τους, οπότε η μαγνήτιση του Fe_3O_4 οφείλεται στη μαγνητική ροπή του οκταεδρικού ιόντος Fe^{2+} .

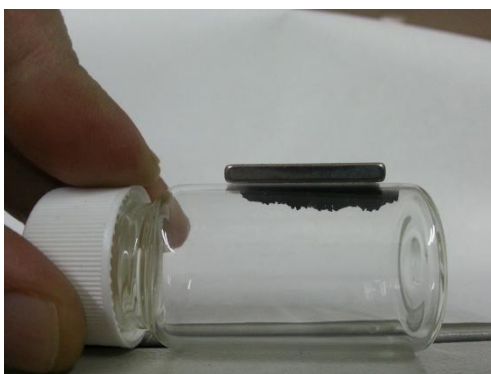
Σημείωση: Εναλλακτικά, ο μαγνητίτης μπορεί να παρασκευασθεί με αλκαλική συγκαταβύθιση ιόντων Fe^{2+} και Fe^{3+} σε νερό (αναλογία mole $Fe^{2+}/Fe^{3+} = 1:2$). Αναλυτικά, 540 mg $FeCl_3$ και 280 mg $FeSO_4$ διαλύθηκαν σε 20 ml νερό. Στο διάλυμα που προέκυψε προστέθηκαν 2.5 g NaOH διαλυμένα σε 30 ml νερό. Το ίζημα που καταβυθίστηκε αφέθηκε σε ηρεμία για 15 min. Το στερεό απομονώθηκε με φυγοκέντρηση (5000 rpm, 5 min) και πλύσιμο 3 φορές με 50 ml νερό και 2 φορές με 50 ml ακετόνη. Η πάστα μαγνητίτη διασπάρθηκε σε 20 ml ακετόνη, μεταφέρθηκε σε αλουμινένιο καψάκι και ξηράθηκε σε θερμοκρασία δωματίου.

Λίγα λόγια για το φερρίτη κοβαλτίου: CoFe_2O_4

Ο φερρίτης κοβαλτίου CoFe_2O_4 προκύπτει από το μαγνητίτη (FeFe_2O_4) με αντικατάσταση του δισθενούς σιδήρου Fe^{2+} από ιόντα Co^{2+} . Παρασκευάζεται παρόμοια με το μαγνητίτη σύμφωνα με την αντίδραση συγκαταβύθισης:



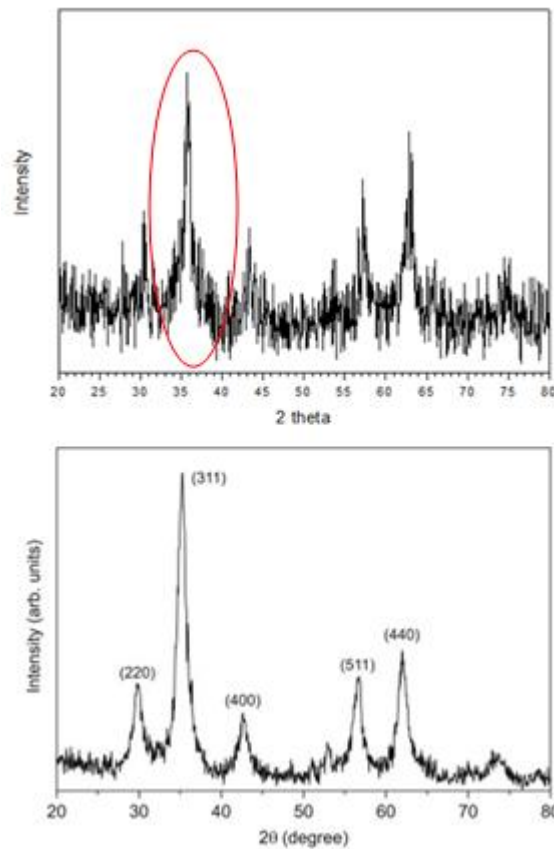
540 mg FeCl_3 και 290 mg $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ διαλύθηκαν σε 200 ml νερό. Στο διάλυμα που προέκυψε προστέθηκε 1 ml πυκνό HCl (37 %) και ακολούθησε θέρμανση μέχρι βρασμού. Στο βραστό διάλυμα προστέθηκε γρήγορα υδατικό διάλυμα NaOH (5 g/20 ml νερό) υπό έντονη ανάδευση. Αμέσως καταβυθίστηκε ίζημα το οποίο και αναδεύτηκε για 10 s. Το στερεό φυγοκεντρήθηκε (5000 rpm, 5 min) και πλύθηκε 3 φορές με 50 ml νερό και 2 φορές με 50 ml ακετόνη. Η πάστα φερρίτη διασπάρθηκε σε 20 ml ακετόνη, μεταφέρθηκε σε αλουμινένιο καψάκι και ξηράθηκε σε θερμοκρασία δωματίου. Μετά τη ξήρανση προέκυψε μαγνητικό στερεό CoFe_2O_4 :



Ο φερρίτης κοβαλτίου CoFe_2O_4 έχει δομή αντίστροφου σπινελίου $(\text{Fe}^{3+})^t(\text{Co}^{2+}, \text{Fe}^{3+})^o\text{O}_4$. Όπως στην περίπτωση του μαγνητίτη, η μαγνήτιση του στερεού οφείλεται στη μαγνητική ροπή του οκταεδρικού ιόντος Co^{2+} με ηλεκτρονική δομή $[\text{Ar}]3d^7$.

Λίγα λόγια για την εξίσωση Scherrer

Εφαρμόσαμε την εξίσωση Scherrer για τον προσδιορισμό του μεγέθους σφαιρικών σωματιδίων φερρίτη κοβαλτίου (CoFe_2O_4). Αυτό έγινε με τη βοήθεια του πειραματικού διαγράμματος ακτίνων X του υλικού που παρασκευάστηκε παραπάνω (άνω εικόνα). Στο ίδιο σχήμα παραθέτουμε επίσης το αντίστοιχο θεωρητικό διάγραμμα (κάτω εικόνα):



Συγκρίνοντας το πειραματικό διάγραμμα με το θεωρητικό παρατηρούμε ταύτιση ανακλάσεων, επιβεβαιώνοντας έτσι το σχηματισμό κρυσταλλικού CoFe_2O_4 . Στη συνέχεια επιλέγουμε την κορυφή του διαγράμματος με τη μέγιστη ένταση ώστε να εξάγουμε τις παραμέτρους που θα χρησιμοποιήσουμε στην εξίσωση Scherrer (εντός κόκκινου κύκλου, ανάκλαση 311). Το ημιεύρος ισούται με $B_{1/2} = 0.75^\circ$ ή 0.0131 rad . Το μήκος κύματος των ακτίνων X ισούται με $\lambda = 1.54 \text{ \AA}$, ενώ η γωνία που εντοπίζεται το μέγιστο της ανάκλασης είναι $2\theta = 35.77^\circ$ ($\theta = 17.89^\circ$). Από τα παραπάνω δεδομένα προκύπτει:

$$d = \frac{0,9 \cdot \lambda}{B_{\frac{1}{2}} \cdot \cos(\theta)} = \frac{0,9 \cdot 1.54}{0.0131 \cdot \cos(17.89)} \cong 110 \text{ \AA}$$

Άρα τα σωματίδια του φερριτή κοβαλτίου έχουν διάμετρο 11 nm.

4. ΓΡΑΦΕΝΙΟ

Το γραφένιο είναι ένας ατομικός κρύσταλλος φτιαγμένος από συμπτυκνωμένους δακτυλίους βενζολίου σε κυψελοειδή δομή. Θεωρείται μία από τις σημαντικότερες αλλοτροπικές μορφές άνθρακα και η ανακάλυψή του το 2004 οδήγησε στην απονομή βραβείου Nobel Φυσικής το 2010. Το γραφένιο παρουσιάζει ενδιαφέρουσες ηλεκτρονικές ιδιότητες χάριν των οποίων ενδέχεται να αντικαταστήσει το πυρίτιο (Si) σε τεχνολογίες αιχμής ως πιο ελαφρύ και φθηνό υλικό. Ως κύρια πηγή γραφενίου χρησιμοποιείται ο γραφίτης που αποτελείται από πολλά φύλλα αγωγίμου γραφενίου σε επάλληλη διάταξη. Στην παρούσα εργαστηριακή άσκηση παρασκευάζεται κολλοειδής διασπορά γραφενίου μέσω αποφυλλοποίησης του γραφίτη στην υγρή φάση με τη βοήθεια υπερήχων. Η μέθοδος οδηγεί σε γραφένια υψηλής ποιότητας κατάλληλα για ηλεκτρονικές εφαρμογές. Επιπλέον, η διασπορά του γραφενίου επιτρέπει τη χρήση του σε διαδικασίες ανάμιξης με πολυμερή (σύνθετα υλικά), υγρής χημείας (επιφανειακή τροποποίηση) και εναπόθεσης λεπτών υμενίων (thin films). Τέλος, γίνεται πρακτική επίδειξη των ηλεκτρονικών ιδιοτήτων του γραφενίου μέσω του κυκλώματος γραφίτη ή λαμπτήρα γραφίτη.

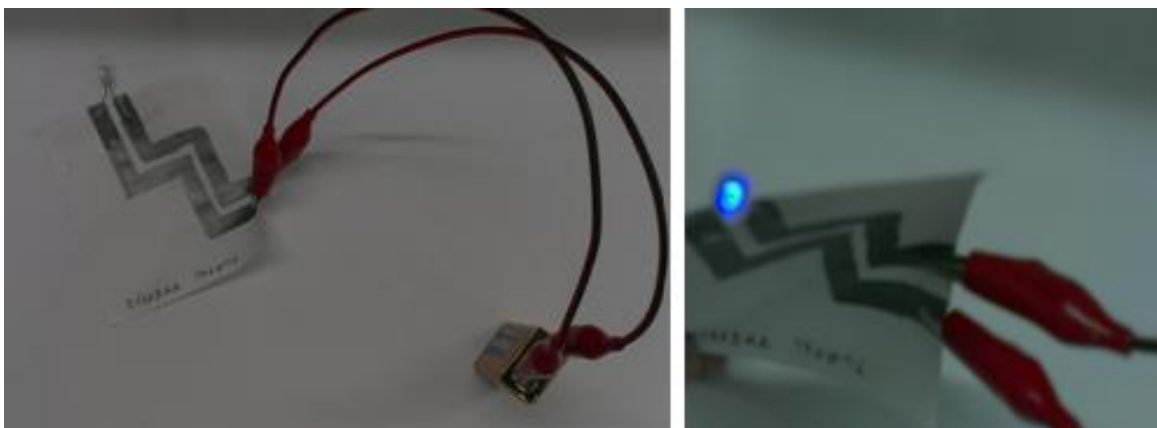
Κολλοειδές γραφένιο

Για την αποφυλλοποίηση του γραφίτη στην υγρή φάση χρησιμοποιήθηκε ο διαλύτης διμεθυλοφορμαμίδιο (DMF). Συγκεκριμένα, 250 mg γραφίτη διασπάθηκαν σε 50 ml DMF με τη βοήθεια υπερήχων για 2 ώρες. Η διασπορά αφέθηκε σε ηρεμία για μία ημέρα οπότε και έγινε συλλογή του υπερκείμενου υγρού. Το υπερκείμενο υγρό φυγοκεντρήθηκε στις 1500 rpm για 20 min. Μετά το πέρας της φυγοκέντρωσης απομονώθηκε πυκνή διασπορά γραφενίου μαύρου χρώματος (βλ. εικόνα αριστερά). Η διασπορά αραιώθηκε 1:5 με DMF. Στο αραιωμένο κολλοειδές, με τη χρήση laser, παρατηρείται το φαινόμενο σκέδασης Tyndall (βλ. εικόνα δεξιά). Ο καθαρός διαλύτης (DMF) δείχνει ασθενή σκέδαση συγκριτικά με το κολλοειδές.



Κύκλωμα γραφίτη

Κατ' αναλογία με τα συμβατικά κυκλώματα χαλκού σε πλαστικό, οι ηλεκτρονικές ιδιότητες του γραφενίου αποδεικνύονται με το κύκλωμα γραφίτη σε χαρτί. Για το σκοπό αυτό με ένα μολύβι (πηγή γραφίτη) σχεδιάζουμε με παχιές γραμμές ένα τυχαίο κύκλωμα σε χαρτί. Η έξοδος του κυκλώματος συνδέεται με φωτάκι LED μπλε χρώματος ενώ η είσοδος με μπαταρία των 9V (η πολικότητα της σύνδεσης είναι σημαντική για τη λειτουργία του LED). Με την κατάλληλη σύνδεση, το ηλεκτρικό ρεύμα διαρρέει το κύκλωμα προκαλώντας την ακτινοβολήση του LED. Η παραπάνω συνδεσμολογία παρουσιάζεται στην επόμενη εικόνα:



Λαμπτήρας γραφίτη

Λεπτή ράβδος γραφίτη (π.χ. μολυβιού) συνδέθηκε με τους πόλους μπαταρίας 12 V αφού προηγουμένως είχε καλυφθεί με γυάλινο βάζο για τη δυνατόν καλύτερη προστασία της από τον αέρα. Η διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος προκαλεί πυράκτωση της ράβδου όπως φαίνεται παρακάτω:



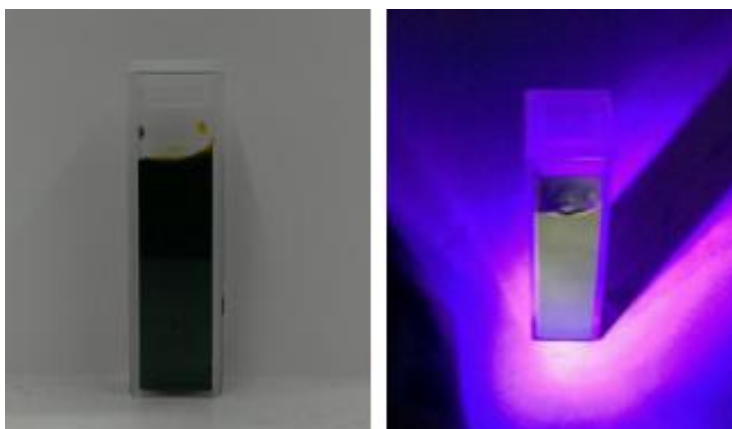
Η πυράκτωση οφείλεται στην αντίσταση του γραφιτικού “νήματος” που ελευθερώνει ενέργεια ισχύος $P = I^2R$. Το φαινόμενο συνοδεύεται από έκλυση καπνών λόγω καύσης του γραφίτη. Η πυράκτωση του “νήματος” σε συνδυασμό με την καύση του οδηγούν σε ανάφλεξη μετά από λίγα δευτερόλεπτα. Μόλις παρατηρηθεί ανάφλεξη γίνεται άμεση αποσύνδεση της μπαταρίας ενώ η ράβδος συνεχίζει να φωτοβολεί καθώς ψύχεται. Ο γυάλινος κλωβός σε συνδυασμό με το “νήμα” γραφίτη λειτουργεί πρακτικά ως λαμπτήρας. Επιπλέον, επειδή η βασική δομική μονάδα του γραφίτη είναι το γραφένιο ο λαμπτήρας γραφίτη μπορεί να θεωρηθεί και ως λαμπτήρας γραφενίου.

5. ΦΘΟΡΙΖΟΥΣΕΣ ΤΕΛΕΙΕΣ ΑΝΘΡΑΚΑ

Οι τελείες άνθρακα (C-dots) αποτελούν μια εναλλακτική κατηγορία φθορίζόντων υλικών αντί των τοξικών χαλκογενιδίων των βαρέων μετάλλων (CdSe, CdTe). Διακρίνονται από τα εξής κύρια χαρακτηριστικά: i) είναι σφαιρικά νανοσωματίδια με μέγεθος μικρότερο των 10 nm, ii) είναι τροποποιημένα στην επιφάνεια με υδρόφιλες ομάδες που παρέχουν διαλυτότητα στο νερό και iii) εμφανίζουν φθορισμό στο ορατό με διέγερση στο υπεριώδες φως (UV). Οι τελείες άνθρακα βρίσκουν εφαρμογή στη φωτοκατάλυση, στην επισήμανση κυττάρων, στα φθορίζοντα μελάνια και στα laser. Ένα ενδιαφέρον παράδειγμα είναι η σύνθεση τελείων άνθρακα από κιτρικό οξύ και ουρία μέσω χημείας μικροκυμάτων. Στην περίπτωση αυτή το κιτρικό οξύ παρέχει την πηγή άνθρακα, η ουρία τις υδρόφιλες αμινο-ομάδες (-NH₂) στην επιφάνεια των C-dots και τα μικροκύματα την απαραίτητη ενέργεια για γρήγορη ανθρακοποίηση μέσω ακτινοβολήσης.

C-dots

Για την παρασκευή των τελείων άνθρακα, 3 g κιτρικού οξέος C₆H₈O₇ (πηγή άνθρακα) και 3 g ουρίας CO(NH₂)₂ (πηγή επιφανειακών ομάδων -NH₂) διαλύθηκαν σε 10 ml νερό. Το διάλυμα μεταφέρθηκε σε φούρνο μικροκυμάτων και ακτινοβολήθηκε για 5 min (700 W). Στο ανθρακοποιημένο στερεό που προέκυψε προστέθηκαν 25 ml νερό για την εκχύλιση των διαλυτών C-dots. Ακολούθως, το καστανόχρωμο διάλυμα διηθήθηκε για την απομάκρυνση αδιάλυτων υπολειμμάτων. Μέρος του διαλύματος συλλέχθηκε σε κυψελίδα 1 cm για την παρατήρηση του φαινομένου του φθορισμού στο σκοτάδι παρουσία UV:

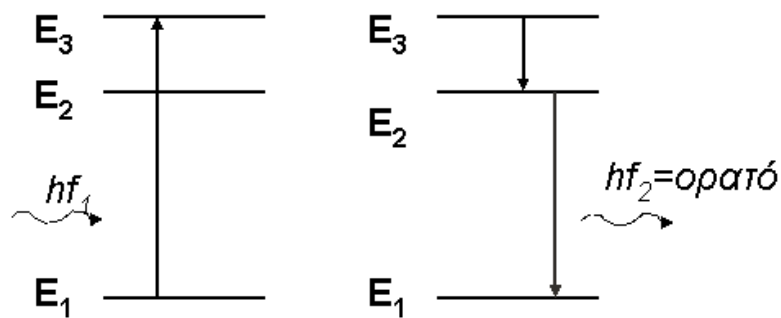


Το διάλυμα των C-dots μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως φθορίζων μελάνι παρόμοια με τους μαρκαδόρους επισήμανσης (highlight markers). Για το σκοπό αυτό γράφουμε με πινέλο ένα σχέδιο σε χαρτοπετσέτα. Ακολούθως, το σχέδιο εκτίθεται σε UV στο σκοτάδι:



Λίγα λόγια για το φθορισμό

Ο φθορισμός είναι φαινόμενο εκπομπής φωτός μετά από ακτινοβολήση της ύλης. Έστω το παρακάτω ενεργειακό διάγραμμα:



όπου hf_1 είναι η ακτινοβολία διέγερσης και hf_2 το φως εκπομπής. Κατά τη μετάβαση από την ενεργειακή κατάσταση E_1 στην E_3 απορροφάται ενέργεια hf_1 . Στη συνέχεια, το σύστημα αποδιεγείρεται θερμικά στη γειτονική κατάσταση E_2 και ακολούθως στη βασική κατάσταση E_1 μέσω εκπομπής φωτός hf_2 . Επομένως το μήκος κύματος διέγερσης είναι μικρότερο του μήκους κύματος εκπομπής ($hf_1 > hf_2 \Rightarrow \lambda_1 < \lambda_2$). Συγκεκριμένα, στην περίπτωση των C-dots η διέγερση γίνεται στο UV ενώ η αποδιέγερση στο

ορατό (πράσινο). Άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το νερό τόνικ Schweppes το οποίο φθορίζει λόγω της κινίνης που περιέχει:



6. ΑΝΘΡΑΚΟΠΟΙΗΣΗ

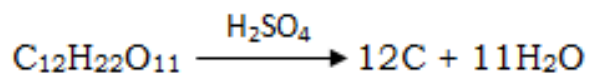
Η ανθρακοποίηση σχετίζεται με τη μετατροπή οργανικών ενώσεων σε άνθρακα μετά από πυρόλυση. Ωστόσο, πολλές οργανικές ενώσεις μπορούν εύκολα να ανθρακοποιηθούν με την επίδραση ισχυρών οξέων όπως το θειικό οξύ (H_2SO_4). Κλασικά παραδείγματα αποτελούν η ζάχαρη ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) και η 4-νιτροανιλίνη ($\text{C}_6\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_2$). Η προσθήκη θειικού οξέος στη ζάχαρη οδηγεί σε πορώδη μονόλιθο άνθρακα εντυπωσιακών διαστάσεων. Στην περίπτωση της 4-νιτροανιλίνης, το θειικό οξύ προκαλεί την “εκρηκτική” ανθρακοποίηση της ένωσης και το σχηματισμό αφρού άνθρακα. Τα πειράματα ανθρακοποίησης με θειικό οξύ παρουσιάζονται παρακάτω.

Ζάχαρη

70 g ζάχαρης ζυγίστηκαν εντός ποτηριού ζέσεως των 250 ml και προστέθηκαν 70 ml πυκνού θειικού οξέος. Το μίγμα αναδεύτηκε καλά με υάλινη ράβδο και αφέθηκε σε ηρεμία. Μετά από λίγο (1-6 min) αναδύθηκε μέσα από το ποτήρι πορώδης μονόλιθος άνθρακα εντυπωσιακών διαστάσεων:



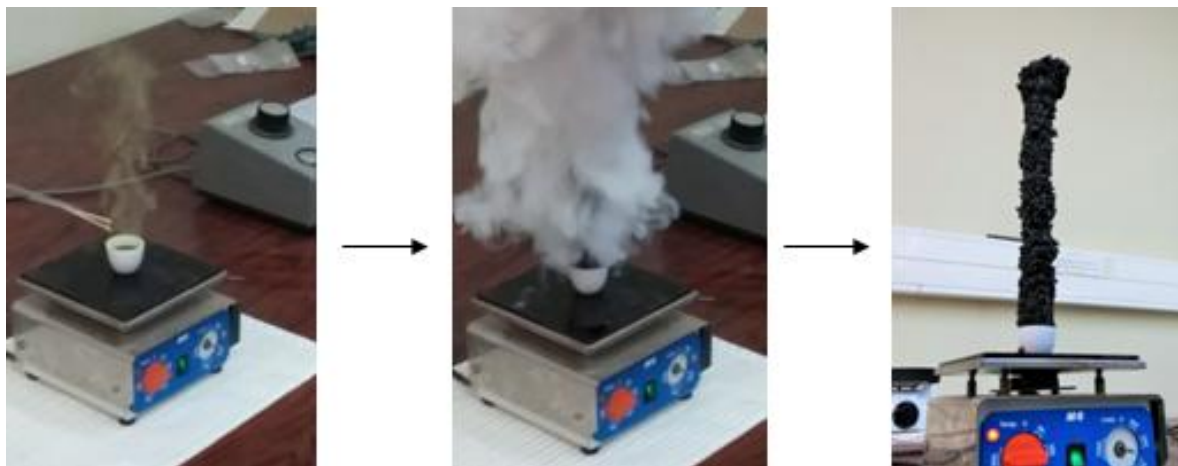
Η αντίδραση ανθρακοποίησης είναι εξώθερμη και εκλύει υδρατμούς λόγω αφυδάτωσης της ζάχαρης:



Η έντονη έκλυση υδρατμών έχει ως αποτέλεσμα τη διόγκωση του υλικού και τη δημιουργία πορώδους υφής. Ο πορώδης μονόλιθος άνθρακα θα μπορούσε να βρει εφαρμογή σε φίλτρα νερού μετά από καλή έκπλυση. Επιπλέον, εναπόθεση νανοσωματιδίων Ag στη μήτρα άνθρακα είναι δυνατόν να οδηγήσει σε αντιμικροβιακά φίλτρα νερού.

4-Νιτροανιλίνη

1 g 4-νιτροανιλίνη ζυγίστηκε σε καψάκι πορσελάνης διαστάσεων HxD 2.8 cm x 3.5 cm και προστέθηκε 0.5 ml πυκνού θειικού οξέος. Το μίγμα θερμάνθηκε σε πλάκα προς τήξη της οργανικής ένωσης και ανάμιξή της με το θειικό οξύ. Μετά από λίγο παρατηρήθηκε έντονη έκλυση καπνών και ο ακαριαίος σχηματισμός αφρού άνθρακα σε κατακόρυφη ανάπτυξη:



Ο αφρός άνθρακα προκύπτει από την αντίδραση:



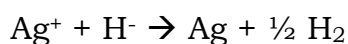
Η γρήγορη θέρμανση του μίγματος $\text{C}_6\text{H}_6\text{N}_2\text{O}_2\text{-H}_2\text{SO}_4$ οδηγεί σε απότομη έκλυση αερίων H_2O , N_2 και SO_2 προκαλώντας την κατακόρυφη διόγκωση του αφρού. Ο αφρώδης άνθρακας θα μπορούσε να βρει εφαρμογή σε θερμομονωτικά υλικά και φίλτρα προσρόφησης αερίων ρύπων.

7. ΚΟΛΛΟΕΙΔΗΣ Au, Ag

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζεται η σύνθεση κολλοειδών διασπορών νανοσωματιδίων Au και Ag σε νερό με σκοπό την παρατήρηση των οπτικών ιδιοτήτων τους συναρτήσει του μεγέθους (φαινόμενο κβαντικού μεγέθους ή quantum size effect). Παραδείγματος χάριν, μια ράβδος χρυσού ή αργύρου έχει χαρακτηριστικό χρώμα που οφείλεται στις γιγαντιαίες διαστάσεις του μεταλλικού πλέγματος της ράβδου (δείγμα αναφοράς ή bulk, >100 nm). Ωστόσο, στην περίπτωση νανοσωματιδίων Au και Ag με πολύ μικρότερες διαστάσεις πλέγματος (20 nm) παρατηρούνται δραστικές χρωματικές αλλαγές λόγω του φαινομένου κβαντικού μεγέθους: ο χρυσός εμφανίζεται κόκκινος και ο άργυρος κίτρινος. Το κολλοειδές χρυσού παρασκευάζεται με αναγωγή αλάτων χρυσού (AuCl₃ ως πηγή ιόντων Au³⁺) από κιτρικά ιόντα σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση (μέθοδος Turkevich):



Αντίθετα, ο κολλοειδής άργυρος παρασκευάζεται με την αναγωγική μέθοδο του βοροϋδριδίου (πηγή H⁻) βάσει της αντίδρασης:

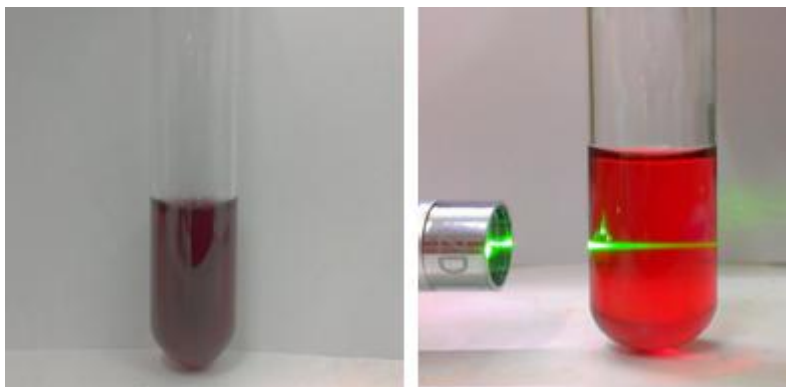


όπου ως πηγή ιόντων Ag⁺ χρησιμοποιείται το άλας AgNO₃. Στην περίπτωση του χρυσού, το κολλοειδές σταθεροποιείται μέσω προσρόφησης κιτρικών ανιόντων στην επιφάνεια των νανοσωματιδίων προσδίδοντάς τους αρνητικό φορτίο. Λόγω του αρνητικού φορτίου αναπτύσσονται ισχυρές ηλεκτροστατικές απώσεις μεταξύ των σωματιδίων που βοηθάνε τη διασπορά τους στην υδατική φάση. Ο ίδιος μηχανισμός σταθεροποίησης ισχύει και για τον κολλοειδή άργυρο όπου το αρνητικό φορτίο προκύπτει από την προσρόφηση ανιόντων BH₄⁻ στην επιφάνεια των σωματιδίων. Τα κολλοειδή χρυσού βρίσκουν εφαρμογές στην ιατρική και στα διαγνωστικά τεστ ενώ ο κολλοειδής άργυρος είναι γνωστός για την ισχυρή αντιβακτηριδιακή του δράση.

Κολλοειδής Au

Για την παρασκευή του κολλοειδούς Au ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία: 2 ml υδατικού διαλύματος AuCl₃ (1 mg/ml) προστέθηκαν σε 20 ml νερό. Το

διάλυμα θερμάνθηκε μέχρι βρασμού και ακολούθησε γρήγορη προσθήκη 5 ml υδατικού διαλύματος κιτρικού νατρίου (πηγή κιτρικών ιόντων, 2 mg/ml) υπό ανάδευση. Το διάλυμα που προέκυψε υποβλήθηκε σε βρασμό για 15 min. Μετά το τέλος της αντίδρασης σχηματίστηκε κόκκινο κολλοειδές διάλυμα Au (~10 ml) στο οποίο παρατηρήθηκε το φαινόμενο σκέδασης Tyndall μετά από αραιώση με νερό (1:2):



Ακολούθως, προσθήκη μικρής ποσότητας στερεού NaCl στο κολλοειδές διάλυμα Au προκαλεί μεταβολή χρώματος από κόκκινο σε μπλε:

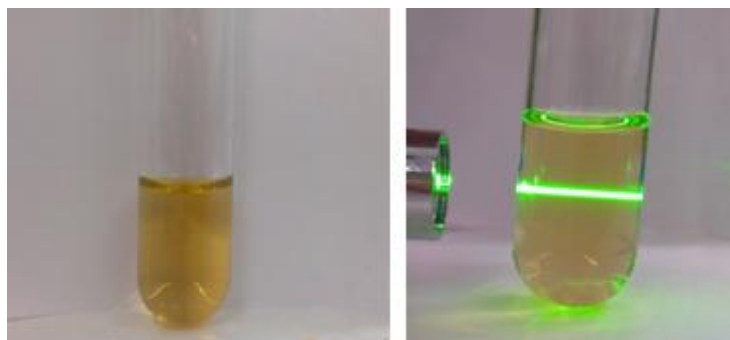


Η προσθήκη NaCl (πηγή ιόντων Na^+) εξουδετερώνει το επιφανειακό φορτίο των νανοσωματιδίων δημιουργώντας ευμεγέθη συσσωματώματα που αλλάζουν τις οπτικές ιδιότητες του χρυσού. Η χρωματική αλλαγή κόκκινο $\rightarrow$ μπλε αποτελεί τη βάση σύγχρονων διαγνωστικών τεστ HIV ή καρκίνου ανάλογων των τεστ εγκυμοσύνης που κυκλοφορούν στα φαρμακεία. Στις περιπτώσεις αυτές, ο ρόλος των ιόντων Na^+ στη συσσωμάτωση των νανοσωματιδίων Au αντικαθίσταται από το DNA του ιού HIV ή το καρκινικό DNA.

Κολλοειδής Ag

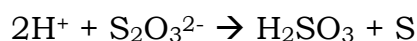
Για την παρασκευή του κολλοειδούς Ag, 0.5 ml υδατικού διαλύματος AgNO_3 (1 mg/ml) προστέθηκε σε 50 ml αποσταγμένο νερό. Ξεχωριστά, παρασκευάστηκε υδατικό διάλυμα NaBH_4 (20 mg σε 40 ml αποσταγμένο

νερό). Τα δύο διαλύματα ψύχθηκαν στους 5 °C σε ψυγείο για 45 min. Έπειτα, προστέθηκε στάγδην και υπό έντονη ανάδευση 0.5 ml υδατικού διαλύματος βοροϋδριδίου στο διάλυμα AgNO₃. Κατά την προσθήκη σχηματίστηκε εντός ολίγων δευτερολέπτων κίτρινο κολλοειδές διάλυμα Ag στο οποίο παρατηρήθηκε το φαινόμενο σκέδασης Tyndall:

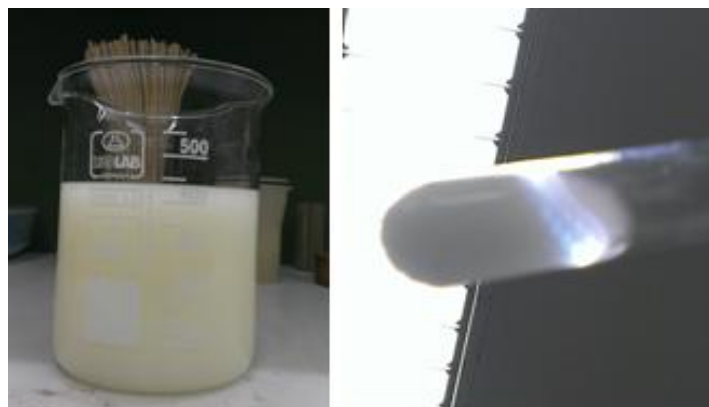


Λίγα λόγια για το κολλοειδές θείου (S)

Το κολλοειδές θείου παρασκευάζεται εύκολα με βάση την αντίδραση:



8 g Na₂S₂O₃ (πηγή S₂O₃²⁻) διαλύθηκαν σε 400 ml H₂O. Ακολούθως, προστέθηκαν 10 ml υδατικού διαλύματος HCl 2 M (πηγή H⁺). Το διάλυμα αναδεύτηκε γρήγορα με υάλινη ράβδο και αφέθηκε σε ηρεμία για 5 min. Μετά το πέρας των 5 min σχηματίστηκε κίτρινο αδιαφανές κολλοειδές θείου. Στο σημείο αυτό συλλέχθηκαν λίγα ml κολλοειδούς σε δοκιμαστικό σωλήνα. Το περιεχόμενο του δοκιμαστικού σωλήνα παρατηρήθηκε κάθετα στο λευκό φως λαμπτήρα φωτισμού δίνοντας σκέδαση μπλε φωτός στην επιφάνεια (ένταση σκέδασης Rayleigh: $I \sim 1/\lambda^4$, $\lambda = 450 \text{ nm}$). Φωτογραφίες του κολλοειδούς και του αντίστοιχου φαινομένου σκέδασης παρουσιάζονται παρακάτω:

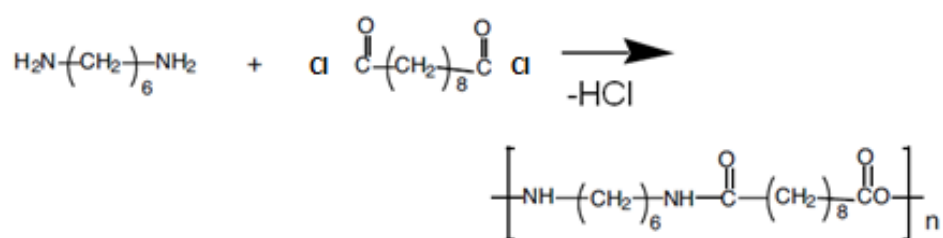


8. ΠΟΛΥΜΕΡΗ

Τα πολυμερή είναι μακρομόρια που σχηματίζονται από τη σύνδεση πολλών μικρών μορίων, τα μονομερή. Παράγονται σε μεγάλες ποσότητες, είναι φθηνά και ελαφριά υλικά και έχουν ποικίλες εφαρμογές στην καθημερινή ζωή (πλαστικά, χρώματα, κόλλες, συσκευασίες τροφίμων, έπιπλα, οικιακά σκεύη κλπ). Μερικά από τα πιο διαδεδομένα πολυμερή είναι τα: πολυαιθυλένιο (PE), πολυπροπυλένιο (PP), πολυστυρένιο (PS), Nylon, PVC, ABS. Παρακάτω περιγράφονται η σύνθεση και οι ιδιότητες του Nylon, PVA flabber, της πολυανιλίνης και των υπεραπορροφητικών πολυακρυλικών σφαιρών (superabsorbent polymers ή SAPs).

Nylon

Η σύνθεση Nylon γίνεται βάσει της παρακάτω σχηματικής αντίδρασης πολυμερισμού:



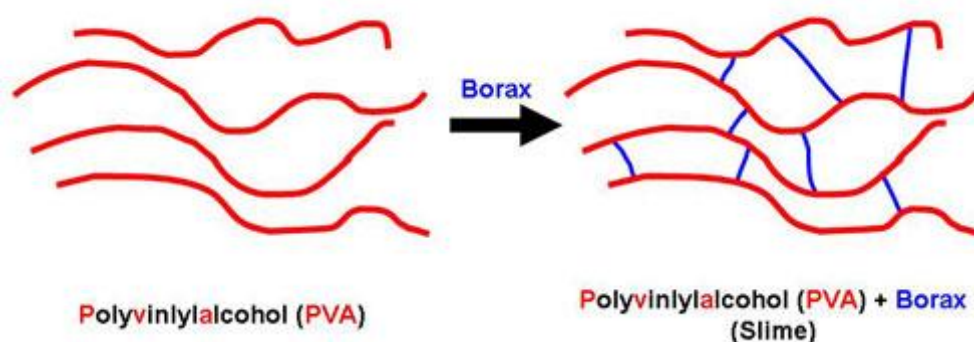
Ως πρώτες ύλες χρησιμοποιούμε εξαμεθυλενοδιαμίνη (HMDA) και σεβάκυλο χλωρίδιο (SC). Η αντίδραση πολυμερισμού γίνεται στη διεπιφάνεια διφασικού συστήματος νερού-εξανίου. Συγκεκριμένα, 2.2 g HMDA και 0.6 g NaOH (3 πελλέτες) διαλύθηκαν σε 20 ml νερό. Το NaOH προστίθεται στο διάλυμα για την εξουδετέρωση του παραγόμενου HCl. Ξεχωριστά, 1.5 ml SC διαλύθηκε σε 20 ml εξανίου. Το διάλυμα εξανίου προστέθηκε αργά στο υδατικό διάλυμα HMDA-NaOH. Αμέσως σχηματίστηκε λεπτή μεμβράνη Nylon στη διεπιφάνεια του διφασικού συστήματος. Με τη βοήθεια λαβίδας η μεμβράνη τραβήχτηκε προς τα πάνω με συνεχή τρόπο σχηματίζοντας νήμα Nylon. Η άκρη του νήματος τυλίχθηκε σε υάλινη ράβδο όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα:



Το Nylon βρίσκει εφαρμογές σε συσκευασίες τροφίμων ενώ η ενίσχυσή του με πηλό οδηγεί σε προηγμένα σύνθετα υλικά με εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες (π.χ. προφυλακτήρες αυτοκινήτων Toyota).

PVA flabber

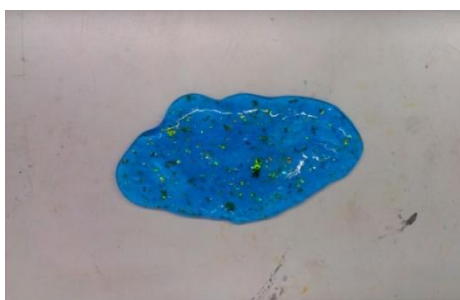
Το PVA flabber (από την ομώνυμη ταινία) αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα ιξωδοελαστικού υλικού, δηλαδή υλικού ενδιαμέσου της στερεάς και υγρής κατάστασης. Για την παρασκευή του χρησιμοποιούνται ως πρώτες ύλες πολυβινυλική αλκοόλη (PVA) και βόραξ (βορικό νάτριο). Ο βόραξ λειτουργεί ως γέφυρα για την ομοιοπολική σύνδεση των αλυσίδων PVA προς το σχηματισμό δικτυωτού πολυμερούς (crosslinked polymer) που κατακρατεί σημαντική ποσότητα νερού στο πλέγμα του (95%):



Το υλικό που προκύπτει ονομάζεται PVA slime ή flabber. Για τη σύνθεσή του, 2 g PVA διαλύθηκαν σε 50 ml ζεστού νερού υπό ανάδευση. Στο διάλυμα που προέκυψε προστέθηκε υδατικό διάλυμα βόραξ (0.5 g σε 20 ml νερό). Το μίγμα αναδεύτηκε έντονα με υάλινη ράβδο οπότε παρατηρήθηκε άμεσα σχηματισμός flabber. Το υλικό είναι εύπλαστο, μαλακό, ελαστικό και ρέει όπως φαίνεται παρακάτω:

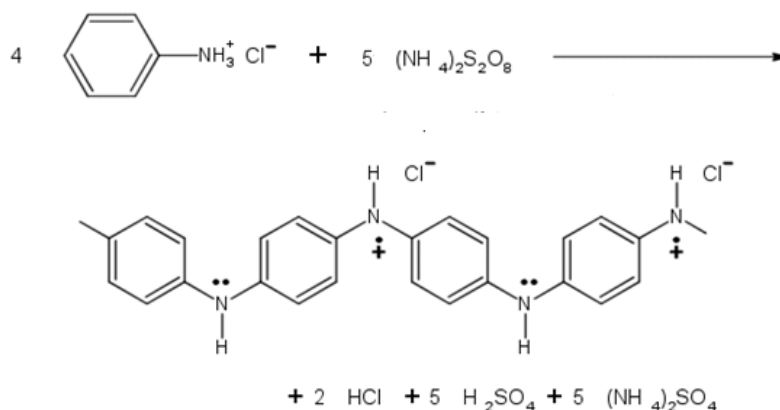


Η σύνθεση flabber μπορεί να γίνει πιο εντυπωσιακή με προσθήκη μπλε χρωστικής και χρυσόσκονης στο διάλυμα PVA:



Πολυανιλίνη

Η πολυανιλίνη ανήκει στην κατηγορία των αγώγιμων πολυμερών και παρασκευάζεται σύμφωνα με την αντίδραση:



1 g υδροχλωρικής ανιλίνης διαλύθηκε σε 20 ml νερό και ξεχωριστά 2.2 g $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$ διαλύθηκαν σε άλλα 20 ml νερό. Το τελευταίο διάλυμα προστέθηκε στο πρώτο και το μίγμα που προέκυψε αφέθηκε σε ηρεμία για 40 min σε θερμοκρασία δωματίου. Κατά τη διάρκεια της αντίδρασης παρατηρήθηκαν σταδιακή μεταβολή χρώματος από άχρωμο → μπλε → πράσινο και σχηματισμός πράσινου στερεού (πολυανιλίνη). Το στερεό διηθήθηκε και συλλέχθηκε πάνω στο διηθητικό χαρτί σε μορφή υγρής πάστας:

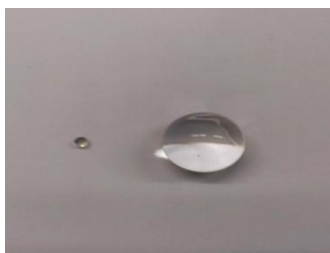


Με τη βοήθεια πινέλου μέρος της πάστας απλώθηκε σε χαρτί για τη χάραξη ενός τυχαίου σχήματος και αφέθηκε προς πλήρη ξήρανση σε θερμοκρασία δωματίου. Προέκυψε αγωγίμη επιστρώση πολυανιλίνης όπως φαίνεται παρακάτω (χαρτί = μονωτής):



Υπεραπορροφητικές πολυακρυλικές σφαίρες

Τα υπεραπορροφητικά πολυμερή (superabsorbent polymers, SAPs) έχουν τη δυνατότητα να απορροφούν μεγάλες ποσότητες νερού (τουλάχιστον 100 φορές το βάρος τους) και χρησιμοποιούνται στο πότισμα γεωργικών εκτάσεων ή κήπων μέσω σταδιακής απελευθέρωσης νερού καθώς επίσης και στις πάνες μωρών ή ακράτειας για την κατακράτηση ούρων. Αποτελούνται από πολυακρυλικό πολυμερές που φέρει στην αλυσίδα του υδρόφιλες ομάδες όπως $-NH_2$ και $-COOH$. Στο πείραμα μας χρησιμοποιήσαμε πολυακρυλικές σφαίρες εμπορίου Jelly Beads (ebay). Αρχικά οι σφαίρες έχουν πολύ μικρό μέγεθος, ωστόσο μετά από εμβάπτιση σε μεγάλη ποσότητα νερού για 24 ώρες διογκώνονται σημαντικά:



Οι διογκωμένες σφαίρες έχουν ελαστική υφή και μετά από ελεύθερη ρίψη αναπηδούν σε επίπεδη επιφάνεια. Το ποσοστό νερού στις διογκωμένες σφαίρες είναι τουλάχιστον 99% οπότε παρουσιάζουν ίδιο δείκτη διάθλασης με το νερό. Όταν οι διογκωμένες σφαίρες καλυφθούν με νερό τότε γίνονται αδιαφανείς (αόρατες), όπως φαίνεται παρακάτω:



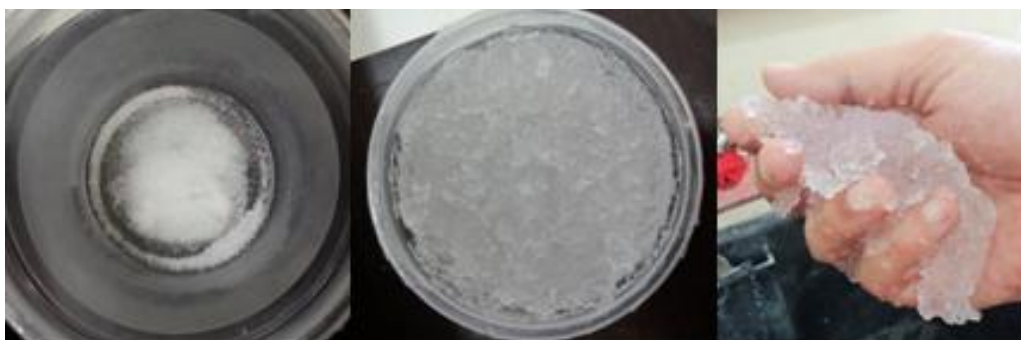
Λίγα λόγια για τα φυσικά πολυμερή

Τα πολυμερή που αναφέραμε παραπάνω είναι συνθετικά. Ωστόσο, υπάρχουν και φυσικά πολυμερή όπως το DNA, το καουτσούκ, το άμυλο, η κυτταρίνη και οι πρωτεΐνες. Ένα παράδειγμα φυσικού πολυμερούς είναι η πρωτεΐνη καζεΐνη που συναντάται σε μεγάλες ποσότητες στο γάλα. Η απομόνωσή της γίνεται εύκολα με την εξής διαδικασία: 200 ml γάλα θερμαίνονται σε φούρνο μικροκυμάτων για 3 min (700 W). Στο ζεστό γάλα προστίθεται μικρή ποσότητα ξυδιού οπότε και παρατηρείται καταβύθιση της πρωτεΐνης. Το λευκό ίζημα διηθείται και στραγγίζεται χρησιμοποιώντας λεπτό κόσκινο. Η πάστα καζεΐνης τοποθετείται σε χαρτοπετσέτα για την περαιτέρω απορρόφηση υγρών και στη συνέχεια μορφοποιείται σε σχήμα πλακιδίου εντός μικρής μεταλλικής φόρμας. Ακολουθεί ξήρανση του υλικού για 1 εβδομάδα σε θερμοκρασία δωματίου για να προκύψει σκληρό πλακίδιο με την εμπειρική ονομασία γαλάλιθος:



Λίγα λόγια για το τεχνητό “χιόνι”

Από 3 πάνες για μωρά αφαιρέθηκε προσεκτικά η υπεραπορροφητική σκόνη πολυμερούς (SAPs) που περιέχουν στο εσωτερικό τους. Η σκόνη τοποθετήθηκε εντός πλαστικού δοχείου χωρητικότητας 0.5 L και προστέθηκε σταδιακά υπό ανάδευση νερό. Κατά την προσθήκη παρατηρείται προσρόφηση του νερού από το πολυμερές προς σχηματισμό διογκωμένου ζελέ που μοιάζει μακροσκοπικά με το χιόνι:



Αξίζει να σημειωθεί ότι η ίδια σκόνη είναι κατάλληλη και για τη συλλογή πετρελαίου από την επιφάνεια της θάλασσας μετά από διαρροή (π.χ. λόγω ατυχήματος).

Λίγα λόγια για τη διάλυση πολυστυρενίου

Σε μπολ προστέθηκε μικρή ποσότητα ακετόνης. Ένα ποτήρι φελιζόλ (διογκωμένο πολυστυρένιο PS) εμβαπτίστηκε στην ακετόνη όπως φαίνεται παρακάτω. Κατά την εμβάπτιση παρατηρείται έκλυση φυσαλίδων λόγω εκτόπισης του αέρα από την ακετόνη στους πόρους του διογκωμένου πολυμερούς. Καθώς πιέζουμε το ποτήρι ελαφρά προς τα κάτω αυτό διαλύεται εντός λίγων δευτερολέπων:



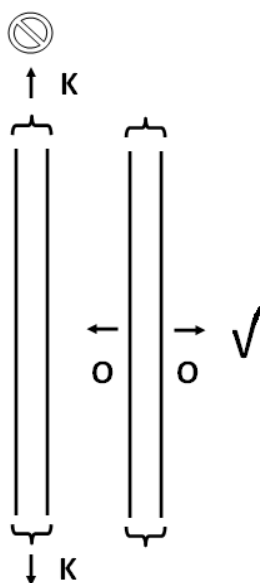
Η γρήγορη διάλυση του πολυμερούς στην ακετόνη οφείλεται στην πορώδη υφή του φελιζόλ που επιτρέπει την άμεση επαφή του διαλύτη με το λεπτό τοίχωμα του πολυμερούς.

Λίγα λόγια για τις πλαστικές σακούλες

Ασκούμε σε πλαστική σακούλα super-market δύναμη καθέτως (K) και οριζοντίως (O):



Παρατηρούμε ότι η μηχανική αντοχή της σακούλας είναι μεγαλύτερη στην κάθετη κατεύθυνση από ότι στην οριζόντια (φαινόμενο ανισοτροπίας). Πρακτικά η σακούλα είναι σχεδιασμένη ώστε να αντέχει το κατακόρυφο βάρος ενός φορτίου και ταυτόχρονα να ανοίγει στα πλάγια για λόγους ευρυχωρίας. Η εξήγηση του φαινομένου είναι δυνατή με τη χρήση 2 σπάγκων, όπου κάθε σπάγκος αναπαριστά μια αλυσίδα πολυμερούς. Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, η οριζόντια έκταση των σπάγκων είναι εφικτή ενώ η κατακόρυφη όχι:

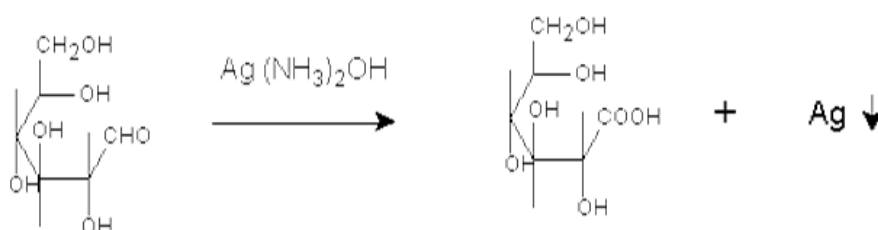


9. Ag: ΚΑΘΡΕΦΤΗΣ ΚΑΙ ΑΓΩΓΙΜΟ ΜΕΛΑΝΙ

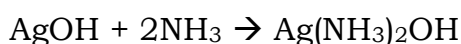
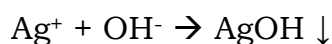
Ο μεταλλικός άργυρος έχει σημαντικές ανακλαστικές και αγωγίμες ιδιότητες. Παραδείγματος χάριν, ο άργυρος χρησιμοποιείται για τη λεπτή επίστρωση τζαμιών σε γυάλινα κτίρια. Ο εναποτιθέμενος άργυρος λειτουργεί ως καθρέφτης που ανακλά πίσω την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία, ενώ ταυτόχρονα ανακλά προς το εσωτερικό του κτιρίου την υπέρυθρη ακτινοβολία. Το αποτέλεσμα είναι τα κτίρια να δροσίζονται ή να ζεσταίνονται ευκολότερα κάνοντας οικονομία στη χρήση του κλιματιστικού. Επιπλέον, ο άργυρος χρησιμοποιείται πολύ συχνά στην κατασκευή ηλεκτρικών κυκλωμάτων υψηλής τεχνολογίας αντικαθιστώντας το χαλκό. Στην ενότητα αυτή αναδεικνύονται οι ανακλαστικές και αγωγίμες ιδιότητες του μετάλλου μέσω της παρασκευής καθρέφτη και αγωγίμου μελανιού αντίστοιχα.

Καθρέφτης Ag

Για την παρασκευή καθρέφτη Ag χρησιμοποιείται υδατικό διάλυμα ζάχαρης και $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH}$. Η ζάχαρη ανάγει το άλας αργύρου μετά από θέρμανση σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα:



Το αλάτι $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH}$ παρασκευάζεται εύκολα βάσει των αντιδράσεων:



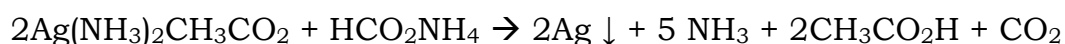
όπου στην πρώτη αντίδραση ως πηγή Ag^+ χρησιμοποιείται το άλας AgNO_3 ενώ ως πηγή OH^- το NaOH . Το στερεό που προκύπτει (AgOH) διαλυτοποιείται με προσθήκη πυκνής αμμωνίας προς το σχηματισμό του ευδιάλυτου άλατος $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH}$. Αναλυτικότερα, 1 g AgNO_3 διαλύθηκε σε 5 ml αποσταγμένο νερό. Ξεχωριστά, σε 5 ml αποσταγμένο νερό διαλύθηκαν 5 πελλέτες NaOH ($5 \times 0.2 \text{ g} = 1 \text{ g}$). Το διάλυμα βάσης προστέθηκε στο υδατικό διάλυμα Ag^+

δίνοντας γκρι στερεό AgOH . Ακολούθως, προστέθηκαν διαδοχικά 10 ml πυκνής NH_3 για την πλήρη διαλυτοποίηση του στερεού και το σχηματισμό $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH}$ και 4 g ζάχαρης. Στο διάλυμα που προέκυψε προστέθηκε αποσταγμένο νερό μέχρι τελικό όγκο 40 ml (διάλυμα εναπόθεσης). Η εναπόθεση καθρέφτη αργύρου πραγματοποιήθηκε σε γυαλί μικροσκοπίου εμβαπτισμένου στο διάλυμα εναπόθεσης. Για το σκοπό αυτό η μια πλευρά του γυαλιού καλύφθηκε ερμητικά με scotch tape. Το γυαλί τοποθετήθηκε στο λουτρό εμβάπτισης με την καλυμμένη πλευρά προς τα κάτω. Κατ' αυτόν τον τρόπο η εναπόθεση Ag έγινε στην πάνω επιφάνεια. Το διάλυμα με το εμβαπτισμένο γυαλί θερμάνθηκε ήπια υπό ανάδευση. Κατά τη θέρμανση του διαλύματος παρατηρήθηκε καταβύθιση γκριζου στερεού με ταυτόχρονη εναπόθεση μεταλλικού καθρέφτη αργύρου στην ακάλυπτη επιφάνεια του γυαλιού. Το γυαλί απομακρύνθηκε από το λουτρό εναπόθεσης και ξηράνθηκε σε θερμοκρασία δωματίου. Με απομάκρυνση του scotch tape εμφανίζεται ο καθρέφτης αργύρου:

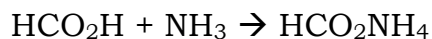


Αγώγιμο μελάνι Ag

Τα αγώγιμα μελάνια Ag χρησιμοποιούνται στην εκτύπωση ηλεκτρικών κυκλωμάτων σε ποικιλία υποστρωμάτων μέσω απλής ξήρανσης του μελανιού. Το αγώγιμο μελάνι που παρουσιάζεται παρακάτω είναι υδατικό διάλυμα άλατος $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{CH}_3\text{CO}_2$ (πηγή αργύρου) και HCO_2NH_4 . Το HCO_2NH_4 χρησιμοποιείται ως αναγωγικό μέσο για το σχηματισμό Ag :



Συγκεκριμένα, 2 g $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{Ag}$ διαλύθηκαν σε 5 ml πυκνής NH_3 προς το σχηματισμό του ευδιάλυτου άλατος $\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{CH}_3\text{CO}_2$. Στη συνέχεια προστέθηκε στάγδην και υπό ανάδευση 0.5 ml HCO_2H για το σχηματισμό HCO_2NH_4 βάσει της αντίδρασης εξουδετέρωσης:



Αρχικά, η προσθήκη HCO_2H προκαλεί καταβύθιση μικρής ποσότητας γκρίζου στερεού (Ag). Μετά από 24 h ανάδευση σε θερμοκρασία δωματίου το διάλυμα διηθήθηκε με σκοπό την απομάκρυνση του στερεού και τη συλλογή διαυγούς αγωγίμου μελανιού:



Με τη βοήθεια σταγονόμετρου σχεδιάστηκε σε γυάλινη επιφάνεια ένα υποτυπώδες κύκλωμα (πρόχειρο σχέδιο) το οποίο αφέθηκε προς ξήρανση σε θερμοκρασία δωματίου. Το στερεό “ίχνος” που προέκυψε θερμάνθηκε ήπια προς εκδίωξη των οργανικών υπολειμμάτων και παραλαβή του κυκλώματος Ag:



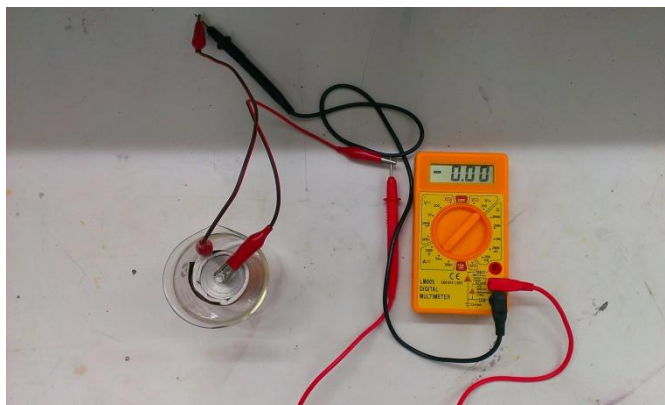
Η αγωγιμότητα του κυκλώματος πιστοποιήθηκε με πολύμετρο (αγωγιμότητα 2 σημείων) μέσω του χαρακτηριστικού ήχου της συσκευής.

10. ΗΛΕΚΤΡΟΧΗΜΕΙΑ

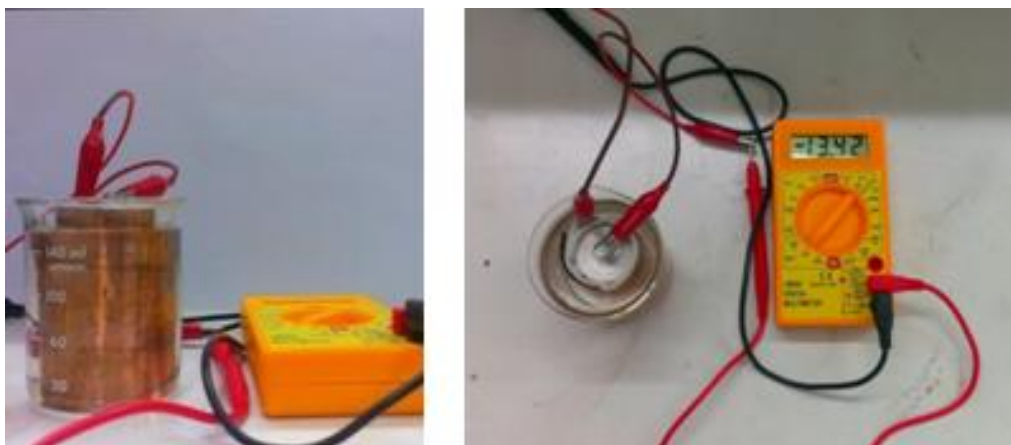
Η ηλεκτροχημεία είναι κλάδος της χημείας που ασχολείται με τη μελέτη των ηλεκτροχημικών στοιχείων και των αντιδράσεων που λαμβάνουν χώρα σε αυτά. Τα βασικά μέρη ενός ηλεκτροχημικού στοιχείου είναι ο ηλεκτρολύτης και δύο ηλεκτρόδια εμβαπτισμένα στον ηλεκτρολύτη. Όταν έχουμε παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας μέσω αυθόρμητων ηλεκτροχημικών αντιδράσεων τότε το στοιχείο ονομάζεται γαλβανικό (μπαταρία). Τα γαλβανικά στοιχεία χρησιμοποιούνται για την τροφοδότηση συσκευών με ηλεκτρικό ρεύμα. Αντίστοιχα, όταν διεξάγονται χημικές αντιδράσεις με διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος από διάλυμα ηλεκτρολύτη τότε το στοιχείο ονομάζεται ηλεκτρολυτικό. Τα ηλεκτρολυτικά στοιχεία χρησιμοποιούνται στην παραγωγή χημικών με ηλεκτρόλυση. Σκοπός των πειραμάτων ηλεκτροχημείας είναι να δείξουμε τις βασικές αρχές των γαλβανικών και ηλεκτρολυτικών στοιχείων με έμφαση στη λειτουργία των μπαταριών (Al-Cu/NaCl, Al-Fe/NaCl, λεμονιού) και στην ηλεκτρόλυση διαλύματος NaCl.

Μπαταρία Al-Cu/NaCl

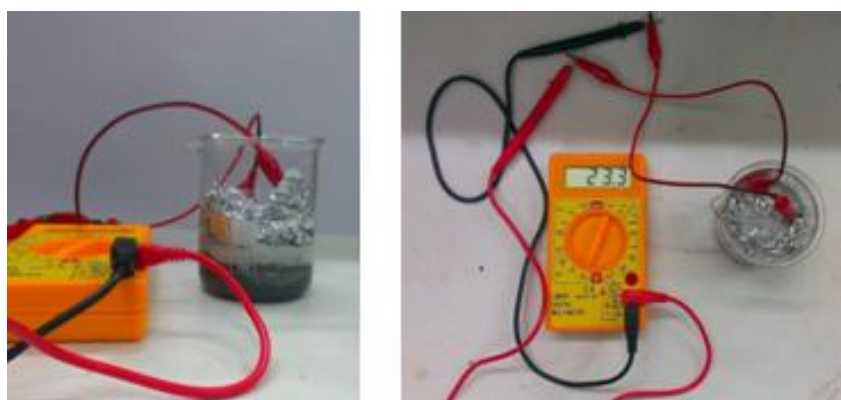
Για την κατασκευή της μπαταρίας Al-Cu/NaCl χρησιμοποιήθηκαν ως ηλεκτρόδια ένας συμπαγής κύλινδρος Al και ένα φύλλο Cu ενώ ως ηλεκτρολύτης υδατικό διάλυμα NaCl (20 g/100 ml νερό). Αρχικά ο κύλινδρος Al (αρνητικός πόλος) τυλίχτηκε σε χαρτί και εν συνεχεία με το φύλλο Cu (θετικός πόλος). Το χαρτί ανάμεσα στα δύο ηλεκτρόδια είναι απαραίτητο ώστε αυτά να μην έρχονται σε άμεση επαφή μεταξύ τους. Η συνδεσμολογία τοποθετήθηκε σε ποτήρι ζέσης χωρητικότητας 150 ml. Απουσία ηλεκτρολύτη το πολύμετρο δεν ανιχνεύει ρεύμα στη μπαταρία:



Αντιθέτως, με προσθήκη διαλύματος NaCl (~100 ml) το πολύμετρο ανιχνεύει ρεύμα της τάξεως των mA:



Ουσιαστικά, το πείραμα μας δείχνει ότι απουσία ηλεκτρολύτη το ρεύμα της μπαταρίας είναι $i=0$ ενώ παρουσία ηλεκτρολύτη $i \neq 0$. Παρόμοιο παράδειγμα μπαταρίας αποτελεί το ζεύγος ηλεκτροδίων Al-Fe σε υδατικό διάλυμα NaCl ίδιας συγκέντρωσης (20 g/100 ml νερό). Η μπαταρία Al-Fe/NaCl κατασκευάζεται από αλουμινόχαρτο (αρνητικός πόλος) και σύρμα σιδήρου (θετικός πόλος) διαχωρισμένα με χαρτί και εμποτισμένα σε υδατικό διάλυμα NaCl, όπως φαίνεται παρακάτω:

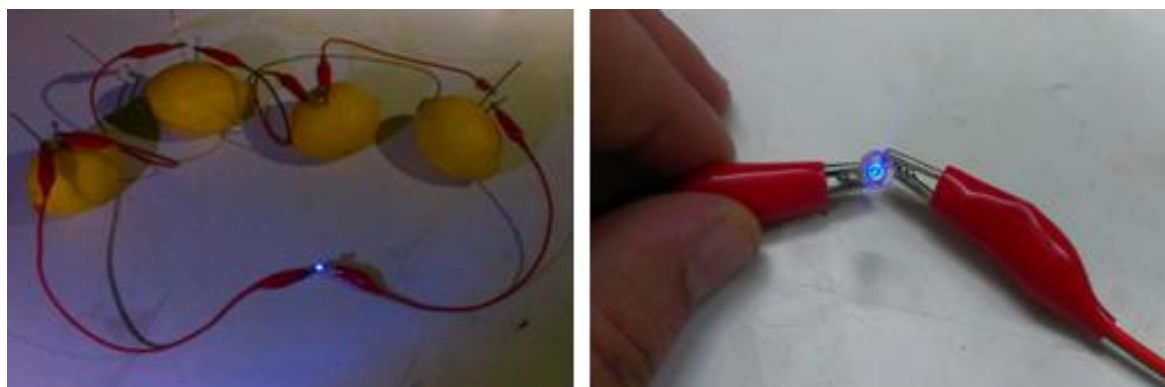


Το ρεύμα που παράγουν οι μπαταρίες Al-Cu/NaCl και Al-Fe/NaCl έχει μικρή τιμή. Συνεπώς δεν μπορούν να τροφοδοτήσουν μια συσκευή με ρεύμα. Για το σκοπό αυτό παρουσιάζεται παρακάτω η πιο αποδοτική μπαταρία λεμονιού.

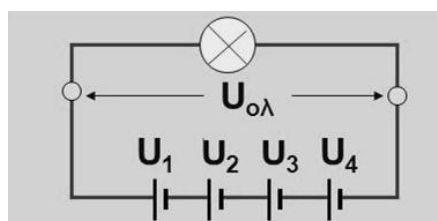
Μπαταρία λεμονιού

Για την κατασκευή της μπαταρίας λεμονιού χρησιμοποιήσαμε ως ηλεκτρόδια χοντρά σύρματα χαλκού (θετικοί πόλοι) και γαλβανισμένα καρφιά (αρνητικοί πόλοι) ενώ ο χυμός του λεμονιού παίζει το ρόλο του ηλεκτρολύτη. Για τη

συνδεσμολογία της μπαταρίας χρησιμοποιήθηκαν 4 λεμόνια. Σε κάθε λεμόνι καρφώθηκε ζεύγος ηλεκτροδίων χαλκού-καρφιού σε απόσταση 0.5 cm. Μετά από σύνδεση σε σειρά των ηλεκτροδίων προέκυψε μπαταρία ικανή να ανάψει φωτάκι LED μπλε χρώματος. Η συνδεσμολογία της μπαταρίας λεμονιού παρουσιάζεται παρακάτω:

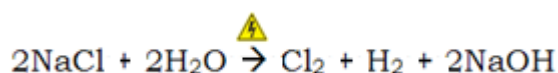


Πρακτικά, η μπαταρία λεμονιού ισοδυναμεί με ηλεκτρικό κύκλωμα τεσσάρων πηγών συνδεδεμένων σε σειρά:



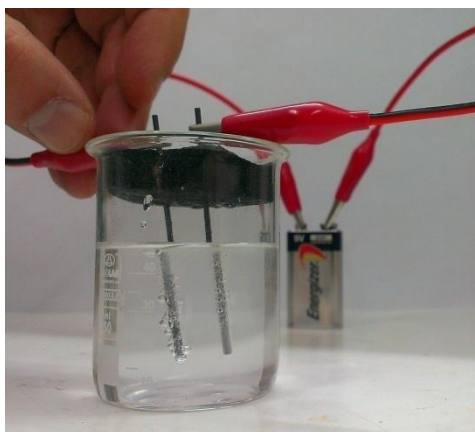
Ηλεκτρόλυση διαλύματος NaCl

Η ηλεκτρόλυση υδατικού διαλύματος NaCl μπορεί να αποδοθεί με την παρακάτω αντίδραση:

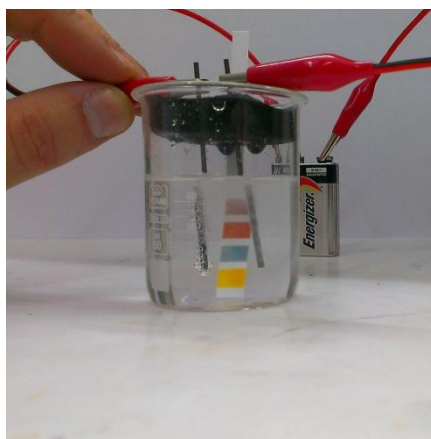


Το ηλεκτροχημικό δυναμικό της αντίδρασης είναι -2.19 V. Επομένως για τη διεξαγωγή της ηλεκτρόλυσης απαιτείται εξωτερικό δυναμικό τουλάχιστον 2.19 V. Η ηλεκτρόλυση διαλύματος NaCl συνιστά σημαντική βιομηχανική αντίδραση η οποία παράγει τα εξής χρήσιμα χημικά: Cl₂ (χλωρίνη-λευκαντικά), H₂ (βιομηχανία τροφίμων ή καύσιμο) και NaOH (καθαριστικά-σαπούνια). Για το πείραμα της ηλεκτρόλυσης χρησιμοποιήθηκε κορεσμένο υδατικό διάλυμα NaCl (άλμη). Το NaCl αποτελεί πηγή ιόντων Na⁺ και Cl⁻ ενώ το νερό ιόντων H⁺ και OH⁻. Σύμφωνα με την ηλεκτροχημική σειρά εκφόρτισης ιόντων, τα ιόντα H⁺ και Cl⁻ εκφορτίζονται πρώτα αφήνοντας πίσω

NaOH. Αναλυτικότερα, σε μικρό ποτήρι ζέσεως που περιείχε 40 ml άλμης εμβαπτίστηκαν δύο ηλεκτρόδια γραφίτη (μύτες μηχανικού μολυβιού 1.4 B, Faber-Castell). Τα ηλεκτρόδια συνδέθηκαν με μπαταρία 9 V (> 2.19 V). Άμεσα παρατηρήθηκε έκλυση αερίων Cl_2 και H_2 στις επιφάνειες των ηλεκτροδίων: τα ιόντα Cl^- εκφορτίζονται στο θετικό ηλεκτρόδιο προς Cl_2 με χαρακτηριστική οσμή ενώ τα ιόντα H^+ στο αρνητικό ηλεκτρόδιο προς H_2 . Η πολικότητα των ηλεκτροδίων καθορίζεται από την πολικότητα σύνδεσης της μπαταρίας. Η έκλυση αερίων κατά την ηλεκτρόλυση φαίνεται παρακάτω:



Μετά από 20 min ηλεκτρόλυσης σχηματίζεται σημαντική ποσότητα NaOH καθιστώντας το υδατικό διάλυμα αλκαλικό. Η αλκαλικότητα του διαλύματος πιστοποιήθηκε εύκολα με εμβάπτιση pH-μετρικού χαρτιού ($\text{pH} \approx 12$):



11. ΓΥΑΛΙΑ

Τα κοινά πυριτικά γυαλιά αποτελούνται από τρία βασικά συστατικά: SiO_2 , Na_2CO_3 και CaCO_3 . Τα συστατικά αναμιγνύονται σε κατάλληλη αναλογία και τήκονται στους $1600\text{ }^\circ\text{C}$ για να δώσουν άμορφη μάζα γυαλιού, μετά από ψύξη σε θερμοκρασία δωματίου. Για λόγους εκπαιδευτικούς, στην ενότητα αυτή παρασκευάζονται μη πυριτικά γυαλιά σε χαμηλότερη θερμοκρασία ($900\text{ }^\circ\text{C}$) χρησιμοποιώντας ως συστατικά PbO , H_3BO_3 και ZnO . Επιπλέον, προσθήκη μικρής ποσότητας οξειδίων των στοιχείων μετάπτωσης (CuO , CoO) οδηγεί στο χρωματισμό των γυαλιών.

Παρασκευή γυαλιού

Για τη σύνθεση ενός γυαλιού μολύβδου αναμίχθηκαν καλά σε γουδί πορσελάνης 2.5 g PbO , $1.5\text{ g H}_3\text{BO}_3$ και 0.25 g ZnO . Το ομογενές μίγμα τοποθετήθηκε σε καψάκι πορσελάνης και θερμάνθηκε στους $900\text{ }^\circ\text{C}$ για 20 min . Το τήγμα που προέκυψε ψύχθηκε σε θερμοκρασία δωματίου. Κατά τη διάρκεια της ψύξης το γυαλί θρυμματίζεται εσωτερικά λόγω θερμικού στρες. Το γυαλί που προκύπτει έχει κίτρινο χρώμα, υαλώδη επιφάνεια και είναι οπτικά διαφανές:



Για το χρωματισμό του γυαλιού προστέθηκαν 20 mg CuO ή CoO στο αρχικό μίγμα. Ακολουθώντας την παραπάνω διαδικασία λάβαμε πράσινο γυαλί στην περίπτωση του CuO και μπλε στην περίπτωση του CoO :

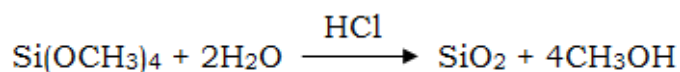


Η παρακάτω εικόνα δείχνει ενδεικτικά το πάχος του σχηματιζόμενου γυαλιού:



Λίγα λόγια για την τεχνική sol-gel

Η τεχνική sol-gel χρησιμοποιείται για τη γρήγορη παραγωγή γυαλιού (SiO_2) σε θερμοκρασία δωματίου. Η μέθοδος συνίσταται στην υδρόλυση του σιλανίου $\text{Si}(\text{OCH}_3)_4$ παρουσία καταλύτη HCl :

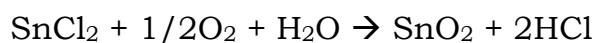


Από τα τοιχώματα δοκιμαστικού σωλήνα προστέθηκε 0.5 ml $\text{Si}(\text{OCH}_3)_4$ σε 1 ml πυκνό HCl (37 %). Το περιεχόμενο του σωλήνα αναταράχθηκε ελαφρά για την καλύτερη ανάμιξη των συστατικών. Μετά από 10-15 s σχηματίστηκε gel γυαλιού όπως φαίνεται παρακάτω:

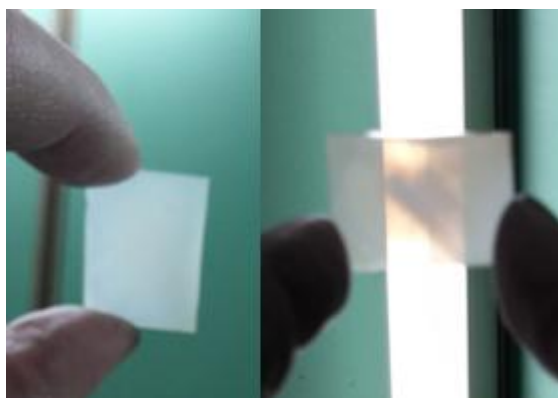


Λίγα λόγια για το αγώγιμο γυαλί

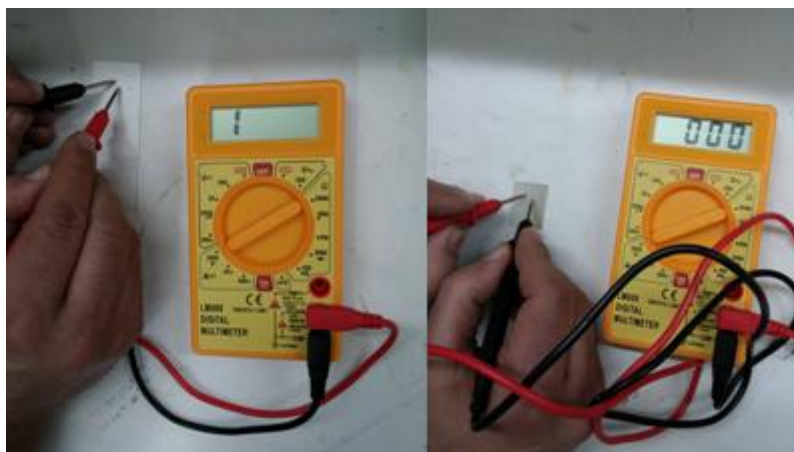
Το κοινό γυαλί είναι μονωτής. Ωστόσο είναι δυνατόν να προσδώσουμε αγώγιμες ιδιότητες στο γυαλί εάν επικαλύψουμε την επιφάνειά του με λεπτό υμένιο SnO_2 . Αυτό γίνεται μέσω θερμικής διάσπασης του άλατος SnCl_2 προς σχηματισμό αγώγιμου SnO_2 :



0.5 g SnCl_2 ζυγίστηκαν σε καψάκι αλούμινας διαστάσεων DxH 3.8 cm x 3.5 cm. Το καψάκι τοποθετήθηκε σε προθερμασμένο φούρνο στους 500 °C. Στο άνω στόμιο του κεραμικού τοποθετήθηκε γυαλί μικροσκοπίου το οποίο είχε προηγουμένως καθαριστεί επιμελώς με αιθανόλη. Το σύστημα αφέθηκε προς εναπόθεση στους 500 °C για 20 min. Κατά τη θέρμανση του άλατος SnCl_2 παράγεται καπνός SnO_2 . Ο καπνός περιέχει σωματίδια SnO_2 τα οποία και εναποτίθενται ομοιόμορφα σε όλη την επιφάνεια του γυαλιού. Προέκυψε ημιδιαφανές γυαλί επικαλυμμένο με SnO_2 :



Η αγωγιμότητα του γυαλιού πριν (αριστερή εικόνα) και μετά (δεξιά εικόνα) την επικάλυψη μετρήθηκε με πολύμετρο (αγωγιμότητα δύο σημείων) όπως φαίνεται παρακάτω:



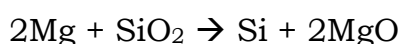
Να σημειωθεί ότι η αγωγιμότητα του SnO_2 οφείλεται σε δομικές ατέλειες του πλέγματος του στερεού (μη στοιχειομετρικό οξείδιο του κασσιτέρου $\text{SnO}_{2-\delta}$).

12. ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ

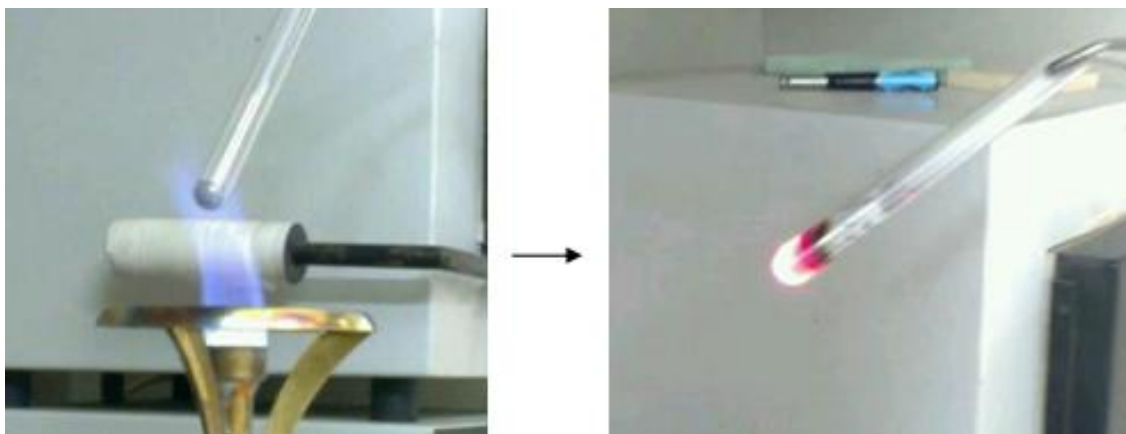
Τα περισσότερα μέταλλα στη φύση δεν συναντώνται σε αυτοφυή μορφή αλλά με μορφή οξειδίων λόγω αντίδρασής τους με το ατμοσφαιρικό οξυγόνο. Επομένως, η ανάκτηση των μετάλλων από τα οξείδιά τους (ορυκτά) απαιτεί ειδικές χημικές διεργασίες. Στην κλασική μεταλλουργία η ανάκτηση των μετάλλων από τα ορυκτά τους γίνεται σε υψηλές θερμοκρασίες χρησιμοποιώντας τρεις τύπους αντιδράσεων : α) αντίδραση θερμότη, β) αναγωγή με άνθρακα και γ) θερμική διάσπαση. Οι δύο πρώτες περιπτώσεις ανήκουν στην κατηγορία των αντιδράσεων απλής αντικατάστασης, όπου σύμφωνα με τη σειρά δραστικότητας (reactivity series), τα στοιχεία που βρίσκονται αριστερά αντικαθιστούν τα στοιχεία που βρίσκονται δεξιά στις ενώσεις τους. Παρακάτω παρουσιάζεται η παρασκευή τριών μετάλλων με σημαντικές ηλεκτρικές ιδιότητες: πυρίτιο (Si), χαλκός (Cu) και άργυρος (Ag). Το πυρίτιο είναι σημαντικός ημιαγωγός που χρησιμοποιείται σε ηλεκτρονικά chips και φωτοβολταϊκά ως υλικό υψηλής τεχνολογίας. Αντίστοιχα, ο χαλκός και ο άργυρος έχουν υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα και χρησιμοποιούνται σε καλώδια και ηλεκτρικές επαφές.

Si

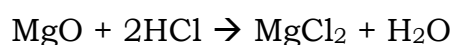
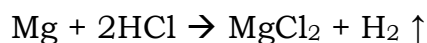
Η μεταλλουργική σύνθεση του πυριτίου βασίζεται στην εξώθερμη αντίδραση θερμότη:



όπου το Mg βρίσκεται αριστερά του πυριτίου στην σειρά δραστικότητας και επομένως το ελευθερώνει από το οξείδιό του. Συγκεκριμένα, 0.5 g Mg αναμίχθηκε με 0.5 g SiO₂. Πριν την αντίδραση το SiO₂ ξηράθηκε στους 100 °C για 24 h. Το μίγμα θερμότη μεταφέρθηκε σε δοκιμαστικό σωλήνα pyrex και θερμάνθηκε έντονα σε φλόγα καμινέτου. Μετά από 1-1.5 min παρατηρήθηκε έντονη πύρωση του μίγματος λόγω έκλυσης θερμότητας όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Να σημειωθεί ότι σε περίπτωση που σπάσει ο δοκιμαστικός σωλήνας κατά τη διάρκεια της θέρμανσης τότε παρατηρείται ανάφλεξη του Mg με έντονη λευκή λάμψη.



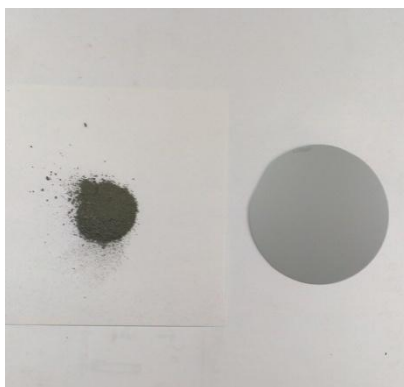
Μετά από ψύξη του μίγματος σε θερμοκρασία δωματίου, σπάσαμε το κάτω άκρο του δοκιμαστικού σωλήνα για τη συλλογή του πυριτίου (γκριζόμαυρη σκόνη). Η απομάκρυνση υπολειμμάτων Mg και MgO από το μίγμα γίνεται μέσω κατεργασίας του στερεού με 20 ml αραιού υδατικού διαλύματος HCl 2M σύμφωνα με τις αντιδράσεις:



Στην περίπτωση αυτή το στερεό προστέθηκε προσεκτικά και σε μικρές ποσότητες στο διάλυμα HCl. Κατά την προσθήκη παρατηρήθηκαν σπίθες λόγω ανάφλεξης του εκλυόμενου H_2 :

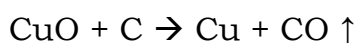


Μετά την παύση έκλυσης H_2 το πυρίτιο διηθήθηκε και ξεπλύθηκε 3 φορές με νερό. Το σχηματιζόμενο MgCl_2 είναι διαλυτό στο νερό και απομακρύνεται κατά τα πλυσίματα. Το διηθημένο πυρίτιο ξηράθηκε για 30-45 min στους 100°C για να δώσει σκόνη Si (δες παρακάτω εικόνα). Το παραγόμενο Si δεν είναι υψηλής καθαρότητας. Για τη συλλογή καθαρού Si (99.999%, wafer) εφαρμόζεται η μέθοδος Czochralski.

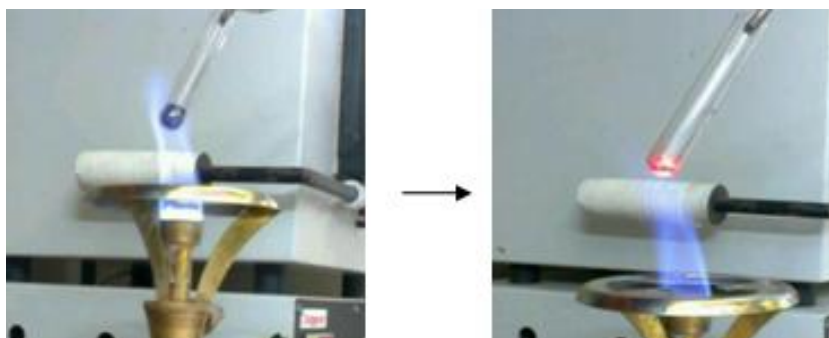


Cu

Η παραγωγή Cu στηρίζεται στην αναγωγή CuO με άνθρακα:



όπου ο άνθρακας βρίσκεται αριστερά του χαλκού στην σειρά δραστηριότητας και επομένως τον ελευθερώνει από το οξείδιό του. Αναλυτικά, 1 g CuO αναμίχθηκε με 120 mg C. Το μίγμα μεταφέρθηκε σε δοκιμαστικό σωλήνα pyrex και θερμάνθηκε έντονα σε φλόγα καμινέτου. Μετά από 2-3 min παρατηρήθηκε πύρωση του μίγματος προς σχηματισμό μεταλλικού χαλκού:



Μετά τη ψύξη του προϊόντος σε θερμοκρασία δωματίου, σπάσαμε το κάτω άκρο του δοκιμαστικού σωλήνα για τη συλλογή του χαλκού (χαλκο-κόκκινο “καρύδι”). Για την απομάκρυνση ιχνών C, το μεταλλικό “καρύδι” εκπλύθηκε 2 φορές με 20 ml αραιού υδατικού διαλύματος HCl 2M και έπειτα με νερό και ακετόνη. Ο χαλκός ξηράθηκε σε θερμοκρασία δωματίου φωτογραφία του οποίου παρουσιάζεται παρακάτω:



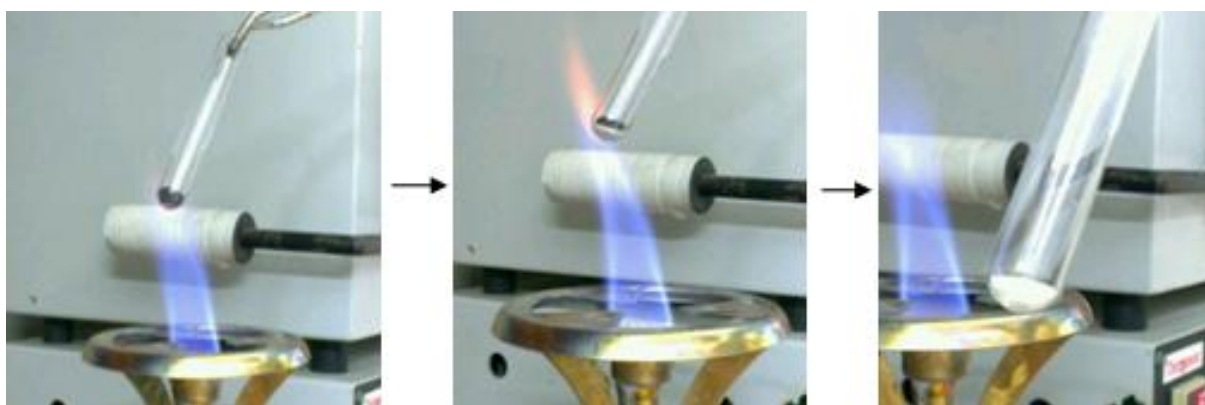
Η αγωγιμότητα του “καρυδιού” πιστοποιήθηκε με πολύμετρο (αγωγιμότητα 2 σημείων) μέσω του χαρακτηριστικού ήχου της συσκευής.

Ag

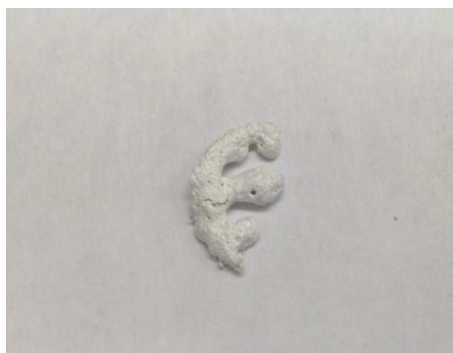
Ο άργυρος παρασκευάζεται με απλή θερμική διάσπαση του Ag_2O :



όπου το O_2 εκλύεται αφήνοντας πίσω μεταλλικό άργυρο. Για την παρασκευή Ag ποσότητα Ag_2O μεταφέρθηκε σε δοκιμαστικό σωλήνα pyrex και θερμάνθηκε έντονα σε φλόγα καμινέτου. Κατά τη θέρμανση παρατηρήθηκε σταδιακή μετατροπή του μαύρου Ag_2O σε λευκό Ag:



Μετά από ψύξη σε θερμοκρασία δωματίου, σπάσαμε το κάτω άκρο του δοκιμαστικού σωλήνα για τη συλλογή του μεταλλικού αργύρου:

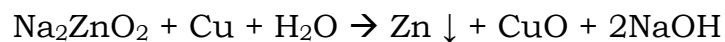
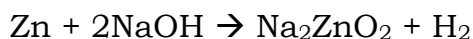


Η αγωγιμότητα του Ag πιστοποιήθηκε με πολύμετρο (αγωγιμότητα 2 σημείων) μέσω του χαρακτηριστικού ήχου της συσκευής.

Λίγα λόγια για τα κράματα: “ασημένια” ή “χρυσά” νομίσματα

Σε 50 ml νερό διαλύθηκαν 6 g NaOH με ακόλουθη προσθήκη 2 g κόκκων Zn. Ένα χάλκινο νόμισμα των 5 λεπτών εμβαπτίστηκε στο διάλυμα έτσι ώστε η επιφάνειά του να βρίσκεται σε επαφή με τους μεταλλικούς κόκκους. Το

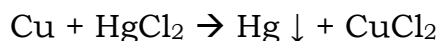
διάλυμα θερμάνθηκε μέχρι την εμφανή μετατροπή του χάλκινου νομίσματος σε “ασημένιο” (10-15 min). Το ασημί χρώμα οφείλεται στην επιφανειακή εναπόθεση λεπτού στρώματος Zn σύμφωνα με τις αντιδράσεις:



Αφού το “ασημένιο” νόμισμα ξεπλύθηκε με νερό και στεγνώθηκε με χαρτοπετσέτα, μεταφέρθηκε σε ζεστή πλάκα για θέρμανση λίγων δευτερολέπτων. Άμεση ήταν η μετατροπή του “ασημένιου” νομίσματος σε “χρυσό” λόγω κραμάτωσης του Zn με Cu (ορείχαλκος). Το θερμό νόμισμα ψύχθηκε απότομα σε νερό και στεγνώθηκε με χαρτοπετσέτα. Παρακάτω φαίνεται η σταδιακή μετατροπή του χάλκινου νομίσματος σε “ασημένιο” και τελικά σε “χρυσό”:



Εναλλακτικά, η μετατροπή ενός χάλκινου νομίσματος σε “ασημένιο” μπορεί να γίνει με εμβάπτιση κέρματος των 20 λεπτών σε υδατικό διάλυμα HgCl_2 (1 g/50 ml νερό) για 30 min (20 min εναπόθεσης από τη μία πλευρά και 10 min από την άλλη). Η αντίδραση που πραγματοποιείται είναι αυτή της απλής αντικατάστασης μεταξύ Cu και HgCl_2 προς ελευθέρωση μεταλλικού υδραργύρου:



Το επικαλυμμένο νόμισμα απομακρύνθηκε από το λουτρό εμβάπτισης και μετά από ελαφρύ τρίψιμο με χαρτοπετσέτα αποκαλύφθηκε η ασημένια επίστρωση του κράματος HgCu (αμάγαλμα):



Το αμάγαλμα HgCu χρησιμοποιείται ευρέως στα ασημένια σφραγίσματα δοντιών λόγω καλών μηχανικών ιδιοτήτων.

Λίγα λόγια για το κράμα galinstan

Το κράμα με την εμπορική ονομασία galinstan αποτελείται από Ga, In και Sn και είναι υγρό σε θερμοκρασία δωματίου (αριστερή εικόνα). Το galinstan εμφανίζει χαμηλή τοξικότητα, μεγάλη ανακλαστικότητα, υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα και μικρή επιφανειακή τάση που επιτρέπει την εφαρμογή του σε επιφάνειες χαρτιού, πλαστικού, γυαλιού, κεραμικού και ξύλου. Παραδείγματος χάριν βάφει εύκολα το γυαλί προς το σχηματισμό μεταλλικού καθρέφτη (δεξιά εικόνα). Αντίστοιχα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αγωγίμο μελάνι για τη χάραξη κυκλωμάτων σε χαρτί. Τέλος, αποτελεί εναλλακτική επιλογή στα θερμόμετρα στη θέση του τοξικού υδραργύρου.



Το galinstan περιέχει κυρίως γάλλιο (62-68 %) και ανήκει στην κατηγορία των ευτηκτικών κραμάτων, δηλαδή κραμάτων που λιώνουν σε θερμοκρασία χαμηλότερη από αυτή των επιμέρους συστατικών. Μαζί με τον υδράργυρο θεωρούνται εξαιρετικά σπάνιες περιπτώσεις υγρών μετάλλων σε θερμοκρασία δωματίου.

Nitinol

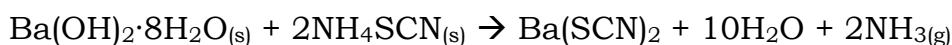
Το κράμα Nitinol αποτελείται από Ni και Ti και αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα κράματος μνήμης σχήματος (shape memory alloy). Ένας σελιδοδείκτης από Nitinol ανοίγεται διάπλατα προς σχηματισμό σύρματος. Το σύρμα ρίχνεται σε ζεστό νερό και ακαριαία αποκτά το αρχικό σχήμα του σελιδοδείκτη. Το φαινόμενο είναι πλήρως επαναλήψιμο πολλές φορές.

13. ΧΗΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Οι περισσότερες χημικές αντιδράσεις ελευθερώνουν ή απορροφούν ενέργεια λόγω αναδιάταξης δεσμών μεταξύ αντιδρώντων και προϊόντων. Οι αντιδράσεις που ελευθερώνουν ενέργεια με τη μορφή θερμότητας ονομάζονται εξώθερμες και προκαλούν αύξηση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος χώρου (θέρμανση). Αντίστοιχα, οι αντιδράσεις που απορροφούν θερμότητα ονομάζονται ενδόθερμες και προκαλούν μείωση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος χώρου (ψύξη). Επίσης, ορισμένες αντιδράσεις ελευθερώνουν ενέργεια με τη μορφή φωτός. Η παραγωγή φωτός από μια χημική αντίδραση ονομάζεται χημειοφωταύγεια. Στο πλαίσιο αυτό παρουσιάζονται τρία παραδείγματα χημικών αντιδράσεων: ενδόθερμης, εξώθερμης και χημειοφωταύγειας.

Ενδόθερμη αντίδραση

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η αντίδραση μεταξύ $\text{Ba(OH)}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ και NH_4SCN στη στερεά κατάσταση:



Συγκεκριμένα, 15 g $\text{Ba(OH)}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ και 5 g NH_4SCN αναμίχθηκαν σε ποτήρι ζέσεως των 100 ml. Η αντίδραση ξεκινάει άμεσα εκλύοντας αέρια αμμωνία που γίνεται αντιληπτή από τη χαρακτηριστική οσμή της. Ταυτόχρονα τα στερεά αντιδρώντα μετατρέπονται σε πυκνό υδατικό διάλυμα Ba(SCN)_2 θερμοκρασίας $-12\text{ }^\circ\text{C}$:

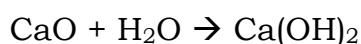


Για την παραπάνω αντίδραση ισχύει $\Delta H > 0$ και $\Delta S > 0$. Η αύξηση εντροπίας της αντίδρασης οφείλεται στη μετατροπή των αρχικών στερεών σε αέρια αμμωνία και υδατικό διάλυμα Ba(SCN)_2 . Λόγω της μεγάλης τιμής ΔS , το

αλγεβρικό άθροισμα $\Delta H - T \cdot \Delta S$ είναι αρνητικό, δηλαδή $\Delta G < 0$ άρα η αντίδραση είναι θερμοδυναμικά επιτρεπτή. Επιπλέον η αντίδραση ευνοείται κινητικά. Το NH_4SCN είναι πηγή πρωτονίων ενώ το $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ πηγή υδροξυλίων. Επομένως η αντίδραση που λαμβάνει χώρα είναι αυτή της απλής εξουδετέρωσης με μικρή ενέργεια ενεργοποίησης: $\text{H}^+ + \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$. Παρόμοιες ενδόθερμες αντιδράσεις βρίσκουν εφαρμογή στις παγοκύστες στιγμής (cold packs) για την άμεση αντιμετώπιση μυϊκών τραυματισμών.

Εξώθερμη αντίδραση

Ένα παράδειγμα αποτελεί η αντίδραση μεταξύ CaO και H_2O :



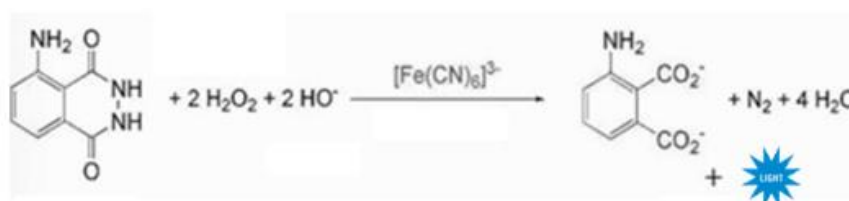
Για την εκτέλεση του πειράματος, 40 ml H_2O προστέθηκαν σε 10 g CaO εντός ποτηριού ζέσεως των 150 ml. Κατά την ανάμιξη το μίγμα θερμαίνεται φτάνοντας τους 60 °C:



Παρόμοιες εξώθερμες αντιδράσεις βρίσκουν εφαρμογή στις θερμοκύστες στιγμής (hot packs) για την άμεση αντιμετώπιση της υποθερμίας.

Χημειοφωταύγεια

Κλασικό παράδειγμα αποτελεί η αντίδραση αλκαλικού διαλύματος λουμινόλης με H_2O_2 παρουσία σιδηρικών ιόντων ως καταλύτη:



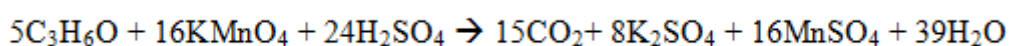
Αρχικά 5 ml αλκαλικού υδατικού διαλύματος λουμινόλης (2 mg/ml, pH=14) προστέθηκαν σε 40 ml νερό. Παράλληλα, 5 ml υδατικού διαλύματος $K_3Fe(CN)_6$ [30 mg/ml, πηγή $Fe(CN)_6^{3-}$] προστέθηκαν ξεχωριστά σε άλλα 40 ml νερό με ταυτόχρονη προσθήκη 0.5 ml H_2O_2 30%. Τα δύο διαλύματα που προέκυψαν προστέθηκαν ταυτόχρονα σε γυάλινη κάψα στο σκοτάδι. Η αντίδραση της αλκαλικής λουμινόλης με H_2O_2 παρουσία $Fe(CN)_6^{3-}$ είναι ακαριαία παράγοντας μπλε φως:



Η λουμινόλη χρησιμοποιείται στην εγκληματολογία για τον εντοπισμό ιχνών αίματος μη ορατών με γυμνό μάτι (καταλύτης: αίμα λόγω σιδήρου). Γενικότερα, το φαινόμενο της χημειοφωταύγειας το συναντάμε στις πυγολαμπίδες και σε ειδικά glow sticks για τον εντοπισμό ναυαγών τη νύχτα.

Λίγα λόγια για τις εξώθερμες αντιδράσεις

Μερικές χημικές αντιδράσεις είναι ισχυρά εξώθερμες προκαλώντας ανάφλεξη χωρίς τη χρήση αναπτήρα. Ένα παράδειγμα αποτελεί η αντίδραση μεταξύ ακετόνης, $KMnO_4$ και H_2SO_4 :



Μία χαρτοπετσέτα εμποτίστηκε σε ακετόνη και τοποθετήθηκε εντός κεραμικού δοχείου. Με την άκρη ενός σταγονόμετρου συλλέχθηκε μικρή ποσότητα H_2SO_4 (1-2 σταγόνες) και 1-2 κρυσταλλάκια $KMnO_4$. Εάν στάξουμε 1-2 σταγόνες του μίγματος $KMnO_4$ - H_2SO_4 στην εμποτισμένη χαρτοπετσέτα τότε παρατηρείται ανάφλεξη και δημιουργία φλόγας:



Ίδια αλλά πιο έντονη συμπεριφορά παρατηρείται επίσης για το μίγμα KClO_3 -ζάχαρη- H_2SO_4 (π.χ. το άλας χλωρικό κάλιο KClO_3 χρησιμοποιείται στα πυροτεχνήματα και τα σπύρτα).

Άλλο χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η φλόγα υδρογόνου. 0.8-0.85 g αλουμινόχαρτο (καλά διπλωμένο) προστέθηκε σε 50 ml διαλύματος πυκνού HCl (37 %) χρωματισμένου με μικρή ποσότητα CuCl_2 εντός πυρίμαχης κωνικής φιάλης. Μετά από λίγα δευτερόλεπτα παρατηρήθηκε έντονη έκλυση H_2 σύμφωνα με την αντίδραση απλής αντικατάστασης:



όπου το Al βρίσκεται αριστερά του υδρογόνου στη σειρά δραστικότητας των στοιχείων. Στο σημείο αυτό το εκλυόμενο H_2 αναφλέχθηκε με αναπτήρα κοντά στο στόμιο της φιάλης παράγοντας χρωματιστή φλόγα:



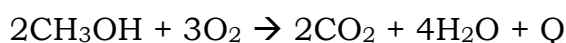
Η φλόγα προκύπτει από την εξώθερμη αντίδραση καύσης: $\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$, ενώ το χρώμα της φλόγας οφείλεται στο διαλυμένο άλας CuCl_2 .

Λίγα λόγια για τις χρωματιστές φλόγες

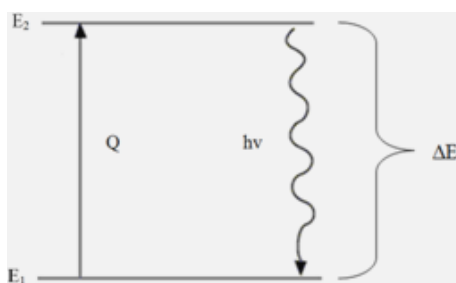
Μικρές ποσότητες στερεών LiO (πηγή λιθίου), NaCl (πηγή νατρίου), CuCl_2 (πηγή χαλκού) και RbCl (πηγή ρουβιδίου) μεταφέρθηκαν χωριστά σε 4 υάλους ωρολογίου. Σε κάθε ύαλο προστέθηκαν 5 ml CH_3OH . Η ανάφλεξη της μεθανόλης με αναπτήρα δίνει κόκκινη φλόγα για το λίθιο, κίτρινη για το νάτριο, πράσινη για το χαλκό και μπλε για το ρουβίδιο:



Η καύση της μεθανόλης παράγει θερμότητα σύμφωνα με την εξώθερμη αντίδραση:



Η θερμότητα Q που εκλύεται προκαλεί διέγερση των ατόμων όπως φαίνεται παρακάτω:



Η αποδιέγερση των ατόμων εκλύει ορατή ακτινοβολία που προσδίδει χαρακτηριστικό χρωματισμό στη φλόγα. Το ενεργειακό χάσμα $\Delta E = E_2 - E_1$ διαφέρει ανάλογα με το στοιχείο δίνοντας κατά περίπτωση διαφορετικό χρώμα εκπεμπόμενης ακτινοβολίας.

Λίγα λόγια για το άκαυτο χαρτί

Ένα κομμάτι λευκό χαρτί εμβαπτίζεται σε μίγμα νερού-ισοπροπανόλης (1:1 v/v). Το εμποτισμένο χαρτί αναφλέγεται με αναπτήρα και παρατηρούμε ότι ενώ είναι τυλιγμένο στις φλόγες αυτό δεν καίγεται. Η φλόγα οφείλεται στην εξώθερμη καύση της ισοπροπανόλης. Ωστόσο, λόγω της ενδόθερμης εξάτμισης του νερού η θερμοκρασία παραμένει κάτω από το σημείο ανάφλεξης του χαρτιού. Πρακτικά το νερό λειτουργεί ως ψυκτικό απάγοντας θερμότητα από τη φλόγα της ισοπροπανόλης. Η ψυκτική ικανότητα του νερού χρησιμοποιείται στην κατάσβεση πυρκαγιών (π.χ. ρίψη νερού με Canadair). Για το πείραμά μας μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε εναλλακτικά χαρτονόμισμα των 5 ευρώ αντί για κοινό χαρτί.

Λίγα λόγια για τη θερμιδομετρία: υπολογισμός ΔH ενδόθερμης ή εξώθερμης αντίδρασης

Παράδειγμα ενδόθερμης αντίδρασης αποτελεί η διάλυση στερεού NH_4NO_3 σε H_2O :

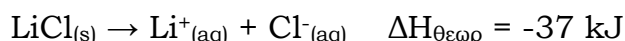


50 ml (ή 50 gr) H_2O προστέθηκαν σε 5 g NH_4NO_3 εντός ποτηριού από φελιζόλ. Κατά τη διάλυση του άλατος το μίγμα ψύχεται. Με τη βοήθεια θερμομέτρου μετρήθηκε η αρχική θερμοκρασία του νερού ίση με $\theta_{\text{αρχ}} = 19^\circ\text{C}$. Μετά τη διάλυση η θερμοκρασία του διαλύματος βρέθηκε ίση με $\theta_{\text{τελ}} = 13^\circ\text{C}$. Μέσω της σχέσης $Q = m_{\text{ολ}} \cdot c_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \Delta\theta$ ($m_{\text{ολ}} = m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{NH}_4\text{NO}_3}$, $c_{\text{H}_2\text{O}}$ η θερμοχωρητικότητα του νερού και $\Delta\theta$ η διαφορά θερμοκρασίας πριν και μετά τη διάλυση), υπολογίζουμε την ενέργεια που απορροφάται από το περιβάλλον:

$$Q = (50+5) \text{ g} \cdot 4.18 \text{ J/g}^\circ\text{C} \cdot (19-13)^\circ\text{C} = 1379.4 \text{ J} \cong 1.38 \text{ kJ}$$

Τα mole της διαλυμένης ουσίας είναι $n = m/\text{MB}_{\text{NH}_4\text{NO}_3} = 5/80 = 0.0625$ mole. Επομένως η διάλυση 0.0625 mole NH_4NO_3 απορροφούν 1.38 kJ ή 1 mole NH_4NO_3 απορροφά 22.1 kJ ($\Delta H_{\text{πειρ}} = +22.1 \text{ kJ}$). Η πειραματική τιμή ΔH είναι κοντά στη θεωρητική με σφάλμα 15 %.

Αντίστοιχο παράδειγμα εξώθερμης αντίδρασης αποτελεί η διάλυση στερεού LiCl σε H_2O :



50 ml (ή 50 gr) H_2O προστέθηκαν σε 5 g LiCl εντός ποτηριού από φελιζόλ. Κατά τη διάλυση το μίγμα θερμαίνεται. Με τη βοήθεια θερμομέτρου μετρήθηκε η αρχική θερμοκρασία του νερού ίση με $\theta_{\text{αρχ}} = 19^\circ\text{C}$. Μετά τη διάλυση η θερμοκρασία του διαλύματος βρέθηκε ίση με $\theta_{\text{τελ}} = 37^\circ\text{C}$. Βάσει της σχέσης $Q = m_{\text{ολ}} \cdot c_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \Delta\theta$ ($m_{\text{ολ}} = m_{\text{H}_2\text{O}} + m_{\text{LiCl}}$) υπολογίζουμε την εκλυόμενη ενέργεια προς το περιβάλλον:

$$Q = (50+5) \text{ g} \cdot 4.18 \text{ J/g}^\circ\text{C} \cdot (37-19)^\circ\text{C} = 4138.2 \text{ J} \cong 4.14 \text{ kJ}$$

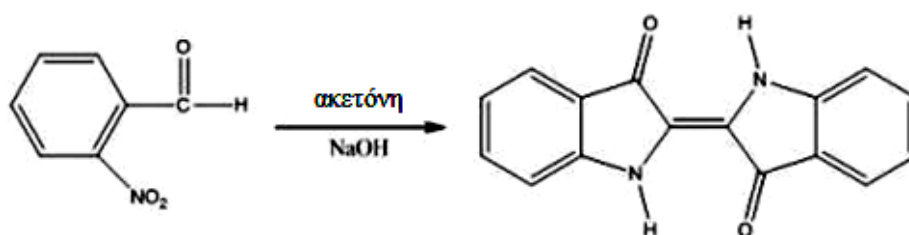
Τα mole της διαλυμένης ουσίας είναι $n = m/\text{MB}_{\text{LiCl}} = 5/42.5 = 0.118$ mole. Επομένως η διάλυση 0.118 mole LiCl ελευθερώνουν 4.14 kJ ή 1 mole LiCl ελευθερώνει 35 kJ ($\Delta H_{\text{πειρ}} = -35 \text{ kJ}$). Η πειραματική τιμή ΔH είναι κοντά στη θεωρητική με σφάλμα 5 %.

14. ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ

Η οργανική χημεία ασχολείται με τη σύνθεση οργανικών ενώσεων του άνθρακα. Σημαντικό κομμάτι της χημικής βιομηχανίας στηρίζεται στην οργανική χημεία και δραστηριοποιείται στην παρασκευή οργανικών χρωστικών υλών, φαρμακευτικών προϊόντων και αρωματικών υλών. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων οργανικών παρασκευασμάτων αποτελούν το indigo, το ακετανιλίδιο και ο σαλικυλικός μεθυλεστέρας. Το indigo είναι η μπλε χρωστική βαφής των blue jeans με μεγάλη ετήσια βιομηχανική παραγωγή. Το ακετανιλίδιο αποτελεί ένα από τα πρώτα αναλγητικά φάρμακα που κυκλοφόρησαν στην αγορά με την εμπορική ονομασία Antifebrin. Με την πάροδο του χρόνου το Antifebrin αντικαταστάθηκε από το δραστικότερο φάρμακο παρακεταμόλη (Panadol) που είναι χημικά συγγενές με το ακετανιλίδιο. Τέλος, ο σαλικυλικός μεθυλεστέρας (γνωστός και ως αιθέριο έλαιο της γωλθερίας ή wintergreen oil) αποτελεί σημαντική πρώτη ύλη της αρωματοποιίας. Παρακάτω παρουσιάζονται οι συνθέσεις των οργανικών ενώσεων indigo, ακετανιλίδιο και σαλικυλικός μεθυλεστέρας.

Indigo

Η χρωστική indigo παρασκευάζεται με βάση την εξώθερμη αντίδραση συμπύκνωσης της 2-νιτροβενζαλδεΐδης με ακετόνη σε αλκαλικές συνθήκες:



Συγκεκριμένα, 0.4 g 2-νιτροβενζαλδεΐδης διαλύθηκαν σε 5 ml ακετόνης. Παράλληλα, 0.4 g NaOH (2 πελλέτες) διαλύθηκαν σε 5 ml νερό. Το υδατικό διάλυμα NaOH προστέθηκε στάγδην στο διάλυμα 2-νιτροβενζαλδεΐδης υπό ανάδευση. Μετά από 15 min το μίγμα της αντίδρασης φυγοκεντρήθηκε (5 min, 5000 rpm) και εκπλύθηκε τρεις φορές με ακετόνη και τρεις φορές με νερό. Τελικά, το στερεό διασπάθηκε σε λίγα ml νερό και μεταφέρθηκε σε

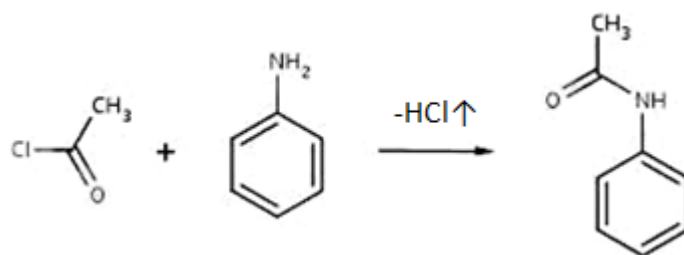
ύαλο ωρολογίου για ξήρανση στους 100 °C για 1 h. Τελικά προέκυψε μπλε-ιώδης χρωστική όπως φαίνεται παρακάτω:



Το μπλε-ιώδες χρώμα του indigo οφείλεται στο χρωμοφόρο $-(O=C)-C=C-(C=O)-$ όπου παρατηρείται συζυγία του καρβονυλίου με το διπλό δεσμό.

Ακετανιλίδιο

Το ακετανιλίδιο παρασκευάζεται από την αντίδραση της ανιλίνης με ακετυλοχλωρίδιο:



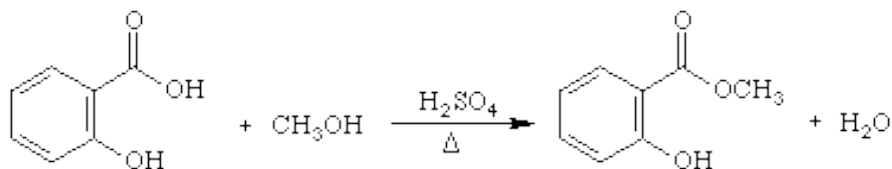
Αναλυτικότερα, 0.5 ml ακετυλοχλωρίδιο προστέθηκε στάγδην σε 1 ml ανιλίνης με ταυτόχρονη έκλυση αέριου HCl. Στο μίγμα που προέκυψε προστέθηκαν 20 ml νερό. Ακολούθησε μηχανική ανάδευση του στερεού με λεπτή υάλινη ράβδο και το λευκό αδιάλυτο στερεό διηθήθηκε, ξεπλύθηκε με νερό και ξηράθηκε πρώτα σε θερμοκρασία δωματίου εντός απαγωγού για 30 min και μετά στους 100 °C για άλλα 30 min. Προέκυψε σκόνη ακετανιλιδίου όπως φαίνεται παρακάτω:



Να σημειωθεί ότι το παραγόμενο ακετανιλίδιο δεν είναι κατάλληλο για άμεση φαρμακευτική χρήση αλλά απαιτείται ανακρυστάλλωση για τον πλήρη καθαρισμό του προϊόντος.

Σαλικυλικός μεθυλεστέρας

Ο σαλικυλικός μεθυλεστέρας παρασκευάζεται με θέρμανση του σαλικυλικού οξέος και της μεθανόλης παρουσία θειικού οξέος, σύμφωνα με την αντίδραση εστεροποίησης:



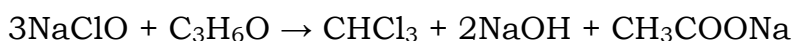
2.5 g σαλικυλικό οξύ διαλύθηκαν σε 50 ml μεθανόλη και προστέθηκαν 2 ml πυκνό H_2SO_4 . Το διάλυμα υποβλήθηκε σε βρασμό με επαναρροή για 1 h και ακολούθως μεταφέρθηκε σε ποτήρι ζέσεως των 100 ml. Το διάλυμα εξατμίστηκε με ήπιο βρασμό στον αέρα υπό ανάδευση μέχρι την πλήρη απομάκρυνση της μεθανόλης (1-1.5 h). Προέκυψε κεχριμπαριί αρωματικό έλαιο με τη γνώριμη οσμή των μυϊκών εμπλάστρων ή του Vicks:



Να σημειωθεί ότι το παραγόμενο έλαιο δεν είναι κατάλληλο για άμεση χρήση αλλά απαιτείται εκχύλιση για τον πλήρη καθαρισμό του προϊόντος.

Λίγα λόγια για το χλωροφόρμιο

Το χλωροφόρμιο (CHCl_3) είναι σημαντικός διαλύτης, αντιδραστήριο και αναισθητικό. Στο πείραμα αυτό παρουσιάζεται η σύνθεση χλωροφορμίου χρησιμοποιώντας οικιακά χημικά, όπως η ακετόνη και η χλωρίνη, σύμφωνα με την εξώθερμη αλογονοφορμική αντίδραση:



1 L χλωρίνης εμπορίου αναμίχτηκε με 30 ml ακετόνη. Το διάλυμα ανακινήθηκε καλά και αφέθηκε σε ηρεμία για 3 h. Ακολούθως συλλέχθηκε η κάτω στοιβάδα χλωροφορμίου ($d_{\text{CHCl}_3} > d_{\text{H}_2\text{O}}$) εφόσον πρώτα απομακρύνθηκε μεγάλο μέρος της υδατικής φάσης με απλή απόχυση. Τελικά συλλέχθηκαν 3-5 ml CHCl_3 όπως φαίνεται παρακάτω:



Λίγα λόγια για την εξαμίνη

Η εξαμίνη $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{N}_4$ αποτελεί στερεό καύσιμο υψηλής ενεργειακής αξίας (30 MJ/Kg) κατάλληλο για camping και κατασκηνώσεις. Παρασκευάζεται εύκολα από φορμαλδεΐδη CH_2O και αμμωνία NH_3 σύμφωνα με την εξώθερμη αντίδραση:



Για τη σύνθεση της εξαμίνης, 10 ml υδατικού διαλύματος CH_2O 37% αναμίχτηκαν με 20 ml πυκνής NH_3 25 %. Κατά την ανάμιξη το μίγμα θερμαίνεται λόγω της παραπάνω εξώθερμης αντίδρασης. Το διάλυμα που προέκυψε τοποθετήθηκε σε πυριαντήριο στους 100 °C για 1 ώρα εντός κλειστού πλαστικού δοχείου και ακολούθως εξατμίστηκε μέχρι ξηρού με ήπιο βρασμό για να ληφθεί η εξαμίνη ως λευκό στερεό. Το στερεό αναφλέγεται εύκολα με αναπτήρα δίνοντας ομαλή καύση:

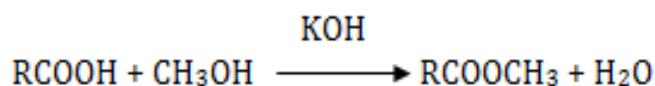


15. ΧΗΜΙΚΑ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟ ΕΛΑΙΟΛΑΔΟ

Το ελαιόλαδο αποτελεί βασικό είδος διατροφής με πολλές θετικές επιδράσεις στον οργανισμό. Πέραν της διατροφικής του αξίας, το ελαιόλαδο είναι επίσης σημαντική πρώτη ύλη για την παραγωγή χημικών όπως το καύσιμο biodiesel και το σαπούνι. Από χημική άποψη το biodiesel είναι ο μεθυλεστέρας των λιπαρών οξέων του ελαιολάδου (RCOOCH_3 , R: C16-C18) ενώ το σαπούνι το άλας των λιπαρών οξέων (RCOONa , R: C16-C18). Οι συνθέσεις biodiesel και σαπουνιού με βάση το ελαιόλαδο παρουσιάζονται παρακάτω.

Biodiesel

Το καύσιμο biodiesel παράγεται από την αντίδραση εστεροποίησης των λιπαρών οξέων του ελαιολάδου με μεθανόλη παρουσία καταλύτη KOH:



50 ml ελαιολάδου μεταφέρθηκαν σε γυάλινο βάζο χωρητικότητας 60 ml και θερμάνθηκαν στους 100 °C για 10 min. Παράλληλα, 0.4 g KOH διαλύθηκαν σε 10 ml μεθανόλης και το διάλυμα που προέκυψε προστέθηκε στο ζεστό λάδι. Το βάζο σφραγίστηκε και ανακινήθηκε έντονα για 5 min. Ακολούθως το μίγμα αφέθηκε σε ηρεμία για 24 ώρες ώστε να διαχωριστεί το biodiesel από τα παραπροϊόντα της αντίδρασης:

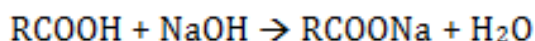


Το biodiesel αντιστοιχεί στην πάνω στοιβάδα (κίτρινο υγρό) ενώ τα παραπροϊόντα στην κάτω στοιβάδα (πορτοκαλί υγρό). Έπειτα, 3 ml biodiesel μεταφέρθηκαν σε πορσελάνινη κάψα και θερμάνθηκαν σε θερμαντική πλάκα μέχρι να παρατηρηθούν ατμοί του καυσίμου. Στο σημείο αυτό το biodiesel αναφλέχθηκε με αναπτήρα δίνοντας έντονη φλόγα λόγω καύσης:



Σαπούνι

Το σαπούνι παράγεται από την εξουδετέρωση των λιπαρών οξέων του ελαιολάδου με NaOH σύμφωνα με την αντίδραση:



20 ml ελαιολάδου, 10 ml αιθανόλης και 5 g NaOH διαλυμένα σε 20 ml νερό προστέθηκαν σε κωνική φιάλη των 250 ml. Η αιθανόλη προστίθεται για την καλύτερη ανάμιξη του διαλύματος βάσης με το ελαιόλαδο. Η φιάλη τοποθετήθηκε σε πυριαντήριο στους 100 °C για 2 ώρες. Κατά τη διάρκεια της θέρμανσης η φιάλη αναδευόταν ελαφρά κάθε 30 min. Μετά το πέρας δύο ωρών σχηματίστηκε πάστα σαπουνιού. Η φιάλη απομακρύνθηκε από το πυριαντήριο και προστέθηκαν 150 ml κορεσμένου διαλύματος NaCl (50 g/150 ml). Η προσθήκη NaCl προκαλεί τον άμεσο διαχωρισμό του σαπουνιού στην επιφάνεια του διαλύματος (salting out). Το μίγμα ψύχθηκε για 15 min στους 5 °C, διηθήθηκε από λεπτό κόσκινο φίλτρου καφέ και ξεπλύνθηκε με 200 ml κρύο νερό (4x50 ml). Η πάστα σαπουνιού τοποθετήθηκε σε χαρτοπετσέτα για την περαιτέρω απορρόφηση υγρών και στη συνέχεια μεταφέρθηκε σε ύαλο ωρολογίου για ξήρανση σε θερμοκρασία δωματίου για μια ημέρα εντός απαγωγού. Τελικά προέκυψαν στερεά κομμάτια σαπουνιού διαλυτά στο νερό (αφρός):

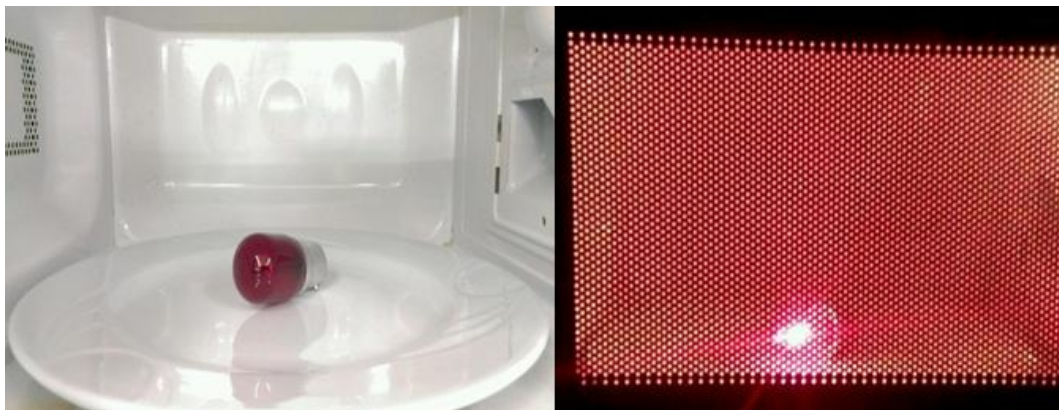


16. ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΑ

Τα μικροκύματα αντιστοιχούν σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μήκος κύματος 0.1-100 cm και συχνότητα 0.3-300 GHz. Μια σημαντική εφαρμογή τους σχετίζεται με τους φούρνους μικροκυμάτων όπου η αλληλεπίδραση της ακτινοβολίας με πολικά μόρια, ιόντα ή μέταλλα δημιουργεί υψηλές θερμοκρασίες σε μικρό χρονικό διάστημα. Λόγω του φαινομένου αυτού, οι φούρνοι μικροκυμάτων αξιοποιούνται σε πλήθος πρακτικών εφαρμογών πέραν της οικιακής χρήσης. Ενδεικτικά παραδείγματα αποτελούν η φωτοβόληση λάμπας, η μέτρηση της ταχύτητας του φωτός, η διάσπαση οργανικών χρωστικών στο νερό και το πλάσμα. Τα πειράματα με μικροκύματα θεωρούνται απλά, γρήγορα και φιλικά προς το περιβάλλον.

Φωτοβόληση λάμπας

Μία έγχρωμη λάμπα πυράκτωσης τοποθετήθηκε σε κεραμικό πιάτο και μεταφέρθηκε σε φούρνο μικροκυμάτων αφού πρώτα αφαιρέθηκε ο μηχανισμός περιστροφής. Η λάμπα ακτινοβολήθηκε για 20-25 s με μικροκύματα ισχύος 700 W προκαλώντας τη φωτοβόλησή της:



Η φωτοβόληση της λάμπας οφείλεται στην πυράκτωση του μεταλλικού νήματος. Στα μέταλλα το ενεργειακό κενό μεταξύ της ταινίας σθένους (Τ.Σ.) και της ταινίας αγωγιμότητας (Τ.Α.) είναι μηδενικό. Τα ηλεκτρόνια με τη βοήθεια των μικροκυμάτων διεγείρονται από Τ.Σ. $\rightarrow$ Τ.Α. και ακολούθως αποδιεγείρονται από Τ.Α. $\rightarrow$ Τ.Σ. ελευθερώνοντας θερμότητα. Η θερμότητα που παράγεται θερμαίνει το νήμα πυράκτωσης προκαλώντας τη φωτοβόληση της λάμπας δίχως να διαρρέεται από ρεύμα.

Ταχύτητα του φωτός

Δύο πλάκες σοκολάτας τοποθετήθηκαν σε κεραμικό πιάτο καλυμμένο με χαρτοπετσέτα και μεταφέρθηκαν σε φούρνο μικροκυμάτων αφού πρώτα αφαιρέθηκε ο μηχανισμός περιστροφής:



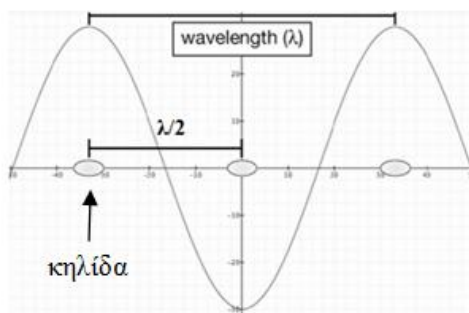
Οι πλάκες σοκολάτας ακτινοβολήθηκαν για 20-40 s με μικροκύματα ισχύος 700 W. Μετά τα 25 s η ακτινοβολήση γίνεται ανά 5 s μέχρι να δημιουργηθούν εμφανείς κηλίδες στην επιφάνεια της σοκολάτας λόγω τήξης. Στο σημείο αυτό απομακρύνουμε τις πλάκες από το φούρνο μικροκυμάτων και με τη βοήθεια χάρακα μετρήσαμε την απόσταση μεταξύ των κέντρων δύο κηλίδων:



Η συγκεκριμένη απόσταση συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 6.5-7.0 cm και αντιστοιχεί στην τιμή $\lambda/2$ (λ : μήκος κύματος μικροκυμάτων). Αν πολλαπλασιάσουμε το $\lambda/2$ με 2 και το διαιρέσουμε με 100 υπολογίζουμε το μήκος κύματος λ σε μέτρα (0.13-0.14 m). Η συχνότητα των μικροκυμάτων αναγράφεται στο πίσω μέρος της συσκευής και ισούται με 2450 MHz ($2450 \cdot 10^6 \text{ s}^{-1}$). Με βάση τη σχέση $c = \lambda \cdot \nu$ υπολογίζουμε την ταχύτητα του φωτός μεταξύ $3.2 \cdot 10^8$ - $3.5 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$ ($c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$).

Ερμηνεία των κηλίδων

Ο φούρνος μικροκυμάτων παράγει στάσιμα κύματα όπως φαίνεται παρακάτω:

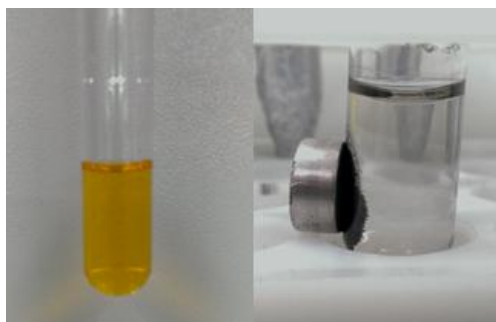


Η απόσταση μεταξύ δύο μεγίστων ισούται με το μήκος κύματος λ . Αντίστοιχα, η απόσταση μεταξύ ενός μεγίστου και ενός ελαχίστου (peak-to-peak) ισούται με $\lambda/2$. Στα σημεία μεγίστου ή ελαχίστου η ένταση του κύματος αποκτά τη μέγιστη τιμή της προκαλώντας τήξη της σοκολάτας (κηλίδα ή hot spot).

Διάσπαση οργανικών χρωστικών

Στο πείραμα αυτό χρησιμοποιούνται οι χρωστικές brilliant blue G (μπλε) και orange II (πορτοκαλί). Ως καταλύτης χρησιμοποιείται διμεταλλική μαγνητική σκόνη Fe-Ag. Εντός δοκιμαστικού σωλήνα προστέθηκαν 4 ml νερού, τρεις σταγόνες υδατικού διαλύματος χρωστικής και 70 mg καταλύτη. Το μίγμα ακτινοβολήθηκε σε φούρνο μικροκυμάτων με περιστροφή για 4 min (120 W). Μετά το πέρας των τεσσάρων λεπτών ο δοκιμαστικός σωλήνας απομακρύνθηκε από το φούρνο μικροκυμάτων και με τη βοήθεια μαγνήτη νεοδυμίου συλλέχθηκε ο καταλύτης στα τοιχώματα του σωλήνα. Μετά την απομάκρυνση του καταλύτη παρατηρήθηκε πλήρης αποχρωματισμός του νερού όπως φαίνεται παρακάτω για τις δύο χρωστικές:

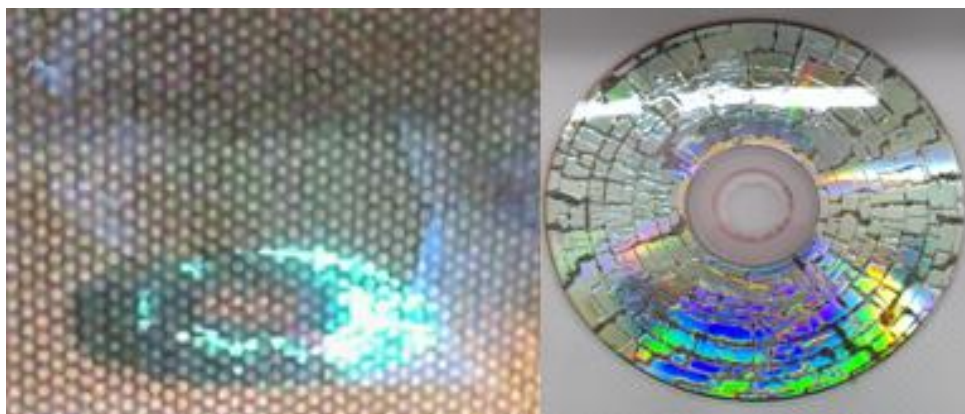




Όπως αναφέρθηκε προηγουμένως τα μέταλλα θερμαίνονται όταν ακτινοβολούνται με μικροκύματα. Το ίδιο συμβαίνει και στην περίπτωση της διμεταλλικής σκόνης Fe-Ag, όπου ο θερμαινόμενος καταλύτης προκαλεί τη διάσπαση των χρωστικών. Να σημειωθεί ότι παγκοσμίως μεγάλες ποσότητες οργανικών χρωστικών ελευθερώνονται στο νερό λόγω βιομηχανικής δραστηριότητας. Επομένως, η καταλυτική διάσπασή τους με μικροκύματα αποτελεί μια ενδιαφέρουσα μέθοδο καθαρισμού του νερού, εισάγοντας μια νέα τεχνολογία απορρύπανσης του περιβάλλοντος.

Πλάσμα

Το CD εγγραφής αποτελείται από πολυανθρακικό πλαστικό (PC) επικαλυμμένο με λεπτό στρώμα αλουμινίου (Al). Όταν ο δίσκος τοποθετηθεί σε φούρνο μικροκυμάτων για 10 s στα 700 W με περιστροφή τότε παρατηρείται η δημιουργία πλάσματος (μπλε σπινθήρες) με ταυτόχρονη εξάχνωση του μετάλλου (αυλακώσεις στην επιφάνεια του CD):



Η εξάχνωση Al οφείλεται στη θέρμανση του μετάλλου λόγω απορρόφησης των μικροκυμάτων. Ταυτόχρονα, το θερμό μέταλλο ιονίζει τα μόρια του αέρα για το σχηματισμό μπλε πλάσματος, π.χ. $N_2 \rightarrow N_2^+ + e^-$. Το πλάσμα αποτελεί την τέταρτη μορφή της ύλης και συναντάται σε κεραυνούς, άστρα, φώτα Ne κλπ.

17. LASER

Τα laser αποτελούν πηγή συμπυκνωμένου φωτός σε μορφή λεπτής μονοχρωματικής δέσμης (μπλε, κόκκινη, πράσινη). Βρίσκουν σημαντικές εφαρμογές στη βιομηχανία (κοπή ή συγκόλληση μετάλλων), στο στρατό (καταστροφή στόχων), στην ιατρική (χειρουργική, οφθαλμιατρική, αισθητική-εμφύτευση μαλλιών) και τη μεταφορά ή αποθήκευση πληροφορίας (οπτικές ίνες, CD εγγραφής). Παρακάτω παρουσιάζονται πειράματα με πράσινο laser εμπορίου χαμηλής ισχύος (532 nm, 5 mW) όπως: κάμψη δέσμης, αλλαγή χρώματος δέσμης, ραδιόμετρο crookes, φίλτρο laser, “φωτοβόληση” λαμπτήρα, μοτίβα laser και ανάφλεξη σπέρτου. Για την επιτυχή διεξαγωγή των πειραμάτων απαιτείται έντονη δέσμη laser (π.χ. έλεγχος μπαταρίας).

Κάμψη δέσμης

Γεμίζουμε ένα πλαστικό μπουκάλι με νερό αφού πρώτα ανοίξει μια μικρή οπή στο πλάγιο τοίχωμά του. Λόγω της οπής το νερό αρχίζει να αναβλύζει από το μπουκάλι με συνεχή τρόπο σε μορφή λεπτού πίδακα. Τοποθετούμε το laser αντιδιαμετρικά της οπής ώστε η προσπίπτουσα δέσμη να περνάει μέσα από αυτή. Παρατηρούμε ότι η δέσμη κάμπτεται ακολουθώντας ροή προς τα κάτω:



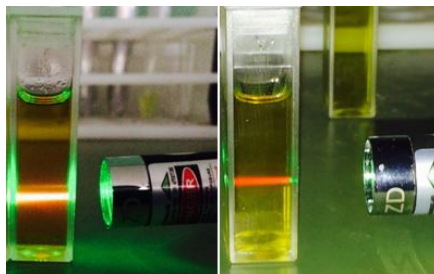
Ουσιαστικά ο λεπτός πίδακας νερού προκαλεί εσωτερικές ανακλάσεις της δέσμης λειτουργώντας ως οπτική ίνα. Άλλο παράδειγμα οπτικής ίνας αποτελεί το αραιωμένο γάλα (ημιδιαφανές υγρό) εντός δοκιμαστικού σωλήνα:



Όταν από το κάτω άκρο του σωλήνα ρίχνουμε δέσμη laser υπό γωνία τότε παρατηρούνται συνεχείς εσωτερικές ανακλάσεις μέχρι την έξοδο της δέσμης από την επιφάνεια του υγρού. Οι ανακλάσεις αυτές είναι ορατές λόγω της σκέδασης Tyndall που προκαλούν τα σταγονίδια λίπους του γάλακτος. Τέλος, ένας κοίλος σωλήνας σιλικόνης λειτουργεί επίσης ως απλή οπτική ίνα κάμπτοντας τη δέσμη laser.

Αλλαγή χρώματος δέσμης

Πράσινη δέσμη laser διέρχεται μέσα από δύο διαφορετικές ποικιλίες ελαιολάδου (εξαιρετικό παρθένο ελαιόλαδο και μίγμα παρθένου με κοινό ελαιόλαδο). Παρατηρούμε ότι η διερχόμενη δέσμη αλλάζει χρώμα από πράσινη σε πορτοκαλί ή κίτρινη ανάλογα της ποικιλίας λαδιού:



Η αλλαγή χρώματος οφείλεται σε φαινόμενα φθορισμού των συστατικών του ελαιολάδου. Τα συστατικά αυτά διεγείρονται με πράσινη ακτινοβολία και εκπέμπουν ακτινοβολία μεγαλύτερου μήκους κύματος που αντιστοιχεί στο κίτρινο ή πορτοκαλί (ενίοτε και κόκκινο).

Ραδιόμετρο crookes

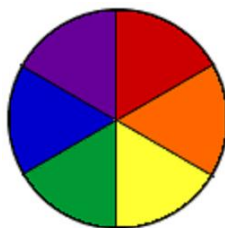
Το ραδιόμετρο crookes αποτελείται από ένα αερόκενο γυάλινο σφαιρικό δοχείο στο εσωτερικό του οποίου μπορεί να περιστρέφεται ελεύθερα ένα σύστημα τεσσάρων λεπτών μεταλλικών επιφανειών. Οι επιφάνειες αυτές είναι μαυρισμένες από τη μία πλευρά και στιλπνές από την άλλη. Μόλις στοχεύσουμε τη μαύρη επιφάνεια του ραδιομέτρου με έντονη δέσμη laser τότε παρατηρείται περιστροφή του συστήματος όπως φαίνεται παρακάτω:



Το συγκεκριμένο πείραμα μας δείχνει την ικανότητα του φωτός να προκαλεί την κίνηση αντικειμένων. Σύμφωνα με τη σωματιδιακή θεώρηση του φωτός, η περιστροφή μπορεί να αποδοθεί στην πρόσκρουση των φωτονίων του laser στη μεταλλική επιφάνεια του ραδιομέτρου. Από θερμοδυναμική άποψη, η φωτεινή ενέργεια του laser μετατρέπεται σε θερμική λόγω απορρόφησής της από τη μαύρη επιφάνεια του ραδιομέτρου.

Φίλτρο laser

Στοχεύουμε με πράσινο laser σε επίπεδη επιφάνεια ώστε να γίνει διακριτή η πράσινη κηλίδα. Στη συνέχεια στοχεύουμε στην ίδια κατεύθυνση βάζοντας μπροστά από το laser κόκκινο διαφανές γυαλί. Παρατηρούμε ότι η κηλίδα σχεδόν εξαφανίζεται. Ο λόγος που συμβαίνει αυτό είναι ότι το κόκκινο γυαλί λειτουργεί ως φίλτρο απορρόφησης της πράσινης ακτινοβολίας. Να σημειωθεί ότι το κόκκινο και το πράσινο θεωρούνται συμπληρωματικά χρώματα στον κύκλο χρωμάτων:



“Φωτοβόληση” λαμπτήρα

Σε σκοτεινό χώρο στοχεύουμε με δέσμη laser ένα γαλακτώδη λαμπτήρα τύπου μπαγιονέτ. Η προσπίπτουσα δέσμη εγκλωβίζεται εντός του λαμπτήρα λόγω πολλαπλών εσωτερικών ανακλάσεων δημιουργώντας χαρακτηριστική λάμψη. Το φαινόμενο παρατηρείται επίσης σε διαφανής κρυστάλλους χαλαζία.



Μοτίβα laser

Η διέλευση μιας δέσμης laser από διάφορα αντικείμενα προκαλεί φαινόμενα διάθλασης, διάχυσης και ανάκλασης. Τα φαινόμενα αυτά έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ποικίλων μοτίβων μέσω προβολής του laser σε επίπεδη επιφάνεια. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο πολύεδρος κρύσταλλος γυαλιού. Ανάλογα με την κατεύθυνση ρίψης του laser, ο κρύσταλλος οδηγεί στην προβολή ενός αστεριού ή “αστρικών” κουκίδων.



Ανάφλεξη σπέρτου

Για το σκοπό του πειράματος χρησιμοποιείται μπλε laser (450 nm) υψηλής εστίασης και ισχύος (1 W). Σε απόσταση 10-15 cm από την έξοδο του laser πλησιάζουμε ένα σπέρτο κοντά στη φωτεινή δέσμη. Μετά από λίγο παρατηρείται ανάφλεξη του σπέρτου λόγω της μεγάλης πυκνότητας φωτονίων που προσπίπτουν στην κεφαλή του:



Παρομοίως, αν τοποθετήσουμε προσημειωμένο με μαύρο μαρκαδόρο χαρτί μπροστά στη δέσμη τότε δημιουργείται μικρή οπή λόγω τοπικού καψίματος. Να σημειωθεί ότι η χρήση του μπλε laser υψηλής εστίασης απαιτεί ειδικά προστατευτικά γυαλιά και αποφυγή απευθείας έκθεσης στην ακτινοβολία.

18. ΚΑΤΑΛΥΤΕΣ

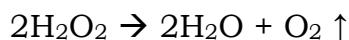
Ο καταλύτης είναι ουσία που αυξάνει δραματικά την ταχύτητα μιας αντίδρασης. Η κατάλυση αποτελεί σημαντικό κεφάλαιο της χημικής βιομηχανίας όπου η συνεχής αναζήτηση νέων καταλυτών αποσκοπεί στην αύξηση της παραγωγής με παράλληλη μείωση του κόστους. Αρκετοί καταλύτες αποτελούνται από οξείδια μετάλλων των στοιχείων μετάπτωσης. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν ο πυρολουσίτης MnO_2 και το οξείδιο του χρωμίου Cr_2O_3 . Ο πυρολουσίτης χρησιμοποιείται στην καταλυτική διάσπαση του H_2O_2 ενώ το Cr_2O_3 στην καταλυτική οξείδωση της NH_3 . Η παρασκευή και καταλυτική δράση των MnO_2 και Cr_2O_3 παρουσιάζονται παρακάτω.

MnO_2

Ο πυρολουσίτης λαμβάνεται με θερμική διάσπαση του άλατος $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ σύμφωνα με την αντίδραση:



1 g $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ ζυγίστηκε σε καψάκι πορσελάνης και το στερεό θερμάνθηκε σε φούρνο στους 400 °C για 1 ώρα. Κατά την διάρκεια της θέρμανσης προέκυψε μαύρο στερεό MnO_2 απλωμένο στα τοιχώματα της πορσελάνης. Το καψάκι απομακρύνθηκε από το φούρνο και αφέθηκε να ψυχθεί σε θερμοκρασία δωματίου. Ακολούθησε η προσθήκη μικρής ποσότητας υδατικού διαλύματος H_2O_2 30% εντός του καψακίου. Άμεσα παρατηρήθηκε η διάσπαση του υπεροξειδίου του υδρογόνου σε νερό και αέριο O_2 :



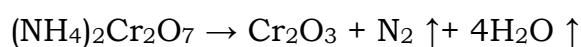
Η διάσπαση του H_2O_2 γίνεται εύκολα αντιληπτή από την έκλυση φυσαλίδων O_2 και θερμότητας ($\Delta H = -98.2 \text{ kJ}$). Ο σχηματισμός και η καταλυτική δράση του MnO_2 φαίνονται παρακάτω:



Λόγω έκλυσης μοριακού οξυγόνου, η καταλυτική διάσπαση του H_2O_2 με MnO_2 χρησιμοποιείται στην απολύμανση φακών επαφής. Μια ενδιαφέρουσα παραλλαγή της καταλυτικής διάσπασης του H_2O_2 από πυρολουσίτη συναντάμε στο πείραμα “τζίι στο μπουκάλι”. Εντός μπουκαλιού καλυμμένου με αλουμινόχαρτο προσθέτουμε H_2O_2 30 %. Ακολουθώς προσθέτουμε μικρή ποσότητα MnO_2 οπότε και εμφανίζεται ένα “τζίι” καπνού $\text{H}_2\text{O}-\text{O}_2$ (ατμός και O_2).

Cr_2O_3

Η σύνθεση Cr_2O_3 πραγματοποιείται με θερμική διάσπαση του διχρωμικού αμμωνίου:



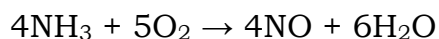
Τοποθετούμε 10 g διχρωμικού αμμωνίου $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ σε κάψα πορσελάνης φτιάχνοντας ένα μικρό κώνο. Στην κορυφή του κώνου προσθέτουμε αιθανόλη και αναφλέγουμε με αναπτήρα. Παρατηρούμε το σχηματισμό “ηφαιστείου” με ταυτόχρονη παραγωγή πράσινου Cr_2O_3 :



Η διόγκωση του Cr_2O_3 οφείλεται στην έκλυση αέριων προϊόντων όπως N_2 και υδρατμοί. Ακολουθώς, η πράσινη σκόνη πυρώθηκε σε φλόγα καμινέτου και προστέθηκε γρήγορα σε φιάλη που περιείχε 25 ml διαλύματος πυκνής αμμωνίας 25 % υπό ήπια θέρμανση. Αμέσως παρατηρήθηκαν σπινθήρες εντός της φιάλης όπως φαίνεται παρακάτω:



Οι σπινθήρες οφείλονται στην καταλυτική οξείδωση της αέριας αμμωνίας σύμφωνα με την εξώθερμη αντίδραση ($\Delta H = -905.2 \text{ kJ}$):



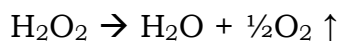
Η καταλυτική οξείδωση της αμμωνίας με Cr_2O_3 αποτελεί το πρώτο βήμα της μεθόδου Ostwald για τη βιομηχανική παρασκευή νιτρικού οξέος.

Λίγα λόγια για τον ελεφάντινο αφρό

Σε κωνική φιάλη των 250 ml προστέθηκαν 50 ml H_2O_2 30 % και μικρή ποσότητα υγρού σαπουνιού. Στο μίγμα προστέθηκε στερεό KI και αμέσως παρατηρήθηκε έκλυση μεγάλης ποσότητας αφρού που μοιάζει με προβοσκίδα ελέφαντα:



Η προσθήκη KI προκαλεί την καταλυτική διάσπαση του H_2O_2 σύμφωνα με την αντίδραση:



Επομένως, ο αφρός προκύπτει από τον συνδυασμό του εκλυόμενου O_2 με το σαπούνι, ενώ το σχήμα του από το στενό στόμιο της κωνικής φιάλης.

19. ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

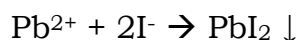
Η χημεία είναι μια βαθιά χαρισματική επιστήμη με αναρίθμητα παραδείγματα φαινομένων που αιχμαλωτίζουν το ενδιαφέρον του παρατηρητή. Στο τέλος αυτής της σύντομης διαδρομής παρουσιάζονται γενικά πειράματα χημείας με την εξής θεματολογία: “χρυσόσκονη” PbI_2 , περιοδικές αντιδράσεις, μαγνητικά σταγονίδια, στιγμιαίος πάγος, mini πυροσβεστήρας, θερμική διάσπαση $\text{Hg}(\text{SCN})_2$, μαγική λάσπη, κινούμενα χρώματα και μαγνητικός κινητήρας. Με την έως τώρα ενεργή συμμετοχής σας στις εργαστηριακές ασκήσεις του μαθήματος, ευχόμαστε ειλικρινά να μπορέσετε να ανακαλύψετε τη συναρπαστική όψη της χημείας και τους ορίζοντες που αυτή ανοίγει:

*“Ω κορωνίδα των Επιστημών, θαυματουργή Χημεία,
που μέσα από τα σκύβαλα στολίδια βγάζεις και πειράδια,
μπορείς τα τίμια να τα πλάσεις από την αιτιμία,
να βρεις ερωτικούς παλμούς και στην καρδιά την άδεια;”*

Κωστής Παλαμάς

“Χρυσόσκονη” PbI_2

0.6 g $\text{Pb}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ (πηγή ιόντων Pb^{2+}) διαλύθηκαν σε 150 ml νερό με ακόλουθη προσθήκη 1 ml CH_3COOH . Ξεχωριστά, 0.6 g KI (πηγή ιόντων I^-) διαλύθηκαν σε άλλα 150 ml νερό. Το διάλυμα ιόντων I^- προστέθηκε σε αυτό των ιόντων Pb^{2+} προς το σχηματισμό κίτρινου ιζήματος PbI_2 :



Το διάλυμα θερμάνθηκε μέχρι να διαλυθεί πλήρως το ίζημα και ακολούθως αφέθηκε προς αργή ψύξη σε θερμοκρασία δωματίου (~1 ώρα). Κατά τη ψύξη εμφανίστηκαν κίτρινοι κρύσταλλοι* PbI_2 με χαρακτηριστική χρυσίζουσα λάμψη:



Οι κρύσταλλοι που σχηματίζονται εμφανίζουν επίπεδες έδρες και αποτελούνται από βαριά στοιχεία όπως ο μόλυβδος και το ιώδιο. Ο συνδυασμός των δύο παραμέτρων προκαλεί την ανάκλαση του φωτός προσδίδοντας έντονη λάμψη στους κρυστάλλους.

*Σε περίπτωση που δεν παρατηρηθεί καταβύθιση κρυστάλλων τρίψτε ελαφρά τα τοιχώματα του ποτηριού ζέσεως με υάλινη ράβδο.

Περιοδικές αντιδράσεις

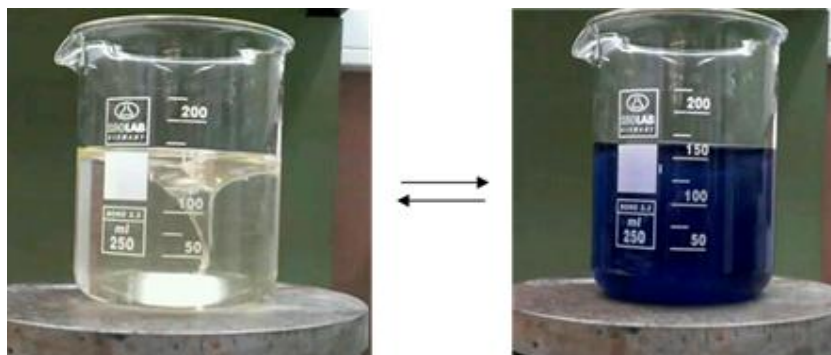
Οι περιοδικές αντιδράσεις αποτελούν σπάνια παραδείγματα πολύπλοκων χημικών αντιδράσεων όπου παρατηρείται χρωματισμός και αποχρωματισμός ενός διαλύματος ανά τακτά χρονικά διαστήματα. Ένα τέτοιο παράδειγμα είναι η αντίδραση *Briggs-Rauscher*. Για την εκτέλεση του πειράματος απαιτούνται τρία υδατικά διαλύματα:

Διάλυμα Α: H_2O_2 (40 ml H_2O_2 30%/ 100 ml νερό)

Διάλυμα Β: $\text{KIO}_3\text{-H}_2\text{SO}_4$ (4.3 g KIO_3 , 0.5 ml πυκνό H_2SO_4 / 100 ml νερό)

Διάλυμα Γ: μηλονικό οξύ- MnSO_4 -άμυλο (1.6 g μηλονικό οξύ, 0.35 g MnSO_4 , 30 mg άμυλο / 100 ml νερό)

Αρχικά αναμίχθηκαν 50 ml διαλύματος Α και 50 ml διαλύματος Β. Στο διάλυμα που προέκυψε προστέθηκαν 50 ml διαλύματος Γ υπό ανάδευση. Κατά τη διάρκεια της αντίδρασης παρατηρήθηκε περιοδική εναλλαγή του χρώματος του διαλύματος από άχρωμο σε μπλε:



Η εναλλαγή χρώματος οφείλεται στην περιοδική εμφάνιση και εξαφάνιση του ενδιάμεσου προϊόντος I_3^- . Ο δείκτης αμύλου χρωματίζεται μπλε παρουσία I_3^- ενώ αποχρωματίζεται απουσία I_3^- .

Μαγνητικά σταγονίδια

Περίπου 7.5 g $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ διαλύθηκαν σε 2 ml νερό για να προκύψει κορεσμένο διάλυμα άλατος μαγγανίου. Σε υάλινο φιαλίδιο των 20 ml προστέθηκαν 15 ml CHCl_3 και 1 ml νερό. Λόγω μη ανάμιξης του χλωροφορμίου με το νερό παρατηρείται διαχωρισμός φάσεων. Στο διφασικό σύστημα προστέθηκε σταγόνην το κορεσμένο διάλυμα μαγγανίου μέχρις ότου να παρατηρηθεί αιώρηση των υδατικών σταγονιδίων εντός της φάσης του χλωροφορμίου μετά από ανακίνηση του φιαλιδίου. Στο σημείο αυτό τα σταγονίδια έλκονται από μαγνήτη νεοδυμίου όπως φαίνεται παρακάτω:



Το ιόν Mn^{2+} έχει την ηλεκτρονική δομή $[\text{Ar}]3d^5$, δηλαδή υπάρχουν 5 ασύζευκτα ηλεκτρόνια και επομένως είναι παραμαγνητικό με μαγνητική ροπή spin 5.92 BM. Λόγω υψηλής μαγνητικής ροπής τα ιόντα Mn^{2+} έλκονται από τον μαγνήτη προκαλώντας το διαχωρισμό των σταγονιδίων από τη φάση του χλωροφορμίου. Άλλο παράδειγμα μαγνητικού ρευστού αποτελεί το υδατικό κολλοειδές μαγνητίτη (ferrofluid).

Στιγμιαίος πάγος

Ένα σφραγισμένο πλαστικό μπουκάλι νερού 0.5 L τοποθετείται στην κατάψυξη ($-15\text{ }^\circ\text{C}$) σε οριζόντια θέση για 2 ώρες και 40 λεπτά. Στη διάρκεια της ψύξης το νερό πρέπει να παραμείνει στην υγρή κατάσταση χωρίς εμφανή σημάδια σχηματισμού πάγου. Το μπουκάλι απομακρύνεται προσεκτικά από τον καταψύκτη και ενώ το νερό βρίσκεται στην υγρή κατάσταση χτυπιέται μηχανικά στα τοιχώματα με το χέρι. Αμέσως παρατηρείται πήξη του νερού και σχηματισμός πάγου σε όλο τον όγκο του μπουκαλιού. Το φαινόμενο οφείλεται στο σχηματισμό μικροσκοπικών, μη εμφανών στο μάτι κρυστάλλων πάγου στα τοιχώματα του μπουκαλιού οι οποίοι λειτουργούν ως πυρήνες κρυστάλλωσης. Παρόμοιο παράδειγμα αποτελεί ο ψεκασμός της ατμόσφαιρας με κρυστάλλους AgCl ή ξηρού πάγου (CO_2) για την πρόκληση βροχής.

Μini πυροσβεστήρας

Όταν αναμίξουμε μαγειρική σόδα (NaHCO_3) με ξύδι (CH_3COOH) παρατηρείται άφρισμα του μίγματος λόγω έκλυσης CO_2 σύμφωνα με την αντίδραση:



Μόλις πλησιάσουμε το αφρισμένο μίγμα κοντά στη φλόγα ενός κεριού τότε αυτό σβήνει:



Το CO_2 είναι βαρύτερο από τον αέρα και επομένως τον εκτοπίζει από την περιοχή της φλόγας προκαλώντας το σβήσιμό της. Στην ίδια αρχή βασίζονται και οι πυροσβεστήρες κατάσβεσης οι οποίοι περιέχουν ως ενεργό συστατικό το CO_2 .

Θερμική διάσπαση $\text{Hg}(\text{SCN})_2$

Ποσότητα $\text{Hg}(\text{SCN})_2$ τοποθετείται σε ύαλο ωρολογίου και αναφλέγεται με αναπτήρα. Παρατηρείται έντονη διόγκωση του στερεού με ανάπτυξη “alien” σχημάτων όπως φαίνεται παρακάτω:



Η διόγκωση του στερεού οφείλεται στην έκλυση αερίων λόγω της εξώθερμης αντίδρασης:



Μαγική λάσπη

2x200 g σκόνη cornflour αναμίχθηκαν καλά με κατάλληλη ποσότητα νερού (1.5-2 ποτήρια) ώστε να προκύψει παχύρρευστη λάσπη. Όταν τοποθετούμε απαλά το δάχτυλό μας μέσα στη μίγμα παρατηρούμε ότι αυτό βυθίζεται εύκολα εντός της παχύρρευστης λάσπης (συμπεριφορά ρευστού). Όταν όμως χτυπάμε γροθιά στην επιφάνεια του μίγματος τότε η λάσπη συμπεριφέρεται σαν μια συμπαγή μάζα (συμπεριφορά στερεού). Το μίγμα cornflour-νερό αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα μη-νευτωνικού ρευστού, δηλαδή το ιξώδες του εξαρτάται από την ασκούμενη εξωτερική πίεση. Σε αντίθεση με το μίγμα cornflour-νερό, το νερό θεωρείται νευτωνικό ρευστό, δηλαδή το ιξώδες του δεν εξαρτάται από την εφαρμογή εξωτερικής πίεσης.

Κινούμενα χρώματα

Στην επιφάνεια γάλακτος στάζουμε μία σταγόνα κόκκινης, πορτοκαλί και πράσινης χρωστικής τροφίμων έτσι ώστε να σχηματιστούν χρωματιστές κηλίδες με απόσταση μεταξύ τους. Στη συνέχεια με το άκρο μιας μπατονέτας που προηγουμένως έχει αλειφτεί στο άκρο της με υγρό σαπούνι αγγίζουμε το κέντρο των κηλίδων. Παρατηρούμε εντυπωσιακούς σχηματισμούς λόγω κίνησης και ανάμιξης των χρωμάτων στην επιφάνεια του γάλακτος. Η κίνηση αυτή προκαλείται από τη δημιουργία μονομοριακού στρώματος σαπουνιού στην επιφάνεια του γάλακτος που σαρώνει τις χρωστικές.

Μαγνητικός κινητήρας

Έστω η παρακάτω συνδεσμολογία μπαταρίας-μαγνήτη Nd:



Εάν συνδέουμε με καλώδιο χαλκού τον άνω πόλο της μπαταρίας με το μαγνήτη τότε αυτός τίθεται σε γρήγορη περιστροφή. Το σύστημα μπαταρίας-μαγνήτη Nd αποτελεί λοιπόν το απλούστερο παράδειγμα μηχανικού κινητήρα. Επιπλέον, ο μαγνήτης Nd μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στην παραγωγή ηλεκτρικού ρεύματος μέσω πηνίου (επαγωγικό ρεύμα-κανόνας του Lenz).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- 1) H. W. Roesky, "Spectacular Chemical Experiments", 2007 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, pages 224.
- 2) H. W. Roesky, K. Möckel, "Chemical Curiosities: spectacular experiments and inspired quotes", 1996 VCH Verlagsgesellschaft mbH, D-69451 Weinheim (Federal Republic of Germany), pages 354.
- 3) U. Schubert, N. Hüsing, R. Laine, "Materials Syntheses: A practical Guide", 2008 Springer-Verlag/Wien (Germany), pages 228.
- 4) L. A. Ford, E. W. Grundmeier, "Chemical Magic", 1993 Dover Publications Inc. (New York), pages 109.
- 5) S. Qu, X. Wang, Q. Lu, X. Liu, L. Wang, "A Biocompatible Fluorescent Ink Based on Water-Soluble Luminescent Carbon Nanodots", Angew. Chem. Int. Ed. 2012, vol. 51, pp. 12215-12218.

ΧΡΗΣΙΜΟΙ ΙΣΤΟΤΟΠΟΙ

- 1) <http://www.rsc.org/learn-chemistry/resource/listing?searchtext=Classic+Chemistry+Experiments>
- 2) <http://education.mrsec.wisc.edu/nanolab/index.html>
- 3) https://www.youtube.com/user/NurdRage/videos?view=0&sort=p&shelf_id=0
- 4) <http://www.chemicum.com/chemistry-videos/>
- 5) <http://www.scienceinschool.org/2009/issue12/microwaves>
- 6) https://web.njit.edu/~mitra/green_chemistry/Experiments.htm
- 7) <http://www.west.net/~science/laser.htm>
- 8) <https://www.asme.org/career-education/articles/k-12-grade/laser-experiments-to-share-with-your-kids>

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Περιοδικός Πίνακας

1	H																	2	He																
	1s ¹																		1s ²																
3	Li	4	Be																	5	B	6	C	7	N	8	O	9	F	10	Ne				
	2s ¹		2s ²																		2s ² 2p ¹		2s ² 2p ²		2s ² 2p ³		2s ² 2p ⁴		2s ² 2p ⁵		2s ² 2p ⁶				
11	Na	12	Mg																	13	Al	14	Si	15	P	16	S	17	Cl	18	Ar				
	[Ne] 3s ¹		3s ²																		3s ² 3p ¹		3s ² 3p ²		3s ² 3p ³		3s ² 3p ⁴		3s ² 3p ⁵		3s ² 3p ⁶				
19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr
	[Ar] 4s ¹		4s ²		3d ¹ 4s ²		3d ² 4s ²		3d ³ 4s ²		3d ⁴ 4s ²		3d ⁵ 4s ¹		3d ⁶ 4s ²		3d ⁷ 4s ²		3d ⁸ 4s ²		3d ¹⁰ 4s ¹		3d ¹⁰ 4s ²		4s ² 4p ¹		4s ² 4p ²		4s ² 4p ³		4s ² 4p ⁴		4s ² 4p ⁵		4s ² 4p ⁶
37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe
			5s ²		4d ¹ 5s ²		4d ² 5s ²		4d ⁴ 5s ¹		4d ⁵ 5s ¹		4d ⁶ 5s ¹		4d ⁷ 5s ¹		4d ⁸ 5s ¹		4d ¹⁰ 5s ⁰		4d ¹⁰ 5s ¹		4d ¹⁰ 5s ²		5s ² 5p ¹		5s ² 5p ²		5s ² 5p ³		5s ² 5p ⁴		5s ² 5p ⁵		5s ² 5p ⁶
55	Cs	56	Ba	57	La	58	Hf	72	Ta	74	W	75	Re	76	Os	77	Ir	78	Pt	79	Au	80	Hg	81	Tl	82	Pb	83	Bi	84	Po	85	At	86	Rn
	[Xe] 6s ¹		6s ²		5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ² 6s ²		5d ³ 6s ²		5d ⁴ 6s ²		5d ⁵ 6s ²		5d ⁶ 6s ²		5d ⁹ 6s ⁰		5d ⁹ 6s ¹		5d ¹⁰ 6s ¹		5d ¹⁰ 6s ²		6s ² 6p ¹		6s ² 6p ²		6s ² 6p ³		6s ² 6p ⁴		6s ² 6p ⁵		6s ² 6p ⁶
87	Fr	88	Ra	89	Ac	104	Rf	105	Db	106	Sg	107	Bh	108	Hs	109	Vt	110	Ds	111	Rg	112	Uub	113	Uut	114	Uuq	115	Uup	116	Uuh				
	[Rn] 7s ¹		7s ²		5f ¹⁴ 6d ² 7s ²		5f ¹⁴ 6d ³ 7s ²		5f ¹⁴ 6d ⁴ 7s ²		5f ¹⁴ 6d ⁵ 7s ²		5f ¹⁴ 6d ⁶ 7s ²		5f ¹⁴ 6d ⁷ 7s ²		5f ¹⁴ 6d ⁸ 7s ²		5f ¹⁴ 6d ⁹ 7s ¹		5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ¹		5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ²		5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ¹		5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ²		5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ³		5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ⁴		5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ⁵		5f ¹⁴ 6d ¹⁰ 7s ² 7p ⁶

58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	71	Lu																																																																																																																																																																																																																
	4f ² 5d ⁰ 6s ²		4f ³ 5d ⁰ 6s ²		4f ⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ⁵ 5d ⁰ 6s ²		4f ⁶ 5d ⁰ 6s ²		4f ⁷ 5d ⁰ 6s ²		4f ⁷ 5d ¹ 6s ²		4f ⁹ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁰ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹¹ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹² 5d ⁰ 6s ²		4f ¹³ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ¹ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ⁰ 6s ²		4f ¹⁴ 5d ^{1</}

Δυναμικά ηλεκτροδίων (volts)

Aluminium	-1.66
Zinc	-0.76
Iron	-0.44
Copper	+0.34

Σειρά δραστικότητας στοιχείων

Mg>Al>C>Si>H>Cu>Hg

Σειρά εκφόρτισης ιόντων

Κατιόντα: Na^+ , H^+

Ανιόντα: OH^- , Cl^-

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ

1) ΘΕΡΜΟΧΡΩΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

<i>Ag₂HgI₄</i>	5
<i>Cu₂HgI₄</i>	6
<i>LC</i>	7

2) ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

<i>Fe₃O₄</i>	12
<i>CoFe₂O₄</i>	13
<i>Fe</i>	8
<i>Μαγνητικά ρευστά</i>	74
<i>Μαγνητικός κινητήρας-Κανόνας Lenz</i>	76
<i>Εξίσωση Scherrer</i>	13

3) ΑΝΘΡΑΚΑΣ

<i>Κύκλωμα γραφίτη-λαμπτήρας γραφίτη</i>	16-17
<i>Γραφένιο</i>	15
<i>Φθορίζουσες τελείες άνθρακα (C-dots)</i>	18
<i>Ανθρακοποίηση ζάχαρης & 4-νιτροανιλίνης</i>	21 & 22

4) ΚΟΛΛΟΕΙΔΗ-ΜΕΤΑΛΛΑ-ΓΥΑΛΙΑ

<i>Au</i>	23
<i>Ag</i>	24
<i>S</i>	25
<i>Cu</i>	45
<i>Καθρέφτης Ag</i>	33
<i>Nitinol</i>	48
<i>PbO-H₃BO₃-ZnO-CuO-CoO</i>	40

5) ΠΟΛΥΜΕΡΗ

<i>Nylon</i>	26
<i>PVA flabber</i>	27
<i>Πολυανιλίνη</i>	28
<i>Υπεραπορροφητικές πολυακρυλικές σφαίρες</i>	29
<i>Τεχνητό “χιόνι”</i>	31
<i>Διάλυση πολυστυρενίου</i>	31
<i>Πλαστική σακούλα</i>	32
<i>Μαγική λάσπη</i>	76

6) ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΜΑΤΑ

<i>Indigo</i>	55
<i>Ακετανιλίδιο</i>	56
<i>Χλωροφόρμιο</i>	57
<i>Εξαμίνη</i>	58

7) ΧΗΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

<i>Ενδόθερμη αντίδραση</i>	49
<i>Εξώθερμη αντίδραση</i>	50
<i>Χημειοφωταύγεια</i>	50
<i>Φλόγα υδρογόνου</i>	52
<i>KClO₃-ζάχαρη-H₂SO₄</i>	52
<i>Χρωματιστές φλόγες</i>	52
<i>Άκαυτο χαρτί</i>	53
<i>Mini πυροσβεστήρας</i>	75
<i>Ηλεκτρόλυση διαλύματος NaCl</i>	38
<i>Θερμιδομετρία</i>	54

8) ΜΙΚΡΟΚΥΜΑΤΑ-LASER-ΓΕΝΙΚΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

Φωτοβόληση λάμπας	61
Ταχύτητα φωτός	62
Διάσπαση οργανικών χρωστικών	63
Laser	65
Περιοδικές αντιδράσεις	73
Ελεφάντινος αφρός	71
Τζίνι στο μπουκάλι	70
$(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$	70
$\text{Hg}(\text{SCN})_2$	75
“Χρυσόσκονη” PbI_2	72
Κινούμενα χρώματα	76

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΙΩΑΝΝΙΝΑ 2015