

Νικολάου Δ. Κλούρα
Καθηγητού του Πανεπιστημίου Πατρών

ΜΕ ΤΗ ΔΥΝΑΜΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

25 ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΣΤΑ ΠΛΑΙΣΙΑ ΤΩΝ ΕΚΔΗΛΩΣΕΩΝ
ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΕΘΝΕΣ ΕΤΟΣ ΧΗΜΕΙΑΣ 2011



Πάτρα 2011

ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ

Γενικά για την «Εβδομάδα Χημείας 2011»

Τα πειράματα που ακολουθούν, παρουσιάστηκαν στην «Εβδομάδα Χημείας 2011», μια εκδήλωση για να γιορτασθεί στο Τμήμα Χημείας του Πανεπιστημίου Πατρών, το Διεθνές Έτος Χημείας (ΔΕΧ) που είναι το 2011. Στη διοργάνωση της εκδήλωσης συμμετείχε και το Περιφερειακό Τμήμα Πελοποννήσου και Δυτικής Ελλάδας της Ένωσης Ελλήνων Χημικών. Τα πειράματα ξεκίνησαν στις 28 Μαρτίου 2011 και κράτησαν μέχρι και τις 5 Απριλίου 2011. Κάθε μέρα ελάμβαναν χώρα δύο δίωρες παρουσιάσεις (09-11.00 και 12.00-14.00) στο μεγάλο αμφιθέατρο του Τμήματος Χημείας (ΑΘΕ 10). Συνολικά, παρακολούθησαν τα πειράματα Χημείας περίπου 3.000 μαθητές από 39 Γυμνάσια και Λύκεια της Πελοποννήσου, της Νοτιοδυτικής Ελλάδας και των Ιονίων Νήσων. Όλα σχεδόν τα πειράματα συνοδεύονταν από διάφορα χαριτολογήματα, ανέκδοτα, ατάκες και χιουμοριστικές ιστορίες και είχαν την ανάλογη μουσική «επένδυση», ακόμα και ...χορευτικά δρώμενα. Έτσι, κάθε παρουσίαση ήταν και ένα πραγματικό πανηγύρι που ξεχείλιζε από τον παλμό, τον ενθουσιασμό και τη ζωντάνια των μαθητών, αλλά και των παρουσιαστών των πειραμάτων.

Την παρουσίαση των πειραμάτων, είχαν, εκτός από τον συγγραφέα του παρόντος, Καθηγητή Χημείας Νικόλαο Κλούρα, ο Καθηγητής Χημείας του Πανεπιστημίου Πατρών Σπύρος Περλεπές και ο νεοεκλεγείς Επίκουρος Καθηγητής Χημείας στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Θεοχάρης Σταματάτος. Ακούραστοι βοηθοί όλες τις μέρες παρουσίασης των πειραμάτων ήταν οι μεταπτυχιακοί φοιτητές του Τμήματος Χημείας του Πανεπιστημίου Πατρών, Δημήτρης Αλεξανδρόπουλος, Εύα Κουμούση, Ιωάννα Βαλαβάνη, Χριστίνα Πολύζου, Χαρίκλεια Σαρτζή και Βαρβάρα Αγγελίδου. Οι φοιτητές αυτοί έδωσαν πράγματι τον καλύτερο εαυτό τους για την επιτυχία της εκδήλωσης και αξίζουν θερμών συγχαρητηρίων.

Το 2011, Διεθνές Έτος Χημείας

Εφέτος, 2011, γιορτάζεται το Διεθνές Έτος Χημείας. Η γιορτή αυτή αποτελεί μια πρωτοβουλία της Ένωσης για την Καθαρή και Εφαρμοσμένη Χημεία, της λεγόμενης IUPAC, και της Εκπαιδευτικής Επιστημονικής και Πολιτιστικής Οργάνωσης του ΟΗΕ, της UNESCO.

Κάτω από το θέμα «Χημεία – η ζωή μας, το μέλλον μας» το ΔΕΧ 2011 προσφέρει τη δυνατότητα πραγματοποίησης διαδραστικών, εκπαιδευτικών και ψυχαγωγικών δραστηριοτήτων για όλες τις ηλικίες, και κυρίως για τους μαθητές των σχολείων.

Για πρώτη φορά, σε παγκόσμιο επίπεδο, γιορτάζονται τα επιτεύγματα και η συμβολή της Χημείας στην ευημερία της ανθρωπότητας. Εφέτος είναι η μεγάλη γιορτή της Χημείας, της επιστήμης στην οποία βασίζουμε τη ζωή μας και το μέλλον μας.

Σήμερα η Χημεία ανταποκρίνεται σε παγκόσμιες προκλήσεις όπως είναι:

- Η προάσπιση της υγείας των ανθρώπων μέσω της ανακάλυψης αποτελεσματικών φαρμάκων.
- Η παραγωγή υγιεινών τροφίμων.
- Η εξασφάλιση συνθηκών για καθαρό αέρα και καθαρό πόσιμο νερό.
- Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη υλικών προηγμένης τεχνολογίας.
- Η παραγωγή προϊόντων φιλικών προς το περιβάλλον.
- Η εξεύρεση μεθόδων που να οδηγούν στην πράσινη ενέργεια και στην αειφόρο ανάπτυξη.

Το ΔΕΧ 2011 έχει θέσει πέντε βασικούς στόχους:

1. Να κατανοήσει ο κόσμος και να εκτιμήσει τη συμβολή της Χημείας στην κάλυψη βασικών αναγκών του ανθρώπου, εστιάζοντας σε θέματα υγείας, ενέργειας, περιβάλλοντος και υλικών προηγμένης τεχνολογίας.
2. Να ενθαρρύνει την ανάπτυξη ενδιαφέροντος για τη Χημεία μεταξύ των νέων.
3. Να προκαλέσει τον ενθουσιασμό για το δημιουργικό μέλλον της Χημείας.
4. Να ενθαρρύνει τη διεθνή συνεργασία σε θέματα Χημείας.
5. Να συμβάλλει στην αναγνώριση του ρόλου των γυναικών στην εξέλιξη της Χημείας.

Ο τελευταίος στόχος σχετίζεται με το γεγονός ότι το έτος 2011 συμπίπτει με την 100η επέτειο απονομής του Βραβείου Νομπέλ Χημείας στην Marie Curie, μια ευκαιρία να γιορτασθεί η συνεισφορά των γυναικών στην επιστήμη.

Εξάλλου, το έτος 2011 συμπληρώνονται 100 χρόνια από την ίδρυση της Διεθνούς Ένωσης των Χημικών Εταιρειών, κάτι που δίνει την αφορμή να τονισθούν τα μεγάλα οφέλη που προκύπτουν, όταν καταργούνται τα σύνορα σε επιστημονικές συνεργασίες.

Τα πειράματα Χημείας: Ταξινόμηση και τρόπος παρουσίασης

Τα 25 πειράματα Χημείας ταξινομούνται στις ακόλουθες θεματικές ενότητες

- I. Αλχημεία
- II. Νόμοι των Αερίων
- III. Διάφορα Πειράματα
- IV. Διαλύματα
- V. Σχηματισμός Συμπλόκων
- VI. Χημική Ισορροπία
- VII. Ατομική Θεωρία (Ατομικά Φάσματα)
- VIII. Αντιδράσεις Οξειδοαναγωγής

Κάποια από τα περιγραφόμενα πειράματα έχουν σχέση και με τη Φυσική. Αυτό είναι επόμενο, αφού Φυσική και Χημεία είναι συγγενείς επιστήμες.

Η παρουσίαση κάθε πειράματος περιλαμβάνει:

- Τον τίτλο του πειράματος, δοσμένο μερικές φορές με έναν κάπως χιουμοριστικό τρόπο.
- Τα απαιτούμενα για την εκτέλεση του πειράματος, όργανα, σκεύη, υλικά και χημικές ουσίες.
- Τον τρόπο διεξαγωγής του πειράματος βήμα-βήμα.
- Μια σύντομη ερμηνεία του πειράματος.
- Παρατηρήσεις που σχετίζονται κυρίως με επίλυση τεχνικών προβλημάτων του πειράματος.

Για κάθε πείραμα υπάρχει πλούσιο φωτογραφικό υλικό τόσο για τα απαιτούμενα όργανα, σκεύη κ.λπ., όσο και για διάφορα στιγμιότυπα του πειράματος.

Προειδοποίηση

Η εκτέλεση των πειραμάτων που περιγράφονται πρέπει να γίνεται ή να εποπτεύεται από άτομα με ειδικές γνώσεις και με χρήση των κατάλληλων εργαστηριακών οργάνων.

Πάτρα, Άνοιξη 2011

Copyright © 2011 Νικόλαος Δ. Κλούρας

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ 3

ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ 6

ΠΙΝΑΚΑΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ 6

ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ – ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ 7

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

1. Αλχημεία: Από φθινό χαλκό, σε ακριβό ασήμι και χρυσάφι 9
2. Το μπαλόκι που φουσκώνειανάποδα 11
3. Η φιάλη που καταπίνει βραστά αυγά 13
4. Ένα μπαλάκι του πινγκ-πονγκ γίνεται ... σβούρα 15
5. Το μπαλόκι που ξεφουσκώνει και φουσκώνει από μόνο του 16
6. Η μπανάνα που ...καρφώνει 18
7. Λουλούδια, μήλα και λάστιχα γίνονται ...γυαλιά καρφιά 19
8. Παγωμένη ... ανάσα 21
9. Μια κολόνα πάγου σχίζεται στη μέση, αλλά δεν κόβεται στα δύο 22
10. Το μυστήριο της ... μεταλαμπάδευσης 24
11. Μπαλόκι στη ... σούβλα 25
12. Πώς φτιάχνω έναν καθρέφτη 27
13. Μια καρφίτσα μαθαίνει ... θαλάσσιο σκι 29
14. Γιατί ξεθώριασε το κόκκινο τριαντάφυλλο; 31
15. Πώς το κρασί έγινε νερό 33
16. Το μαγικό υγρό που όταν το αδειάζεις, γίνεται ... σταλαγμίτης 35
17. Αδελφοποίηση – Δεσμός αίματος 37
18. Συμπαθητική μελάνη και αόρατη γραφή 39
19. Ένα αγγούρι υποβάλλεται σεηλεκτροσόκ 41
20. Παραγωγή ψύξης 43
21. Από πού παίρνει ενέργεια το σώμα μας 45
22. Με τη δύναμη της Χημείας κόβουμε ένα αλουμινένιο κουτάκι στα δύο 47
23. Η ... οδοντόκρεμα του ελέφαντα 49
24. Το μαγικό υγρό που κάνει άκαυστα τα χαρτονομίσματα και τα μανδήλια 51
25. Το μαύρο τζίνι από το λυχνάρι του Αλαντίν 53

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 55

Πίν. 1 Εργαστηριακά όργανα και σκεύη, απαραίτητα για την εκτέλεση των πειραμάτων

| | |
|------------------------------------|---|
| Γάντια αμιάντου | Μαγνητική ράβδος |
| Γουδί με γουδοχέρι | Ογκομετρικός κύλινδρος 100 mL |
| Γυάλινη ράβδος | Πλέγμα αμιάντου |
| Διπλοκοχλίες | Ποτήρια ζέσεως 50, 100, 250, 400, 600 mL |
| Δοκιμαστικός σωλήνας pyrex (ευρύς) | Σπάτουλα κουταλάκι |
| Δοχείο Dewar 2 λίτρων | Σταγονόμετρα |
| Θερμαντική πλάκα | Στήριγμα μεταλλικό |
| Κάψα πορσελάνης μεσαίου μεγέθους | Σφαιρική φιάλη Florence 500 mL στενόλαιμη |
| Κωνικές φιάλες 50, 250, 1000 mL | Σφιχτήρες |
| Λαβίδα μεταλλική | Τριβλίο Petri (διαμέτρου 10-12 cm) |
| Λαβίδα χωνευτηρίων | Τρίποδας |
| Λύχνος | Χωνί γυάλινο |

Πίν. 2 Χημικές ουσίες που απαιτούνται για την εκτέλεση των πειραμάτων

| | |
|---------------------------------------|--|
| Αζωτο υγρό, $N_2(l)$ | Τρυγικό καλιονάτριο, $NaKC_4H_4O_6 \cdot 4H_2O$ |
| Αμμωνία (διάλυμα), $NH_3(aq)$ 2M | Υδροξείδιο του βαρίου οκταϋδρικό, $[Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O]$ |
| Θειοκυανικό αμμώνιο, NH_4SCN | Υδροξείδιο του νατρίου NaOH |
| Θειώδες νάτριο, Na_2SO_3 | Υδροχλωρικό οξύ, $HCl(aq)$ 6 M |
| Ισοπροπυλική αλκοόλη, C_3H_7OH | Υπεροξείδιο του υδρογόνου, H_2O_2 , 30% m/m |
| Ιωδίδιο του καλίου, KI | Φαινολοφθαλείνη |
| Ιωδίδιο του νατρίου, NaI | Χλωρίδιο του κοβαλτίου(II) εξαϋδρικό, $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ |
| Νιτρικό αμμώνιο, NH_4NO_3 | Χλωρίδιο του χαλκού(II), $CuCl_2$ |
| Νιτρικός άργυρος, $AgNO_3$ | Χλωριδίου του σιδήρου(III), $FeCl_3$ |
| Οξικό νάτριο, $CH_3COONa \cdot 3H_2O$ | Χλωρικό κάλιο, $KClO_3$ |
| Πυκνό θειικό οξύ, H_2SO_4 | Ψευδάργυρος (σκόνη), Zn |

Σημείωση: Στους παραπάνω Πίνακες δεν αναφέρονται διάφορα άλλα υλικά, όπως ελαστικοί σωλήνες, λουλούδια, μπανάνες, πιάτο, μπαλάκια, γυάλες, διηθητικό χαρτί, σύρμα, πινέλα, κέρματα κ.λπ., τα οποία κάποιος εύκολα και γρήγορα μπορεί να προμηθευτεί. Τα υλικά αυτά αναφέρονται βέβαια στα επιμέρους πειράματα.

ΓΕΝΙΚΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ - ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

- Πριν από την εκτέλεση των πειραμάτων, ο παρουσιαστής θα πρέπει να μελετήσει προσεκτικά τις οδηγίες που δίνονται σε Εργαστηριακά Βιβλία Χημείας σχετικά με τα μέτρα ασφαλείας, τον χειρισμό δηλητηριωδών και επικίνδυνων ουσιών, τους τρόπους καταπολέμησης πυρκαγιών, την παροχή πρώτων βοηθειών κ.λπ.
- Να μελετήσει με προσοχή τις ιδιότητες των ουσιών που θα χρησιμοποιήσει στα πειράματά του.
- Να καταστρώσει με κάθε λεπτομέρεια και να εκτελέσει δοκιμαστικά τα πειράματα που θέλει να επιδείξει.
- Σ' όλη τη διάρκεια των πειραμάτων υποχρεούται να φορά εργαστηριακή μπλούζα, προστατευτικά γυαλιά και γάντια.
- Να εξουδετερώνει κατά τον ενδεδειγμένο τρόπο όλα τα επικίνδυνα για το περιβάλλον κατάλοιπα των αντιδράσεων.

I. Αλχημεία

1. Αλχημεία: Από φθινό χαλκό, σε ακριβό ασήμι και χρυσάφι

Νομίσματα του ενός, των 2 ή των 5 λεπτών μετατρέπονται σε ασημένια και κατόπιν σε χρυσά.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

Νομίσματα του ενός, των 2 και των 5 λεπτών, κάψα εξατμίσεως μικρού ή μεσαίου μεγέθους, εργαστηριακός λύχνος, πλέγμα αμιάντου, ποτήρι ζέσεως 100 mL, λαβίδα, σπάτουλα-κουτάλι του 1 mL, λεπτό σύρμα κουζίνας

Χημικά

Ψευδάργυρος (Zn) σε σκόνη (1 g), NaOH (διάλυμα 6 M, 15 mL)



Εικ. 1.1 Όργανα, σκεύη, υλικά και χημικά για το Πείραμα 1

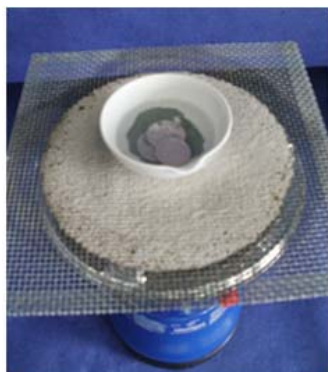
Διεξαγωγή

Ασημένια νομίσματα

- Τοποθετούμε τη σκόνη ψευδαργύρου (~0,5 mL) και το διάλυμα NaOH στην κάψα εξατμίσεως.
- Τοποθετούμε την κάψα πάνω στο πλέγμα και θερμαίνουμε το μίγμα στον λύχνο.
- Στη διάρκεια της θέρμανσης τρίβουμε με το σύρμα κουζίνας τα νομίσματα για να απομακρύνουμε κηλίδες και μικροσκοουριές που ενδεχομένως υπάρχουν.
- Λίγο πριν αρχίσει το διάλυμα να βράζει, τοποθετούμε τα τρία νομίσματα στο διάλυμα με προσοχή και με τη βοήθεια λαβίδας.
- Όταν τα νομίσματα πάρουν το ασημί χρώμα, τα αφαιρούμε από το διάλυμα με τη λαβίδα, τα ρίχνουμε στο ποτήρι με το νερό να κρυσώσουν, κατόπιν τα ξεπλένουμε κάτω από τη βρύση και τα στεγνώνουμε με μια πετσέτα.

Χρυσά νομίσματα

- Θερμαίνουμε τα ασημένια νομίσματα στη φλόγα του λύχνου, κρατώντας τα από τη λαβίδα και σε απόσταση περίπου 5 cm από τη φλόγα. Το χρυσαφί χρώμα εμφανίζεται μέσα σε 20-30 s. Προσέχουμε να αποφύγουμε υπερθέρμανση, η οποία οδηγεί σε «τσουρουφλισμένα» νομίσματα.
- Όταν όλο το νόμισμα έχει πάρει χρυσαφί χρώμα, το απομακρύνουμε από την πηγή θερμότητας και το αφήνουμε για λίγο στην άκρη να ψυχθεί.



(A)



(B)



(Γ)

Εικ. 1.2 (A) Θέρμανση νομισμάτων στο μίγμα NaOH(aq) και σκόνης Zn: δημιουργία «ασημένιων» νομισμάτων. (B) Με πύρωση των «ασημένιων» νομισμάτων στη φλόγα, αυτά μετατρέπονται σε «χρυσά». (Γ) Εξωτερική εμφάνιση των αρχικών, των «ασημένιων» και των «χρυσών» νομισμάτων.

Ερμηνεία

Τα νομίσματα του ενός, των 2 και των 5 λεπτών του Ευρώ είναι κατασκευασμένα από χάλυβα καλυμμένο με χαλκό (Copper-covered steel). Ο ψευδάργυρος αντιδρά με το NaOH και σχηματίζει Na_2ZnO_2 , το οποίο ανάγεται από τον χαλκό του νομίσματος σε μεταλλικό ψευδάργυρο. Αυτός προσδίδει το ασημί χρώμα στο νόμισμα.

Το χρυσαφί χρώμα που παίρνουμε στη συνέχεια με τη θέρμανση του «ασημένιου» νομίσματος, οφείλεται στη δημιουργία κράματος ορείχαλκου που έχει το χρώμα του χρυσού.

Παρατηρήσεις

1. Το χρώμα του ορείχαλκου αλλάζει ανάλογα με την περιεκτικότητά του σε ψευδάργυρο. Όταν η περιεκτικότητα σε ψευδάργυρο είναι χαμηλή, ο ορείχαλκος έχει ένα καστανέρυθρο χρώμα που πλησιάζει το κεραμιδί χρώμα του χαλκού. Για περιεκτικότητα σε Zn περίπου 30% *m/m.*, ο ορείχαλκος έχει το χρώμα του χρυσού, αλλά, για ακόμα πιο υψηλή περιεκτικότητα σε Zn, το χρώμα του γίνεται και πάλι καστανέρυθρο.
2. Αν τα νομίσματα είναι ολοκαίνουργια (ακυκλοφόρητα), δεν χρειάζονται τρίψιμο με το σύρμα κουζίνας.

II. Νόμοι των Αερίων

2. Το μπαλόνι που φουσκώνει ...ανάποδα

Ένα μπαλόνι προσαρμόζεται στο λαιμό μιας φιάλης που περιέχει λίγο βραστό νερό. Καθώς η φιάλη ψύχεται, το μπαλόνι αναρροφάται στο εσωτερικό της φιάλης, φουσκώνει από μόνο του και καλύπτει όλο το εσωτερικό της.



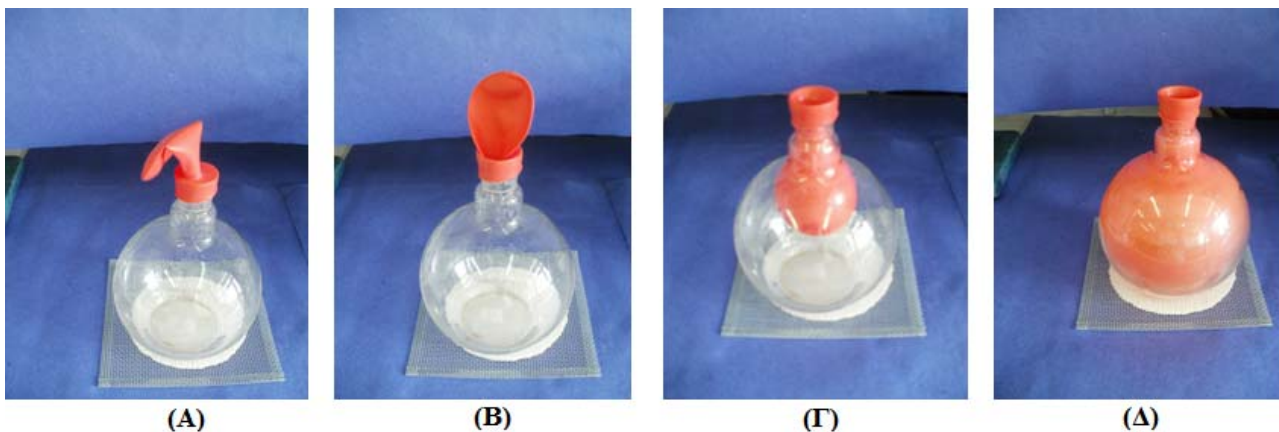
Εικ. 2.1 Όργανα, σκεύη και υλικά για το Πείραμα 2

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

Μπαλόνι, φιάλη Florence στενόλαιμη ή κωνική φιάλη 250 mL στενόλαιμη, εργαστηριακός λύχνος, λίγο νερό της βρύσης

Διεξαγωγή

- Εισάγουμε περίπου 15 mL νερού στη φιάλη και το θερμαίνουμε μέχρι βρασμού.
- Αφήνουμε το νερό να βράσει λίγο, χωρίς να επιτρέψουμε να εξατμισθεί όλη η ποσότητα.
- Απομακρύνουμε γρήγορα τη φιάλη από τη θερμαντική πλάκα και «φοράμε» το μπαλόνι στο στόμιο της φιάλης.
- Καθώς η θερμοκρασία της φιάλης και του περιεχομένου της πέφτει σιγά-σιγά, το μπαλόνι αναρροφάται στο εσωτερικό της φιάλης και αρχίζει να φουσκώνει καταλαμβάνοντας όλο το εσωτερικό της.



Εικ. 2.2 Τέσσερις διαδοχικές φάσεις του πειράματος:

(A) Προσαρμογή του μπαλονιού στο στόμιο της φιάλης με το βραστό νερό. (B) Έναρξη αναρρόφησης του μπαλονιού στο εσωτερικό της φιάλης. (Γ) Το μπαλόνι έχει φουσκώσει εν μέρει μέσα στη φιάλη. (Δ) Το μπαλόνι έχει καταλάβει πλήρως το εσωτερικό της φιάλης.

Ερμηνεία

Το πείραμα αυτό εξηγείται βάσει του συνδυαστικού νόμου των αερίων:

$$P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2 \quad (\text{για δεδομένη ποσότητα αερίου})$$

Καθώς η θερμοκρασία του ατμού στο εσωτερικό της φιάλης αυξάνεται (από τη θέρμανση του νερού), αυξάνεται και η πίεση του ατμού (ο όγκος θεωρείται σταθερός και ίσος με τον όγκο της φιάλης). Το μπαλόνι τοποθετείται πάνω στη φιάλη, όταν ο ατμός στο εσωτερικό της είναι σε υψηλή

θερμοκρασία και πίεση. Στη συνέχεια, και καθώς ο ατμός μέσα στη φιάλη ψύχεται γρήγορα, η πίεση ελαττώνεται και το μπαλόνι τραβιέται στο εσωτερικό της φιάλης. Επειδή τώρα η εξωτερική πίεση (ατμοσφαιρική πίεση) είναι πολύ μεγαλύτερη της εσωτερικής, εισέρχεται αέρας μέσα στο μπαλόνι και το φουσκώνει.

Παρατηρήσεις

- 1.** Ελέγχουμε στην αρχή μήπως το μπαλόνι έχει κάποια οπή και χάνει αέρα.
- 2.** Προσέχουμε ώστε η εφαρμογή του μπαλονιού στον λαιμό της φιάλης να γίνει κατά το δυνατόν συμμετρικά γύρω από το κέντρο του λαιμού διότι σε αντίθετη περίπτωση, το άνοιγμα του μπαλονιού μπορεί να βρεθεί «κλεισμένο» στα εσωτερικά τοιχώματα του λαιμού της φιάλης και να μη λειτουργήσει το «τράβηγμα» του μπαλονιού προς τα μέσα.
- 3.** Η φιάλη με το ανάποδα φουσκωμένο μπαλόνι μπορεί να διατηρηθεί για ώρες, αφού στο εσωτερικό της φιάλης επικρατεί υποπίεση, λόγω στεγανότητας. Για να αφαιρέσουμε το μπαλόνι, ανασηκώνουμε ελαφρά την άκρη του κοντά στο στόμιο, επιτρέποντας την είσοδο αέρα και την εξίσωση των πιέσεων.
- 4.** Με υγρό άζωτο (βύθιση της φιάλης στο δοχείο Dewar), το πείραμα αυτό δεν πετυχαίνει τόσο καλά.

3. Η φιάλη που καταπίνει βραστά αυγά

Μια φιάλη «καταπίνει» μυστηριωδώς ένα ξεφλουδισμένο βραστό αυγό, που έχει τοποθετηθεί στο στόμιό της. Στη συνέχεια, κρατώντας τη φιάλη αναστραμμένη, το αυγό ωθείται προς τα έξω από μια αόρατη δύναμη.



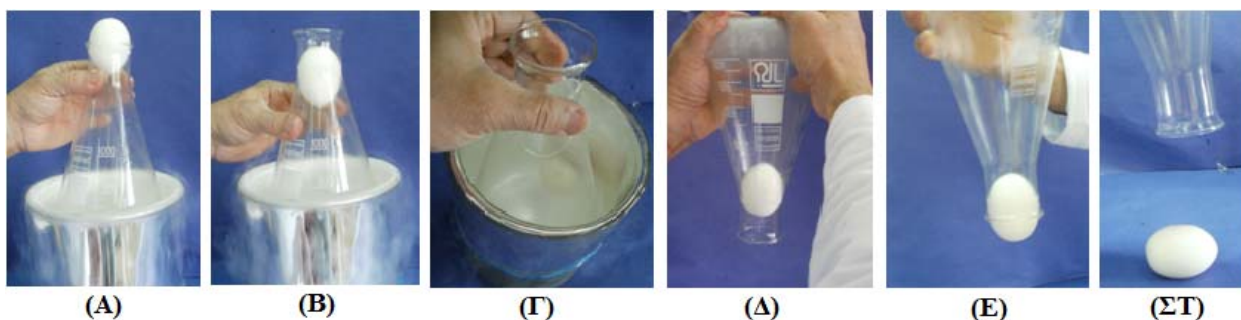
Εικ. 3.1 Όργανα, σκεύη και υλικά για το Πείραμα 3

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

Υγρό άζωτο σε ευρύλαιμο δοχείο Dewar, ένα ξεφλουδισμένο μέτρια σφιχτά βρασμένο αυγό, φιάλη με άνοιγμα λίγο μικρότερο από τη διάμετρο του αυγού (κωνική φιάλη 1 L, χωρίς εσμύρισμα)

Διεξαγωγή

- Κλείνουμε στεγανά το άνοιγμα της κωνικής φιάλης με ένα ξεφλουδισμένο αυγό.
- Ακουμπάμε τον πυθμένα της φιάλης στο υγρό άζωτο του δοχείου Dewar. Το αυγό «έλκεται» (λόγω του κενού που δημιουργείται) μέσα στη φιάλη.
- Αφαιρούμε τη φιάλη από το δοχείο Dewar και την αναστρέφουμε **γρήγορα**, έτσι ώστε το αυγό να σφηνωθεί στο άνοιγμα της φιάλης.
- Κρατώντας τον πυθμένα της φιάλης με γυμνά χέρια, προσποιούμεθα ότι την πιέζουμε για να πεταχτεί το αυγό έξω. Πράγματι, λόγω αύξησης της πίεσης στο εσωτερικό της φιάλης από τον αέρα που ζεσταίνεται, μετά από λίγο, το αυγό πετάγεται έξω από μόνο του.



Εικ. 3.2 Έξι διαδοχικά στιγμιότυπα του πειράματος:

(Α)-(Β) Με τη φιάλη να ακουμπά στο υγρό άζωτο, το αυγό έχει αρχίσει να «έλκεται» στο εσωτερικό της φιάλης. (Γ) Το αυγό έχει ήδη πέσει μέσα στη φιάλη. (Δ)-(Ε) Η φιάλη θερμαίνεται εξωτερικά με τα χέρια μας και το αυγό ωθείται προς τα έξω. (ΣΤ) Το αυγό έχει εξέλθει ανέπαφο από τη φιάλη.

Ερμηνεία

Και αυτό το πείραμα εξηγείται βάσει του συνδυαστικού νόμου των αερίων:

$$P_1 V_1 / T_1 = P_2 V_2 / T_2 \quad (\text{για δεδομένη ποσότητα αερίου})$$

Καθώς ψύχεται ο αέρας μέσα στη φιάλη, η πίεση ελαττώνεται και το αυγό ωθείται μέσα στη φιάλη επειδή η εξωτερική πίεση (ατμοσφαιρική πίεση) είναι πολύ μεγαλύτερη της εσωτερικής. Αντίθετα, κατά την αναστροφή της φιάλης και το σφήνωμα του αυγού στο στόμιό της, ο εγκλωβισμένος αέρας θερμαίνεται από την επαφή της φιάλης με τα χέρια μας, η πίεση στο εσωτερικό της φιάλης αυξάνεται και το αυγό ωθείται προς τα έξω.

Παρατηρήσεις

- 1.** Το μέγεθος του καθαρισμένου αυγού πρέπει να είναι τέτοιο ώστε να μπορεί να διέλθει από το άνοιγμα της φιάλης με ελαφρά πίεση. Επιλέγουμε αυγά μακρόστενα, όχι χονδρά στη μέση. Επίσης, τα αυγά δεν πρέπει να είναι πολύ σφιχτά γιατί αυτά δεν έχουν ελαστικότητα για να συμπιέζονται και να γλιστρούν από το στόμιο της φιάλης. Τέλος, το αυγό πρέπει να έχει καθαρισθεί προσεκτικά, ώστε η επιφάνεια του να είναι τελείως λεία, χωρίς εκδορές στο ασπράδι.
- 2.** Για διευκόλυνση του γλιστήματος του αυγού, αλείφουμε εσωτερικά το στόμιο της φιάλης με λίγο λάδι.
- 3.** Κατά την αναστροφή της φιάλης, το αυγό εξέρχεται ακόμα και αν σφηνωθεί με το «χονδρό» του άκρο, αρκεί το σφήνωμα να γίνει κατά τον μεγάλο άξονα του αυγού (όχι λοξά), έτσι ώστε να υπάρχει στεγανοποίηση του λαιμού της φιάλης.

4. Πώς ένα μπαλάκι του πινγκ-πονγκ γίνεται ... σβούρα

Βυθίζουμε ένα μπαλάκι του πινγκ-πονγκ σε υγρό άζωτο. Όταν το ανασύρουμε και το τοποθετήσουμε πάνω σε ένα πιάτο, αρχίζει να στριφογυρίζει σαν σβούρα.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

Υγρό άζωτο σε ευρύλαιμο δοχείο Dewar, μπαλάκι του πινγκ-πονγκ, μεγάλο ρηχό πιάτο, βελόνα ραψίματος (ή καρφίτσα), λαβίδα



Εικ. 4.1 Όργανα, σκεύη και υλικά για το Πείραμα 4

Διεξαγωγή

- Με τη βελόνα ραψίματος ανοίγουμε μια οπή στο μπαλάκι κατά την κατεύθυνση μιας εφαπτομένης της επιφάνειάς του. Η οπή αυτή θα κατευθύνει τη ροή του αερίου που θα κάνει το μπαλάκι να στριφογυρίζει.
- Κρατώντας σταθερά το μπαλάκι με τη λαβίδα, το βυθίζουμε πλήρως μέσα στο υγρό άζωτο για 1 min περίπου. Σε αυτό το διάστημα, εισέρχεται μέσα στο μπαλάκι από την οπή αρκετό υγρό άζωτο.
- Απομακρύνουμε **γρήγορα** το μπαλάκι από το δοχείο με το υγρό άζωτο και το τοποθετούμε πάνω στο πιάτο. Μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα, αυτό αρχίζει να περιστρέφεται γρήγορα σαν σβούρα.



(Α)



(Β)



(Γ)

Εικ. 4.2 (Α) Κρατώντας το μπαλάκι με τη λαβίδα, το βυθίζουμε στο υγρό άζωτο. (Β) Το μπαλάκι στην αρχή περιστρέφεται αργά. (Γ) Καθώς η ποσότητα του εκτοξευόμενου αερίου N_2 αυξάνεται, λόγω απορρόφησης θερμότητας από το περιβάλλον, αυξάνεται και η ταχύτητα περιστροφής για το μπαλάκι.

Ερμηνεία

Το άζωτο που βρίσκεται μέσα στο μπαλάκι αρχίζει να εξατμίζεται βίαια και να εκτοξεύεται με ορμή από την οπή. Δημιουργείται έτσι μια συνισταμένη ροπή η οποία αναγκάζει το μπαλάκι να περιστρέφεται.

Παρατηρήσεις

1. Αν το στριφογύρισμα δεν αρχίσει αμέσως, χρησιμοποιούμε τα δάκτυλά μας για να δώσουμε στο μπαλάκι μια περιστροφική κίνηση. Η θερμότητα από τα δάκτυλά μας συμβάλλει στην επιτάχυνση της εξατμησης του αζώτου και την έξοδο του ατμού από την οπή.
2. Για μεγαλύτερο εντυπωσιασμό, χρησιμοποιούμε χρωματιστό μπαλάκι ή μπαλάκι με βούλες.
3. Αν η οπή στο μπαλάκι γίνει κάθετα, τότε μετά την έξοδό του από το υγρό άζωτο, η περιστροφή είναι πιο αργή, ενώ αν το μπαλάκι δεν έχει καθόλου οπή, μένει πρακτικά ακίνητο στο πιάτο.

5. Το μπαλόνι που ξεφουσκώνει και φουσκώνει από μόνο του

Ένα φουσκωμένο μπαλόνι που βυθίζεται μέσα σε υγρό άζωτο, ξεφουσκώνει γρήγορα. Όταν το αφαιρέσουμε από το υγρό άζωτο και το τοποθετήσουμε πάνω στον πάγκο, φουσκώνει από μόνο του στο αρχικό του μέγεθος.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

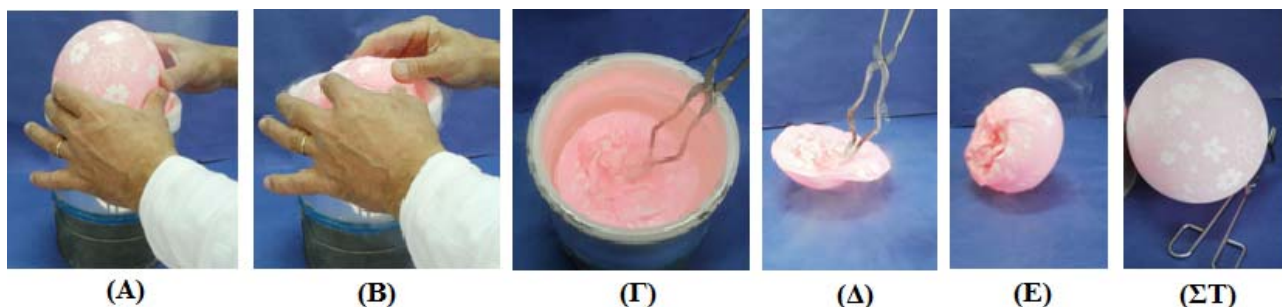
Υγρό άζωτο σε ευρύλαιμο δοχείο Dewar, γάντια αμιάντου, μπαλόνι φουσκωμένο τόσο, ώστε να χωράει μετά βίας στο δοχείο Dewar



Εικ. 5.1 Όργανα, σκεύη και υλικά για το Πείραμα 5

Διεξαγωγή

- Βυθίζουμε την άκρη ενός φουσκωμένου μπαλονιού μέσα στο υγρό άζωτο, οπότε αυτό αρχίζει να συρρικνώνεται και στο τέλος, καθώς το σπρώχνουμε συνεχώς προς το υγρό, αυτό «ξεφουσκώνει» εντελώς.
- Εξάγουμε το ξεφουσκωμένο μπαλόνι από το υγρό άζωτο και το τοποθετούμε πάνω στον πάγκο. Μέσα σε λίγα δευτερόλεπτα το μπαλόνι φουσκώνει από μόνο του και φθάνει στο αρχικό του μέγεθος.



Εικ. 5.2 Έξι διαδοχικές στιγμιότυπα του πειράματος:

(Α)-(Β) Το μπαλόνι πιέζεται ώστε να εισέλθει στο εσωτερικό του δοχείου Dewar. (Γ) Κρατημένο μέσα στο υγρό άζωτο, το μπαλόνι έχει τελείως συρρικνωθεί. (Δ)-(Ε) Ο αέρας στο εσωτερικό του μπαλονιού θερμαίνεται και το μπαλόνι αρχίζει να φουσκώνει από μόνο του. (ΣΤ) Στο τέλος, το μπαλόνι επανέρχεται στον αρχικό του όγκο.

Ερμηνεία

Το πείραμα εξηγείται βάσει του νόμου του Charles ή Gay-Lussac (επίδραση της θερμοκρασίας στον όγκο αερίου):

$$V_1/T_1 = V_2/T_2 \quad (\text{για δεδομένη ποσότητα αερίου, υπό σταθερή πίεση})$$

Ένα μπαλόνι, βυθισμένο σε υγρό άζωτο, συρρικνώνεται επειδή ο αέρας στο εσωτερικό του συστέλλεται. Όταν το μπαλόνι απομακρυνθεί από το υγρό άζωτο, ο αέρας στο εσωτερικό του θερμαίνεται και διαστέλλεται, οπότε το μπαλόνι αποκτά πάλι το αρχικό του μέγεθος.

Παρατηρήσεις

- 1.** Αν το μπαλόνι είναι σφαιρικό, το φουσκώνουμε τόσο, ώστε να χωράει έστω και δύσκολα στο άνοιγμα του δοχείου Dewar. Αν το μπαλόνι έχει διάμετρο πολύ μεγαλύτερη από αυτή του δοχείου, το πείραμα δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί.
- 2.** Για μεγαλύτερο εντυπωσιασμό, μπορούμε να επιλέξουμε μπαλόνια φιδάκια. Αυτά κατά το «ξεδίπλωμά» τους δημιουργούν αρχικά περίεργα σχήματα.

6. Η μπανάνα που ... καρφώνει

Καρφώνουμε μια πρόκα πάνω σε ξύλο χρησιμοποιώντας για σφυρί μια παγωμένη μπανάνα.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

Υγρό άζωτο σε ευρύλαιμο δοχείο Dewar, γάντια αμιάντου, μπανάνα, μαλακό σανίδι, πρόκα



Εικ. 6.1 Όργανα, σκεύη και υλικά για το Πείραμα 6

Διεξαγωγή

- Βυθίζουμε μια μπανάνα μέσα στο υγρό άζωτο για τουλάχιστον 1 min.
- Φορώντας γάντια αμιάντου, αφαιρούμε την παγωμένη μπανάνα από το δοχείο, και χρησιμοποιώντας την σαν σφυρί, καρφώνουμε μια σιδερόπροκα πάνω στο σανίδι.



(Α)



(Β)



(Γ)

Εικ. 6.2 (Α) Κατάψυξη της μπανάνας στο υγρό άζωτο. (Β)-(Γ) Η σκληρή σαν πέτρα μπανάνα χρησιμοποιείται ως σφυρί για το κάρφωμα μιας πρόκας.

Ερμηνεία

Στην πολύ χαμηλή θερμοκρασία του υγρού αζώτου, οι χυμοί των φυτικών κυττάρων παγώνουν (κρυσταλλώνονται, κοκαλώνουν) και ο ιστός σκληραίνει τόσο πολύ, ώστε να λειτουργεί όπως ένα άκαμπτο στερεό με το οποίο κάποιος μπορεί να καρφώσει ακόμα και μια πρόκα.

Παρατηρήσεις

1. Η μπανάνα πρέπει να είναι σχετικά άγουρη (όχι υπερώριμη και μαλακή). Όσο μεγαλύτερη είναι η μπανάνα, τόσο περισσότερο πρέπει να μείνει στο υγρό άζωτο.

Οι άγουρες μπανάνες διατηρούνται εκτός ψυγείου σε χώρο όπου η θερμοκρασία δεν ξεπερνά τους 6-18°C, καθώς και εντός ψυγείου, τυλιγμένες σε αλουμινόχαρτο.

2. Το σανίδι πρέπει να είναι μαλακό και η πρόκα να είναι αρκετά αιχμηρή.

7. Λουλούδια, μήλα και λάστιχα γίνονται ... γυαλιά καρφιά

Τριαντάφυλλα, μήλα και λαστιχένιοι σωλήνες θρυμματίζονται σαν να είναι από γυαλί.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

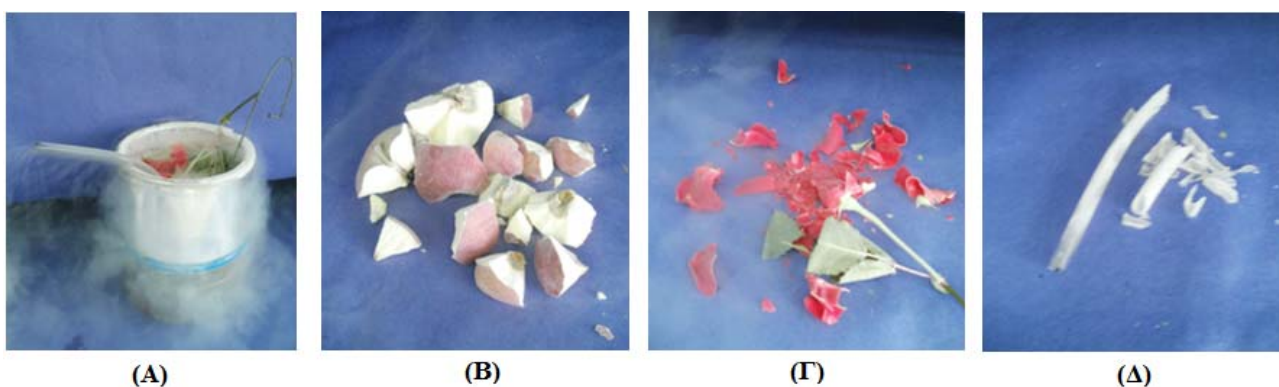
Υγρό άζωτο σε ευρύλαιμο δοχείο Dewar, γάντια αμιάντου, λουλούδι (τριαντάφυλλο, γαρύφαλλο ή χρυσάνθεμο), μήλο (μικρό κόκκινο), σωλήνας διαφανής (PVC) μήκους 30-40 cm, χονδρό σύρμα μήκους 30-40 cm, γουδί με γουδοχέρι.



Εικ. 7.1 Όργανα, σκεύη και υλικά για το Πείραμα 7

Διεξαγωγή

- Φοράμε τα γάντια αμιάντου και γεμίζουμε το δοχείο Dewar προσεκτικά κατά τα 2/3 με υγρό άζωτο.
- Βυθίζουμε αργά μέσα στο υγρό ένα μήλο, καρφωμένο σε ένα κομμάτι σκληρό σύρμα, και το κρατάμε εκεί για 70 s περίπου. Στη συνέχεια, το σύρουμε έξω και το κτυπάμε με δύναμη πάνω στο τραπέζι. Το μήλο θρυμματίζεται σαν να είναι από πηλό. Αν ρίξουμε, γρήγορα, μερικά από τα θραύσματα του μήλου μέσα στο γουδί και τα κοπανίσουμε, αυτά μετατρέπονται σε χοντροκομμένη «σκόνη».
- Επαναλαμβάνουμε το πείραμα μ' ένα τριαντάφυλλο. Κτυπώντας το κατεψυγμένο τριαντάφυλλο πάνω στο τραπέζι, βλέπουμε να σπάει επίσης σε πολλά μικρά κομμάτια.
- Το ίδιο συμβαίνει και με ένα κομμάτι σωλήνα PVC. Ο σωλήνας θρυμματίζεται σαν να είναι από γυαλί.



Εικ. 7.2 (Α) Κατάψυξη του μήλου, του τριαντάφυλλου και του πλαστικού σωλήνα.

(Β)-(Δ) Θραύσματα από το μήλο, το τριαντάφυλλο και τον σωλήνα, μετά την εξαγωγή τους από το υγρό άζωτο και το κτύπημά τους πάνω στον πάγκο.

Ερμηνεία

Η πολύ χαμηλή θερμοκρασία του υγρού αζώτου επιδρά πάνω σε ιδιότητες των σωμάτων, όπως είναι το χρώμα, η φυσική κατάσταση, η ελαστικότητα, η ηλεκτρική αγωγιμότητα κ.λπ. Στα άνθη, και στο μήλο οι χυμοί των φυτικών κυττάρων παγώνουν και ο ιστός σκληραίνει, μετατρέπόμενος σε μια εύθραυστη και εύθρυπτη μάζα, όπως ο πηλός.

Στον πλαστικό σωλήνα, λόγω της πολύ χαμηλής θερμοκρασίας, το πολυμερές PVC αποκτά μια υαλώδη υφή που το καθιστά εύθραυστο. Η μεταβολή αυτή είναι αντιστρεπτή, δηλαδή ο σωλήνας, όταν επανέλθει στη θερμοκρασία περιβάλλοντος γίνεται πάλι ελαστικός.

Παρατηρήσεις

1. Τα λουλούδια για τα πειράματά μας διατηρούνται για μεγαλύτερο διάστημα αρκεί: (α) να αλλάζουμε καθημερινά το νερό, (β) να κόβουμε καθημερινά το κοτσάνι στην άκρη κατά ~1 cm και (γ) να τα διατηρούμε σε χαμηλή σχετικά θερμοκρασία (<20°C).
2. Το μήλο χρειάζεται περισσότερο από 1 min για να καταψυχθεί. Γι' αυτό είναι καλύτερα να το αφαιρούμε τελευταίο από το δοχείο.

8. Παγωμένη ... ανάσα

Ο πειραματιστής βάζει στο στόμα του ένα μπισκότο ή ένα κράκερ, που το έχει βουτήξει σε υγρό άζωτο, και αμέσως αρχίζει να βγάζει από το στόμα και τη μύτη του πυκνούς άσπρους καπνούς.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

Υγρό άζωτο σε ευρύλαιμο δοχείο Dewar, μπισκότα μακρόστενα (π.χ. Μιράντα Παπαδοπούλου) ή αλμυρά κράκερ, λαβίδα



Εικ. 8.1 Όργανα, σκεύη και υλικά για το Πείραμα 8

Διεξαγωγή

- Ρίχνουμε 2-3 μπισκότα στο υγρό άζωτο και τα αφήνουμε για 30-40 s.
- Με μια καθαρή λαβίδα πιάνουμε ένα μπισκότο, το τινάζουμε να φύγουν οι σταγόνες του υγρού αζώτου, το βάζουμε στο στόμα μας και το κρατάμε εκεί για αρκετά δευτερόλεπτα.
- Καθώς αυτό θερμαίνεται, παράγεται μεγάλη ποσότητα παγωμένου αέριου αζώτου που την εκπνέουμε υπό μορφή πυκνού λευκού ατμού.



(A)



(B)

Εικ. 8.2 (A) Εξαγωγή του κατεψυγμένου μπισκότου από το υγρό άζωτο. (B) Οι παγωμένοι υδρατμοί γύρω από το στόμα και τη μύτη του πειραματιστή δημιουργούν ένα λευκό νέφος.

Ερμηνεία

Το παγωμένο άζωτο θερμαίνεται μέσα στο στόμα μας και μετατρέπεται σε αέριο άζωτο, το οποίο βέβαια είναι σχετικά πολύ σε όγκο. Όταν το φυσάμε προς τα έξω, επειδή η θερμοκρασία του είναι ακόμα χαμηλή, παγώνει τους υδρατμούς με τους οποίους έρχεται σε επαφή και δημιουργεί το λευκό πυκνό νέφος που βλέπουμε γύρω από το στόμα του πειραματιστή. Παρόμοια εικόνα δείχνει η ανάσα μας, όταν γύρω μας επικρατούν πολύ χαμηλές θερμοκρασίες.

Παρατηρήσεις

Τα αλμυρά κράκερ αποτελούν καλή επιλογή σ' αυτό το πείραμα, επειδή δεν παγώνουν πάρα πολύ ώστε να προκαλέσουν κάποια βλάβη στον πειραματιστή, όταν τα βάζει στο στόμα του. Όμως και τα συγκεκριμένα μπισκότα λειτουργούν θαυμάσια.

III. Διάφορα Πειράματα

9. Μια κολόνα πάγου σχίζεται στη μέση, αλλά δεν κόβεται στα δύο

Ένα λεπτό σύρμα που στην άκρη του έχει ένα βάρος διαπερνά μια κολόνα πάγου, χωρίς να την κόβει στα δύο.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

Κολόνα πάγου, πολύ λεπτό χαλύβδινο σύρμα, μεταλλικός κύλινδρος (ή άλλο στερεό μεγάλης πυκνότητας) βάρους περίπου 10 kg, δύο στηρίγματα



Εικ. 9.1 Σκεύη και υλικά για το Πείραμα 9

Διεξαγωγή

- Τοποθετούμε την κολόνα του πάγου πάνω στα δύο στηρίγματα.
- Περνάμε υπό μορφή θηλιάς το σύρμα γύρω από την κολόνα του πάγου και δένουμε την κολόνα σταθερά στα άκρα της με ένα εύκαμπτο καλώδιο.
- Κρεμάμε το βάρος στο κάτω μέρος του σύρματος. Το σύρμα αρχίζει να εισχωρεί μέσα στον πάγο και να καταβαίνει σιγά-σιγά σχίζοντας κυριολεκτικά τον πάγο. Μετά από ~5 min το σύρμα έχει διαπεράσει ολόκληρη την κολόνα και το βάρος πέφτει στο έδαφος, όμως η κολόνα μένει ανέπαφη στην αρχική της θέση.



(Α)



(Β)

Εικ. 9.2 (Α) Το λεπτό σύρμα, υπό την επίδραση του μεγάλου βάρους, εισχωρεί μέσα στον πάγο σχίζοντας κυριολεκτικά την κολόνα. (Β) Το σύρμα έχει διαπεράσει την κολόνα, το βάρος έχει πέσει στο έδαφος, όμως η κολόνα δεν έχει κοπεί στα δύο.

Ερμηνεία

Το πείραμα αυτό δείχνει την επίδραση της πίεσης πάνω στο σημείο τήξεως (σ.τ.). Ως γνωστόν, **το σ.τ. ελαττώνεται, όταν αυξάνεται η εξωτερική πίεση**. Στα σημεία επαφής του σύρματος με τον πάγο η πίεση ($P = F/S$) είναι πολύ μεγάλη, αφού η δύναμη που ασκείται από το βάρος κατανέμεται πάνω σε πολύ μικρή επιφάνεια, που είναι η επιφάνεια επαφής του σύρματος με τον πάγο ($F =$ μεγάλο, $S =$ μικρό $\Rightarrow P =$ μεγάλη). Λόγω της μεγάλης πίεσης, ο πάγος στα σημεία επαφής δεν μπορεί να

διατηρηθεί σε στερεά κατάσταση και τήκεται, οπότε το σύρμα εισχωρεί μέσα στον πάγο. Όμως, το νερό που παράγεται κατά την τήξη, ανερχόμενο πάνω από το σύρμα, βρίσκεται υπό την κανονική (ατμοσφαιρική) πίεση και σε θερμοκρασία κάτω από τους 0° C, οπότε ξαναπήζει. Αυτό συνεχίζεται σε όλη τη διαδρομή του σύρματος μέσα από την κολόνα του πάγου με τελικό αποτέλεσμα την ταυτόχρονη «επανασυγκόλληση» της κολόνας.

Παρατηρήσεις

- 1.** Κολόνες πάγου (αν δεν υπάρχουν στο εμπόριο) μπορούμε να φτιάξουμε εύκολα, τοποθετώντας μια γεμάτη κατά τα $\frac{3}{4}$ με νερό μακρόστενη φόρμα ψησίματος κέικ στην κατάψυξη. Η φόρμα πρέπει να έχει μήκος τουλάχιστον 30 – 36 cm και να είναι άκαμπτη. Οι αλουμιένιες φόρμες παραμορφώνονται εύκολα, όταν το νερό πήζει. Καταλληλότερες είναι οι φόρμες από ειδικό κράμα, όπως αυτή της φωτογραφίας (Εικ. 9.1). Μετά την αφαίρεση της φόρμας από την κατάψυξη, χρειάζεται να περάσει περίπου 1 ώρα για να χρησιμοποιήσουμε την κολόνα του πάγου στο πείραμά μας. Ο λόγος είναι ότι αρχικά ο πάγος βρίσκεται σε πολύ χαμηλή θερμοκρασία (περίπου -20° C) και η πτώση του σ.τ., με την εφαρμογή της πίεσης, δεν είναι αρκετή για να οδηγήσει στην προσωρινή τήξη του και στη δημιουργία νερού. Ο πάγος είναι κατάλληλος για την έναρξη του πειράματος, όταν αρχίζει να λιώνει (να σχηματίζει τις πρώτες σταγόνες νερού γύρω του). Αν η κολόνα του πάγου χρησιμοποιηθεί λίγο μετά την αφαίρεσή της από την κατάψυξη, το «σχίσισμό» της μπορεί να διαρκέσει μέχρι και 1 h!!
- 2.** Ο μεταλλικός κύλινδρος με το άγκιστρο (ειδική παραγγελία σε μηχανουργείο) πρέπει να έχει μεγάλο βάρος και το σύρμα να είναι πολύ λεπτό, διότι διαφορετικά είτε δεν θα σχίζεται ο πάγος, είτε θα σχίζεται πολύ αργά. Εξάλλου, το σύρμα πρέπει να είναι ταυτόχρονα και ανθεκτικό για να αντέξει το μεγάλο βάρος και να μην κοπεί. Τέτοιο είναι το εξάκλωνο ατσάλοσυρμα που λαμβάνουμε με απογύμνωση σύρματος απλώματος μπουγάδας.
- 3.** Η απόσταση από εκεί που τελειώνει το κρεμασμένο βάρος μέχρι το έδαφος πρέπει να έχει υπολογισθεί σωστά, δηλαδή να είναι μεγαλύτερη από το πάχος της κολόνας, διαφορετικά ο κύλινδρος θα ακουμπήσει στο έδαφος πριν το σύρμα διαπεράσει ολόκληρη την κολόνα.
- 4.** Κάτω από το βάρος τοποθετούμε μια μακρόστενη πλαστική λεκάνη για τη συλλογή του νερού που στάζει από το λιώσιμο του πάγου. Στην ξύλινη κατασκευή (Εικ. 9,2), σχεδιασμένη για τις ανάγκες του πειράματος, δεν χρειάζεται η τοποθέτηση λεκάνης διότι η βάση έχει στεγανοποιηθεί με σιλικόνη για να συγκρατεί το νερό που στάζει από το λιώσιμο του πάγου.

10. Το μυστήριο της ... μεταλαμπάδευσης

Σβήνουμε τη φλόγα μιας λαμπάδας. Πλησιάζοντας όμως μια δεύτερη φλόγα στο φυτίλι της λαμπάδας που καπνίζει, το φυτίλι αρπάζει πάλι φωτιά, χωρίς να το ακουμπήσει η δεύτερη φλόγα.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

Λαμπάδα, κερί



Εικ. 10.1 Υλικά για το Πείραμα 10

Διεξαγωγή

- Ανάβουμε τη λαμπάδα και το κερί. Αφήνουμε λίγο τη λαμπάδα αναμμένη ώστε να μεγαλώσει η φλόγα της.
- Σβήνουμε τα φώτα. Φέρνουμε τη λαμπάδα προς το στόμα μας και με ένα φύσημα σβήνουμε τη λαμπάδα.
- Στην πορεία του καπνού που ανεβαίνει από τη σβησμένη λαμπάδα και από απόσταση 2-3 cm πλησιάζουμε **αμέσως** ένα αναμμένο κερί. Η φλόγα του κεριού «πηδάει» μέσω του αέρα και ανάβει το σβησμένο φυτίλι της λαμπάδας.

Ερμηνεία

Η λαμπάδα φτιάχνεται από παραφίνη η οποία είναι προϊόν της απόσταξης του πετρελαίου και αποτελείται από κορεσμένους υδρογονάνθρακες. Η παραφίνη καίγεται προς νερό και διοξείδιο του άνθρακα. Όταν όμως σβήνουμε φυσώντας τη λαμπάδα, στη στήλη του καπνού που σχηματίζεται πάνω από τη λαμπάδα υπάρχουν και ατμοί παραφίνης.

Με το πλησίασμα του αναμμένου κεριού, οι ατμοί παραφίνης αρπάζουν φωτιά και, ακολουθώντας την πορεία τους προς το φυτίλι, μεταδίδουν τη φλόγα σ' αυτό.



(Α)



(Β)



(Γ)

Εικ. 10.2 (Α) Η λαμπάδα και το κερί αναμμένα. (Β) Η στήλη του καπνού, αμέσως μετά το σβήσιμο της λαμπάδας. (Γ) Η σβησμένη λαμπάδα αρπάζει φωτιά, χωρίς η φλόγα του κεριού να έρθει σε επαφή με το φυτίλι της.

Παρατηρήσεις

1. Χρησιμοποιούμε λαμπάδες από καθαρή παραφίνη, με χονδρό φυτίλι για να απορροφά περισσότερη παραφίνη.
2. Η μεταλαμπάδευση δεν φαίνεται καλά, αν στην αίθουσα τα φώτα είναι αναμμένα.

11. Μπαλόνι στη ... σούβλα

Τρυπάμε πέρα για πέρα ένα φουσκωμένο μπαλόνι με μια μακριά βελόνα πλεξίματος και αυτό δεν ... σκάει.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

Μπαλόνια στρογγυλά φουσκωμένα, μακριά και λεπτή βελόνα πλεξίματος ή σύρμα από μεταλλική κρεμάστρα με λιμαρισμένη άκρη, λάδι



Εικ. 11.1 Όργανα και υλικά για το Πείραμα 11

Διεξαγωγή

- Φουσκώνουμε δύο μπαλόνια περίπου στο $\frac{1}{2}$ του μεγέθους που μπορούν να αποκτήσουν και δένουμε σφιχτά το «λαιμό» τους.
- Τρυπάμε το ένα μπαλόνι σε μια θέση τυχαία θέση και, φυσικά, αυτό σκάει.
- Βουτάμε την αιχμηρή άκρη της βελόνας στο λάδι, τη σκουπίζουμε ελαφρά και την σπρώχνουμε ήπια, με περιστροφική κίνηση, στην άκρη του μπαλονιού που βρίσκεται αντιδιαμετρικά προς τον λαιμό του μπαλονιού.
- Συνεχίζουμε να σπρώχνουμε τη βελόνα μέσα από το μπαλόνι μέχρις ότου αυτή περάσει από την απέναντι άκρη, δηλαδή πολύ κοντά στον λαιμό του μπαλονιού. Το μπαλόνι όχι μόνο δεν σκάει αλλά διατηρεί τον αρχικό του όγκο που σημαίνει ότι δεν έχει χάσει καθόλου αέρα.
- Αφαιρούμε με προσοχή τη «σούβλα» και το μπαλόνι δεν ξεφουσκώνει, αλλά διατηρεί τον αρχικό του όγκο.



(A)



(B)

Εικ. 11.2 (A) Η αιχμηρή άκρη της βελόνας (σούβλας) εισχωρεί σε σημείο του μπαλονιού όπου υπάρχει συσσώρευση πολυμερούς. (B) Η σούβλα έχει διαπεράσει το μπαλόνι και έχει εξέλθει σε σημείο κοντά στο λαιμό, χωρίς το μπαλόνι να σκάσει.

Ερμηνεία

Το μπαλόνι είναι κατασκευασμένο από ένα πολυμερές αποτελούμενο από μακριές αλυσίδες μορίων. Αυτές οι αλυσίδες μπορούν να εκτείνονται αρκετά, χωρίς να θραύονται, καθώς το μπαλόνι φουσκώνει. Μια ιδιότητα των μπαλονιών είναι ότι γύρω από τον λαιμό τους και στην αντιδιαμετρική προς τον λαιμό άκρη τους υπάρχει συσσώρευση πολυμερούς, δηλαδή εκεί το μπαλόνι είναι πιο «παχύ». Έτσι, γύρω από αυτά τα σημεία το μπαλόνι μπορεί να τεντωθεί περισσότερο, χωρίς να κινδυνεύουν να σπάσουν οι αλυσίδες και να σκάσει το μπαλόνι. Το πάχος

του πολυμερούς σ' αυτά τα σημεία (και μόνο σ' αυτά) είναι τέτοιο που κυριολεκτικά «σφραγίζει» αμέσως κάθε (μικρή) τρύπα που ανοίγουμε.

Παρατηρήσεις

1. Αν φουσκώσουμε πολύ το μπαλόνι, τότε στα «επίμαχα» σημεία το πολυμερές θα «αδυνατίσει» και το μπαλόνι θα σκάσει.

2. Για να δείξουμε τον ρόλο της συσσώρευσης πολυμερούς και το άμεσο κλείσιμο της οπής που ανοίγουμε, τρυπάμε ένα ελαστικό πώμα.

12. Πώς φτιάχνω έναν καθρέφτη

Θερμαίνουμε ένα διάλυμα διαφόρων ουσιών μέσα σε μια γυάλινη κάψα και στην εξωτερική πλευρά του πυθμένα της κάψας σχηματίζεται ένας καθρέφτης.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

Τριβλίο Petri (διαμέτρου 10-12 cm) **επιμελώς** καθαρισμένο, ποτήρι ζέσεως 100 mL, σπάτουλα-κουτάλι του 1 mL, γυάλινη ράβδος, πλέγμα αμιάντου, λύχνος υγραερίου (γκαζάκι του καφέ με δική του μεταλλική βάση στο άνω μέρος), σταγονόμετρο, φακός τσέπης



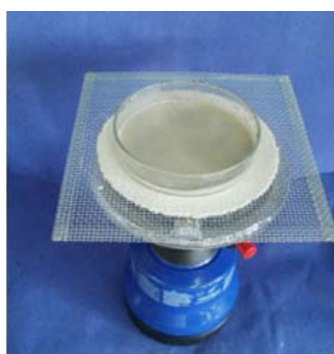
Εικ. 12.1 Όργανα, σκεύη, υλικά και χημικά για το Πείραμα 12

Χημικά

AgNO_3 (0,54 g), $\text{NH}_3(\text{aq})$ (2M, 10 mL σε σταγονομετρικό φιαλίδιο), τρυγικό καλιονάτριο, $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (0,44 g), απιοντισμένο νερό

Διεξαγωγή

- Διαλύουμε τον AgNO_3 σε 20 mL νερό μέσα στο ποτήρι ζέσεως και προσθέτουμε κατά σταγόνες διάλυμα NH_3 μέχρις επαναδιαλύσεως του αρχικά σχηματιζόμενου φαιού ιζήματος (~5 mL).
- Στο άχρωμο διαυγές διάλυμα, προσθέτουμε το τρυγικό καλιονάτριο και αναδεύουμε.
- Μεταγγίζουμε το διάλυμα στο τριβλίο Petri.
- Θερμαίνουμε το τριβλίο πάνω στο πλέγμα μέχρις ενάρξεως βρασμού.
- Αφήνουμε λίγο το τριβλίο να κρυώσει και κατόπιν αποχύνουμε αργά το υγρό στον νεροχύτη.
- Επιδεικνύουμε στο κοινό τον καθρέφτη που σχηματίσθηκε. Για εντυπωσιασμό, σβήνουμε τα φώτα και ρίχνουμε πάνω στον καθρέφτη τη δέσμη φωτός ενός φακού. Στρέφουμε τον καθρέφτη προς το κοινό.



(A)

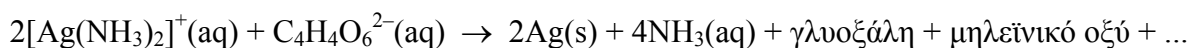
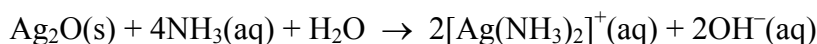
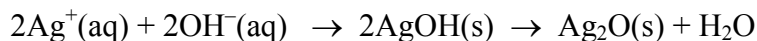


(B)

Εικ. 12.2 (A) Το αρχικά διαυγές διάλυμα του συμπλόκου $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$ και του $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ έχει θολώσει και έχει γίνει φαιόχρωμο κατά τη θέρμανση. (B) Ο έτοιμος καθρέφτης

Ερμηνεία

Ο καθρέφτης είναι μεταλλικός άργυρος. Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα και οδηγούν σε μεταλλικό άργυρο είναι:



Παρατηρήσεις

1. Όχι μόνο το τριβλίο, αλλά και το πλέγμα αμιάντου πρέπει να είναι πολύ καθαρό, διότι αλλιώς σχηματίζονται κηλίδες πάνω στον καθρέφτη. Το τριβλίο τοποθετείται σε λουτρό καθαρισμού γυαλικών (προπανόλη + KOH) από την προηγούμενη μέρα, ξεπλένεται αρχικά με άφθονο νερό και κατόπιν με ακετόνη. Το χρησιμοποιούμε τελείως στεγνό και χωρίς καθόλου κηλίδες.
2. Η ποσότητα του διαλύματος είναι συνολικά ~30 mL και χωράει στο συγκεκριμένο τριβλίο.
3. Η θέρμανση του τελικού διαλύματος πρέπει να γίνει με **αργό ρυθμό**, διαφορετικά ο καθρέφτης δεν σχηματίζεται ομοιόμορφα σε όλη την επιφάνεια του δοχείου. Σβήνουμε τον λύγνο πριν αρχίσει να βράζει το διάλυμα. (Συνολική διάρκεια θέρμανσης ~3 min.)
4. Εναλλακτικά, και για ταχύτερη διεξαγωγή του πειράματος, μπορούμε να έχουμε έτοιμο ένα διάλυμα του συμπλόκου $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$ 0,1 M και να προσθέσουμε απλώς 0,50 g $\text{NaKC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ στα 30 mL διαλύματος του συμπλόκου. Το σύμπλοκο $[\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]\text{NO}_3$ είναι σταθερό για μεγάλο διάστημα σε σκούρα φιάλη.
5. Ο σχηματισμένος με τον παραπάνω τρόπο καθρέφτης δεν είναι σταθερός και με απόξυση καταστρέφεται. Γενικά, προστασία της επαργύρωσης επιτυγχάνεται με επικάλυψη με ειδικό βερνίκι.
6. Αντί για τρυγικό καλιονάτριο ως αναγωγικό, μπορούμε να προσθέσουμε φορμαλδεΐδη, τρυγικό οξύ ή γλυκόζη. Η τελευταία χρησιμοποιείται στην πράξη για την κατασκευή καθρεπτών, παράγεται δε με υδρόλυση διαλύματος ζάχαρης.

13. Πώς μια καρφίτσα μαθαίνει ... θαλάσσιο σκι

Μια ασφάλινη καρφίτσα τοποθετείται με προσοχή πάνω στην επιφάνεια του νερού. Η καρφίτσα επιπλέει, αντί να πάει στον πάτο.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

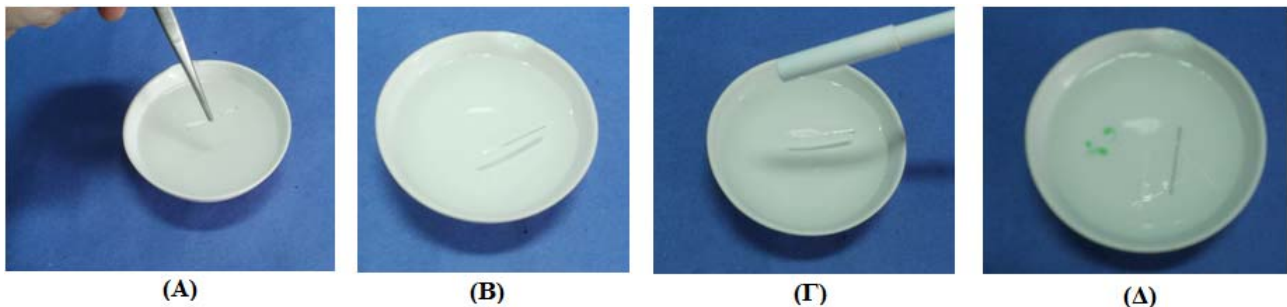
Κάψα πορσελάνης μεσαίου μεγέθους, κοινή καρφίτσα, μεταλλική λαβίδα, απορρυπαντικό πιάτων, χαρτοπετσέτα, μαγνητική ράβδος



Εικ. 13.1 Όργανα, σκεύη και υλικά για το Πείραμα 13

Διεξαγωγή

- Γεμίζουμε την κάψα με νερό της βρύσης.
- Πιάνουμε την καρφίτσα στην άκρη της λαβίδας και την τοποθετούμε απαλά και σε οριζόντια θέση πάνω στο νερό. Η καρφίτσα μένει οριζόντια και επιπλέει πάνω στο νερό.
- Ο ασφαλέστερος τρόπος να κάνουμε μια καρφίτσα να επιπλέει, είναι να αφήσουμε ένα κομματάκι χαρτοπετσέτας πάνω στην επιφάνεια του νερού. Αυτό αρχικά επιπλέει. Τοποθετούμε τώρα την καρφίτσα πάνω στο χαρτί που επιπλέει και στη συνέχεια, πιέζοντας ελαφρά το χαρτί με τη λαβίδα ή με ένα στυλό, το αναγκάζουμε να απορροφήσει περισσότερο νερό και να βουλιάξει, αφήνοντας την καρφίτσα στη θέση της να επιπλέει.
- Κινώντας τη μαγνητική ράβδο **αργά** και **πάνω** από την καρφίτσα (π.χ. κυκλικά), αναγκάζουμε την καρφίτσα να κάνει την ίδια κίνηση πάνω στο νερό, χωρίς να βουλιάξει.
- Αν αφήσουμε μια σταγόνα απορρυπαντικού να κυλίσει στο εσωτερικό τοίχωμα της κάψας, η καρφίτσα θα βουλιάξει. Επίσης, η καρφίτσα βουλιάζει, αν η κίνηση της μαγνητικής ράβδου γίνεται χαμηλότερα από το επίπεδο της καρφίτσας.



Εικ. 13.2 (Α) Τοποθέτηση της καρφίτσας πάνω στην επιφάνεια του νερού. (Β) Η καρφίτσα επιπλέει. (Γ) Η καρφίτσα ακολουθεί την κίνηση της μαγνητικής ράβδου. (Δ) Με την προσθήκη μιας σταγόνας απορρυπαντικού, η καρφίτσα βουλιάζει αμέσως.

Ερμηνεία

Η καρφίτσα έχει πυκνότητα περίπου $7,8 \text{ g/cm}^3$ και κανονικά θα έπρεπε να ηγαίνει κατευθείαν στον πάτο. Το ότι δεν βουλιάζει, αν τοποθετηθεί κατάλληλα στην επιφάνεια του νερού, οφείλεται στη λεγόμενη *επιφανειακή τάση του νερού*. Πολύ απλά, μπορούμε να φαντασθούμε ότι η επιφάνεια του νερού λειτουργεί όπως ένα λεπτό φιλμ το οποίο απλώς πιέζεται και τεντώνεται ελαφρά υπό το βάρος της καρφίτσας, χωρίς όμως να διαρρηγνύεται. Έτσι, η καρφίτσα δεν βυθίζεται. Ως ανάλογο παράδειγμα θα μπορούσαμε να αναφέρουμε τον ιστό της αράχνης, ο οποίος έχει μια ελαστικότητα και μπορεί να τεντώνεται, χωρίς να διαρρηγνύεται, όταν επάνω του πέφτει ένα σχετικά βαρύ έντομο. Με την προσθήκη του απορρυπαντικού, η επιφανειακή τάση του νερού ελαττώνεται και η καρφίτσα βουλιάζει.

Παρατηρήσεις

- 1.** Μπορούμε να τοποθετήσουμε, με τη βοήθεια της λεπτής λαβίδας, και δεύτερη και τρίτη καρφίτσα πάνω στην επιφάνεια του νερού, οι οποίες όμως πηγαίνουν και κολλάνε παράλληλα με την πρώτη, χωρίς να βουλιάζουν!
- 2.** Το πείραμα επιτυγχάνει απόλυτα και με τη χρησιμοποίηση βελόνας ραψίματος στη θέση της καρφίτσας, παρόλο που η βελόνα μπορεί να είναι 3 ή 4 φορές βαρύτερη από την καρφίτσα.
- 3.** Στο νερό που περιέχει έστω και μια σταγόνα απορρυπαντικό, είναι αδύνατο να επιτύχει το πείραμα αυτό.
- 4.** Προσοχή! Μέχρι που να κάνουμε την καρφίτσα να επιπλέει, κρατάμε μακριά τη μαγνητική ράβδο, διότι τόσο η καρφίτσα όσο και η μεταλλική λαβίδα μαγνητίζονται κατά το πλησίασμα ή την επαφή της μαγνητικής ράβδου και η καρφίτσα μένει κολλημένη στη λαβίδα και δεν πέφτει στο νερό.

14. Γιατί ξεθώριασε το κόκκινο τριαντάφυλλο;

Τοποθετούμε ένα κόκκινο τριαντάφυλλο σε μια γυάλα και αυτό χάνει το χρώμα του.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

Διαφανής άχρωμη γυάλα 1 L με ευρύ άνοιγμα και βιδωτό μεταλλικό πώμα, κωνική φιάλη 250 mL ή μικρό ανθοδοχείο, κωνική φιάλη 50 mL, γυάλινο χωνί με μακρύ στέλεχος, σπάτουλα-κουτάλι των 5 mL, δύο κόκκινα τριαντάφυλλα



Εικ. 14.1 Όργανα, σκεύη, υλικά και χημικά για το Πείραμα 14

Χημικά

Θειώδες νάτριο (Na_2SO_3) (10 g), υδροχλωρικό οξύ (HCl 6 M, 30 mL)

Διεξαγωγή

- Γεμίζουμε τη μικρή κωνική φιάλη με νερό και τοποθετούμε το ένα κόκκινο τριαντάφυλλο, κομμένο από πριν στα μέτρα της γυάλας, ώστε να φαίνεται ολόκληρο στο κοινό.
- Ρίχνουμε μέσα στη γυάλα περίπου 2 mL νερού και με τη γυάλα ελαφρώς γερμένη ρίχνουμε **πάνω** στο νερό 2 κουταλιές στερεού θειώδους νατρίου, ώστε να προκύψει μια πολτώδης μάζα που κολλάει στον πυθμένα της φιάλης.
- Τοποθετούμε την κωνική φιάλη με το τριαντάφυλλο μέσα στη γυάλα με τη βοήθεια μιας λαβίδας.
- Γέρνουμε τη γυάλα προς την αντίθετη από τη μάζα του θειώδους νατρίου πλευρά και προσθέτουμε, με τη βοήθεια του χωνιού, 30 mL υδροχλωρικού οξέος.
- Τοποθετούμε **γρήγορα** το πώμα της γυάλας και το βιδώνουμε σφιχτά.
- Ανακινούμε το περιεχόμενο της γυάλας, ώστε το υδροχλωρικό οξύ να έρθει σε επαφή με τη μάζα του θειώδους νατρίου.
- Αφήνουμε τη γυάλα με το τριαντάφυλλο πάνω στον πάγκο και δίπλα της τοποθετούμε, για σύγκριση, ένα δεύτερο όμοιο τριαντάφυλλο, μέσα σε μικρό ανθοδοχείο ή στη μεγάλη κωνική φιάλη με νερό. Το κόκκινο τριαντάφυλλο μέσα στη γυάλα αρχίζει να χάνει το αρχικό του χρώμα και να γίνεται ροζ. Αυτό δεν απαιτεί περισσότερο από 10 min.



(Α)



(Β)



(Γ)

Εικ. 14.2 Τρεις διαδοχικές φάσεις του πειράματος: (Α) Το τριαντάφυλλο μέσα στη γυάλα γρήγορα χάνει το βαθύ ερυθρό χρώμα του. (Β) Μετά από 10 min, το τριαντάφυλλο έχει χρώμα ανοικτό ροζ. (Γ) Σύγκριση αρχικού και τελικού χρώματος του τριαντάφυλλου.

Ερμηνεία

Ο αποχρωματισμός του τριαντάφυλλου από διοξείδιο του θείου οφείλεται στο ότι η χρωστική στο τριαντάφυλλο ανάγεται από το διοξείδιο του θείου (που περιέχεται στο ποτήρι) προς μια άχρωμη ουσία.

Παρατηρήσεις

1. Αν δεν ακολουθήσουμε τα αρχικά στάδια της περιγραφόμενης διαδικασίας και προσθέσουμε το υδροχλωρικό οξύ **απευθείας** πάνω στο θειώδες νάτριο, τότε θα ελευθερωθεί διοξείδιο του θείου στο περιβάλλον, **πριν** προλάβουμε να πωματίσουμε τη γυάλα. (Για τις ιδιότητες του SO₂, βλ. παρακάτω.) Απελευθέρωση SO₂ στο περιβάλλον θα έχουμε επίσης, αν η γυάλα δεν είναι **στεγανά** πωματισμένη.
2. Τα 10 g Na₂SO₃ απαιτούν περίπου 30 mL HCl(aq) και παράγουν 5 g SO₂. Η πίεση που ασκεί αυτή η ποσότητα αερίου αντέχεται από τα τοιχώματα και το πώμα της γυάλας.
3. Για απόλυτη στεγανοποίηση της γυάλας, τοποθετούμε ένα κομμάτι νάιλον (π.χ. από διαφανή νάιλον σακούλα), κομμένο σε διαστάσεις λίγο μεγαλύτερες από το άνοιγμα της γυάλας, και κατόπιν βιδώνουμε σφιχτά το πώμα.
4. Το «επίμαχο» τριαντάφυλλο το βάζουμε αρχικά σε κωνική φιάλη για να στέκεται όρθιο μέσα στη γυάλα και έτσι τα φύλλα του να εκτίθενται ομοιόμορφα στο αέριο SO₂.
5. Το τριαντάφυλλο της γυάλας δεν γίνεται ποτέ τελείως λευκό. Το τελικό χρώμα του είναι ανοικτό ροζ.
6. Παρατηρούμε ότι και τα πράσινα φύλλα στο ροζ τριαντάφυλλο έχουν εν μέρει αποχρωματισθεί.
7. Το διοξείδιο του θείου, SO₂, είναι ένα άχρωμο, τοξικό αέριο με χαρακτηριστική πνιγηρή οσμή. Ακόμα και σε μικρές ποσότητες προκαλεί βήχα και ερεθισμό της μύτης, του λάρυγγα και των πνευμόνων. Η παρουσία του σε μολυσμένο αέρα (από την καύση ορυκτών καυσίμων) είναι γνωστό ότι προκαλεί αναπνευστικά προβλήματα. Γι' αυτό απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή κατά τη χρήση του και κάθε ασφαλής εργασία με αυτό επιβάλλεται να γίνεται στον απαγωγό. Έτσι, μετά το πέρας του πειράματος, μεταφέρουμε τη γυάλα στον απαγωγό ή σε καλά αεριζόμενο χώρο, αφαιρούμε το πώμα της, καθώς και το τριαντάφυλλο, και αφήνουμε τη γυάλα στον απαγωγό μέχρι να απομακρυνθεί το περισσότερο SO₂.
8. Η χρήση του SO₂ ως συντηρητικό τροφίμων στηρίζεται στο γεγονός ότι το διοξείδιο του θείου είναι ιδιαίτερα τοξικό για ζύμες, μούχλες και ορισμένα βακτήρια. Επειδή κάποιοι άνθρωποι είναι αλλεργικοί στο διοξείδιο του θείου, τα τρόφιμα που το περιέχουν πρέπει να είναι κατάλληλα επισημασμένα.

15. Πώς το κρασί έγινε νερό

Φυσάμε μέσα από ένα καλαμάκι στο ποτήρι που περιέχει ένα ροζέ κρασί και το κρασί γίνεται νερό.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

Μία διαφανής άχρωμη φιάλη με ετικέτα κρασιού και πώμα, ένα κρασοπότηρο, ένα σταγονόμετρο, ένα καλαμάκι

Χημικά

Υδροξείδιο του νατρίου (NaOH) 6 M, φαινολοφθαλεΐνη



Εικ. 15.1 Όργανα, σκεύη, υλικά και χημικά για το Πείραμα 15

Διεξαγωγή

- Σε 250 mL απιοντισμένου νερού που βρίσκονται μέσα στη φιάλη του κρασιού ρίχνουμε μερικές σταγόνες διαλύματος NaOH για να κάνουμε το διάλυμα ελαφρώς βασικό (pH περίπου 10).
- Προσθέτουμε τόσες σταγόνες φαινολοφθαλεΐνης ώστε το διάλυμα, μετά από ανακίνηση της φιάλης, να αποκτήσει ένα βαθύ ροζ χρώμα.
- Ρίχνουμε μια ποσότητα «κρασιού» στο κρασοπότηρο και με το καλαμάκι φυσάμε τον αέρα της εκπνοής μας μέσα στο «κρασί». Μετά από λίγο το «κρασί» αποχρωματίζεται και γίνεται σαν καθαρό νερό.



(A)



(B)

Εικ. 15.2 (A) Με το καλαμάκι φυσάμε τον αέρα της εκπνοής μας μέσα στο «κρασί» που υπάρχει στο ποτήρι. (B) Μετά από 2 min φυσήματος, το «κρασί» αποχρωματίζεται τελείως και γίνεται σαν νερό.

Ερμηνεία

Το διοξείδιο του άνθρακα της εκπνοής διαλύεται στο νερό και εξουδετερώνει το βασικό διάλυμα. Το pH χαμηλώνει και η φαινολοφθαλεΐνη αποχρωματίζεται.

Παρατηρήσεις

1. Η περιοχή αλλαγής χρώματος της φαινολοφθαλεΐνης είναι 8,3 – 10. Σε διαλύματα με pH < 8,3 είναι άχρωμη, ενώ σε διαλύματα με pH > 10 είναι ροζ.
2. Αν χρησιμοποιήσουμε πολύ NaOH, το CO₂ δεν θα μπορέσει να εξουδετερώσει τη βάση και το χρώμα δεν θα αλλάξει ή θα χρειασθούμε πολύ χρόνο για τον αποχρωματισμό.
3. Την όλη προετοιμασία του κρασιού την έχουμε κάνει από πριν και στο κοινό παρουσιάζουμε τη φιάλη με το «κρασί» ως «σφραγισμένη» ή μόλις «ανοιχθείσα». Η συγκεκριμένη φιάλη χωράει ~750 mL. Για αυτή την ποσότητα νερού απαιτούνται περίπου 1,5 mL διαλύματος NaOH 6 M και 10 mL δείκτη για να έχουμε ένα σκούρο ροζέ «κρασί». Η σχετικά μεγάλη ποσότητα δείκτη δεν επηρεάζει

καθόλου τη διάρκεια αποχρωματισμού του «κρασιού», που χρειάζεται περίπου 1-2 min. Αυτό που καθυστερεί τον αποχρωματισμό είναι η υπέρ το δέον ($\text{pH} \gg 10$) συγκέντρωση του NaOH.

4. Επειδή το χρώμα αυτού του «κρασιού» δεν μοιάζει με τα χρώματα των γνωστών κρασιών, λέμε ότι πρόκειται για κρασί που φτιάχνεται από μια ειδική ποικιλία σταφυλιών που υπάρχει μόνο στη Γαλιλαία.

IV. Διαλύματα

16. Το μαγικό υγρό που όταν το αδειάζεις γίνεται ...σταλαγμίτης

Αδειάζουμε ένα διαυγές άχρωμο υγρό πάνω σε ρηχό πιάτο και το υγρό μετατρέπεται σε έναν άσπρο σταλαγμίτη.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

Ευρύλαιμη κωνική φιάλη 250 mL, ποτήρι ζέσεως 100 mL, θερμαντική πλάκα, μεγάλο ρηχό πιάτο

Χημικά

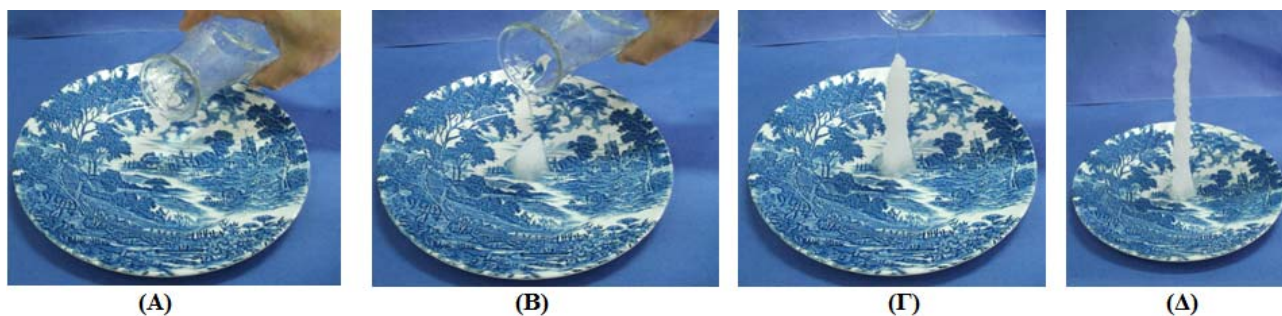
Οξικό νάτριο ($\text{CH}_3\text{COONa}\cdot 3\text{H}_2\text{O}$) 100 g, απιοντισμένο νερό



Εικ. 16.1 Όργανα, σκεύη, υλικά και χημικά για το Πείραμα 16

Διεξαγωγή

- Παρασκευάζουμε ένα υπέρκορο διάλυμα οξικού νατρίου προσθέτοντας πρώτα 100 g οξικού νατρίου (ένα ποτηράκι των 100 mL γεμάτο) και κατόπιν 20 mL νερού σε μια καθαρή και στεγνή κωνική φιάλη. Προσέχουμε να μην κολλήσει κανένας κρύσταλλος στα τοιχώματα της φιάλης. Αν συμβεί κάτι τέτοιο, ξεπλύνουμε το τοίχωμα με πολύ λίγο νερό από σταγονόμετρο, ώστε ο κρύσταλλος να παρασυρθεί προς το διάλυμα.
- Τοποθετούμε τη φιάλη πάνω στη θερμαντική πλάκα και θερμαίνουμε ήπια μέχρι να διαλυθούν όλοι οι κρύσταλλοι (έναρξη βρασμού).
- Καλύπτουμε το άνοιγμα της φιάλης με μια γυάλινη κάψα και αφήνουμε το διάλυμα σε ηρεμία να κρυώσει και να φθάσει τη θερμοκρασία δωματίου.
- Τοποθετούμε 2-3 κρυσταλλάκια οξικού νατρίου στο κέντρο του πιάτου και χύνουμε προσεκτικά και αργά το υπέρκορο διάλυμα πάνω στον κρύσταλλο. Παρατηρούμε ότι αρχίζει να σχηματίζεται ένας θεαματικός σταλαγμίτης από στερεό οξικό νάτριο.



Εικ. 16.2 Τέσσερις διαδοχικές φάσεις του πειράματος: (Α) Στο κέντρο του πιάτου έχουν τοποθετηθεί 2-3 κρυσταλλάκια οξικού νατρίου (δεν φαίνονται). (Β) Χύνοντας προσεκτικά το υπέρκορο διάλυμα του οξικού νατρίου πάνω στα κρυσταλλάκια, ο «σταλαγμίτης» αρχίζει να σχηματίζεται. (Γ)-(Δ) Το ύψος του «σταλαγμίτη» διαρκώς μεγαλώνει.

Ερμηνεία

Υπέρκορο διάλυμα είναι ένα διάλυμα που περιέχει περισσότερη διαλυμένη ουσία από ό,τι ένα κορεσμένο διάλυμα. Υπέρκορα διαλύματα δεν βρίσκονται σε ισορροπία με τη στερεά ουσία. Αν στο υπέρκορο διάλυμα προστεθεί ένας μικρός κρύσταλλος της ουσίας, η περίσσεια της ουσίας αποκρυσταλλώνεται (αποβάλλεται) αμέσως. Η κρυστάλλωση από ένα υπέρκορο διάλυμα είναι συχνά ταχύτερη και εντυπωσιακή.

Παρατηρήσεις

1. Το διάλυμα του οξικού νατρίου είναι εξαιρετικά ευαίσθητο σε μικροσκοπικές μολύνσεις που πιθανόν υπάρχουν στο διάλυμα και κάτι τέτοιο μπορεί να προκαλέσει πρόωρη κρυστάλλωση. Για την επιτυχία του πειράματος προσέχουμε όλα τα σκεύη που χρησιμοποιούμε να είναι **απολύτως καθαρά**.

2. Καλά είναι το διάλυμα να μείνει σε ηρεμία όλη τη νύκτα και να χρησιμοποιηθεί την επόμενη μέρα. Το ίδιο διάλυμα μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε αρκετές φορές, δηλαδή μετά το πείραμα να επιστρέψουμε τον «σταλαγμίτη» μέσα στην ίδια κωνική φιάλη και να θερμάνουμε μέχρις ότου λάβουμε ένα άχρωμο διαυγές διάλυμα. Τα κρυσταλλάκια που αναπόφευκτα έχουν κολλήσει στα ανώτερα εσωτερικά τοιχώματα της φιάλης από το προηγούμενο πείραμα, τα παρασέρνουμε προς το διάλυμα, στάζοντας επάνω τους σταγόνες νερού με ένα σταγονόμετρο. Βέβαια, μετά από μερικές παρουσιάσεις, το διάλυμα έχει μολυνθεί και θα πρέπει να αντικατασταθεί.

3. Αν θέλουμε ο σταλαγμίτης να έχει μεγάλο ύψος και να μην καταρρεύσει γρήγορα, φτιάχνουμε τη βάση του αρκετά πλατιά και προσέχουμε να χύνουμε το υγρό ακριβώς πάνω στην κορυφή του «σταλαγμίτη» που σχηματίζεται, ώστε το κέντρο βάρους του να «πέφτει» μέσα στη βάση του. Επίσης, θα χρειαστεί να ξεκινήσουμε με μεγαλύτερη ποσότητα οξικού νατρίου.

4. Αποβολή ιζήματος από ένα υπέρκορο διάλυμα μπορεί να γίνει και με τριβή των εσωτερικών τοιχωμάτων της φιάλης με μια γυάλινη ράβδο, ή ακόμα και με απλή ανακίνηση της φιάλης.

V. Σχηματισμός Συμπλόκων

17. Αδελφοποίηση: Δεσμός αίματος

Σύρουμε έναν σουγιά λίγο πάνω από τον καρπό του χεριού μας και αμέσως σχηματίζεται μια αιματέρυθρη λωρίδα γύρω από την «κοψιά» του δέρματος.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

Ένας στομωμένος σουγιάς, ένα ποτήρι ζέσεως 50 mL, ένα ποτήρι ζέσεως 250 mL

Χημικά

Ένα πλακίδιο χλωριδίου του σιδήρου(III) (FeCl_3), διάλυμα θειοκυανικού αμμωνίου (NH_4SCN) 0,3 M



Εικ. 17.1 Όργανα, σκεύη, υλικά και χημικά για το Πείραμα 17

Διεξαγωγή

- Πριν από την παρουσίαση, έχουμε τρίψει και τα δύο μας χέρια, λίγο πάνω από τον καρπό, με το πλακίδιο του FeCl_3 .
- Εξηγούμε στο κοινό τι σημαίνει και πώς γίνεται μια αδελφοποίηση ή ένας δεσμός αίματος.
- Βουτάμε το μαχαίρι στο ποτήρι που περιέχει το διαυγές διάλυμα του NH_4SCN . Δικαιολογούμε αυτή την κίνησή μας λέγοντας ότι έτσι αποστειρώνουμε το μαχαίρι.
- Σύρουμε **γρήγορα** το μαχαίρι πάνω στην κίτρινη γραμμή που έχει αφήσει στο χέρι μας η τριβή του FeCl_3 .
- Αμέσως εμφανίζονται «αίματα» κατά μήκος της «χαρακιάς».
- Κάνουμε το ίδιο και με το άλλο χέρι, **αφού όμως πρώτα ξεπλύνουμε τον σουγιά** στο μεγάλο ποτήρι με το απιοντισμένο νερό (δεύτερο «αποστειρωτικό» διάλυμα).
- Εξηγούμε τον τρόπο αδελφοποίησης φέρνοντας σε επαφή τις «αιμορραγούσες χαρακιές» των δύο χεριών.



(A)

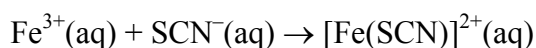


(B)

Εικ. 17.2 (A) Η «χαρακιά» δημιουργείται, όταν τα σταγονίδια του θειοκυανικού αμμωνίου που κόλλησαν πάνω στον σουγιά έρθουν σε επαφή με το χλωρίδιο του σιδήρου(III) που υπήρχε από πριν στο χέρι μας. **(B)** Κατά την αδελφοποίηση, τα «αίματα» σμίγουν.

Ερμηνεία

Τα ιόντα Fe^{3+} από το χλωρίδιο του σιδήρου(III) δίνουν μια πολύ ευαίσθητη αντίδραση με τα ιόντα SCN^- σχηματίζοντας το αιματέρυθρο σύμπλοκο $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$:



Παρατηρήσεις

1. Για την αποφυγή ατυχήματος, έχουμε από πριν τροχίσει (αμβλύνει) την κοφτερή λάμα του μαχαιριού ώστε αυτή να μην κόβει πλέον καθόλου. Επίσης, πάνω στη λάμα, έχουμε δημιουργήσει εγκοπές ή βαθουλώματα με κατάλληλο τροχό και τρυπάνι.
2. Με ένα πλακίδιο FeCl_3 τρίβουμε **μόνο** κατά μήκος της γραμμής που θα γίνει η «χαρακιά». Αν τρίψουμε σε μεγάλη επιφάνεια, το «αίμα», που θα δημιουργηθεί κατά την επαφή με τον βρεγμένο σουγιά, θα ρέει από διάφορα τυχαία σημεία και θα «χαλάσει» την εικόνα της «χαρακιάς».
3. Μικρά βαθουλώματα στη λάμα του μαχαιριού που μπορούμε να κάνουμε από πριν με τρυπάνι, ή εγκοπές καμωμένες με τροχό, βοηθούν στη συγκράτηση αρκετής ποσότητας διαλύματος NH_4SCN ώστε να προκύψει σημαντική ποσότητα «αίματος» και να δείχνει πειστικό το κόψιμο με το μαχαίρι.
4. Όταν σύρουμε τον σουγιά έξω από το διάλυμα του NH_4SCN προσέχουμε να έχουν προσκολληθεί στη λάμα 2-3 σταγόνες διαλύματος.
5. Αν δεν ξεπλύνουμε καλά τον σουγιά μετά από την πρώτη «χαρακιά», το διάλυμα του NH_4SCN θα κοκκινίσει και θα έχουμε προδοθεί.
6. Αν υπάρχει και δεύτερος παρουσιαστής των πειραμάτων ή κάποιος «μυημένος» στο πείραμα, η αδελφοποίηση θα γίνει πιο παραστατική, αν σμίξουν τα «αίματα» δύο ατόμων.
7. Μετά το πείραμα, πλένουμε επιμελώς τα χέρια μας.

VI. Χημική Ισορροπία

18. Συμπαθητική μελάνη και αόρατη γραφή

Βουτάμε μια πένα στο μελανοδοχείο και γράφουμε ένα μήνυμα πάνω σε χαρτί. Όμως, το μήνυμα μετά από λίγο είναι αόρατο. Θερμαίνουμε το χαρτί ελαφρά και το μήνυμα εμφανίζεται ευκρινώς.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

Μελανοδοχείο με «μελάνη», κονδυλοφόρος αυτοτροφοδοτούμενος, πένα κλασική, φύλλο χαρτιού, θερμαντική πλάκα, μικρό πινέλο



Εικ. 18.1 Όργανα, σκεύη, υλικά και χημικά για το Πείραμα 18

Χημικά

Κορεσμένο διάλυμα εξαϋδρικού χλωριδίου του κοβαλτίου(II) ($\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$)

Διεξαγωγή

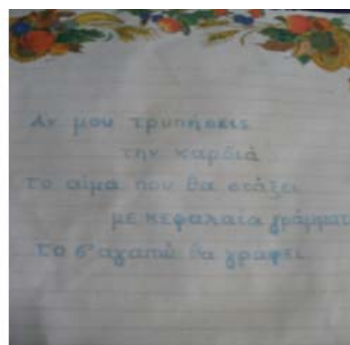
- Βουτάμε τον κονδυλοφόρο στο μελανοδοχείο και γράφουμε ένα μήνυμα πάνω στο χαρτί. Μετά από λίγο, η γραφή είναι αόρατη.
- Θερμαίνουμε το χαρτί πάνω από τη θερμαντική πλάκα (από κάποια απόσταση) και αμέσως η γραφή γίνεται ορατή.
- Διαβρέχουμε **πολύ ελαφρά** το πινέλο και το περνάμε πάνω από το μήνυμα, οπότε η γραφή εξαφανίζεται. Η διαδικασία θέρμανσης-διαβροχής μπορεί να επαναληφθεί πολλές φορές.



(A)



(B)

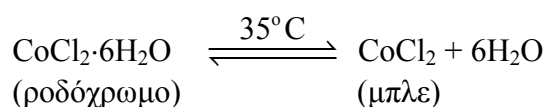


(Γ)

Εικ. 18.2 Τρεις διαδοχικές φάσεις του πειράματος: (A) Η γραμμένη επιστολή με την αόρατη γραφή. (B) Η θέρμανση της επιστολής πάνω στη θερμαντική πλάκα. (Γ) Η εμφάνιση της γραφής.

Ερμηνεία

Το υδατικό διάλυμα του $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ έχει ένα ασθενές ρόδινο χρώμα. Όταν γράφουμε χρησιμοποιώντας αυτό το διάλυμα, η γραφή μόλις που διακρίνεται, μετά από λίγο μάλιστα εξαφανίζεται τελείως. Με τη θέρμανση, το $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ αφυδατώνεται προς τον μπλε ανυδρίτη του, το CoCl_2 :



Παρατηρήσεις

1. Μεταξύ του ροδόχρωμου $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ και του μπλε CoCl_2 υπάρχουν ενδιάμεσες βαθμίδες με διαφορετικά χρώματα:

$\text{CoCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (κυανοϊώδες), $\text{CoCl}_2 \cdot 3/2\text{H}_2\text{O}$ (βαθύ κυανοϊώδες),

$\text{CoCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (ελαφρύ ερυθροϊώδες), $\text{CoCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (ροδόλευκο)

2. Διηθούμε το κορεσμένο διάλυμα του CoCl_2 από πτυχωτό ηθμό για να λάβουμε ένα διαυγές διάλυμα. Αυτό το διάλυμα θα χρησιμοποιήσουμε ως μελάνι για να γεμίσουμε τη φύσιγγα του κονδυλοφόρου. (Στην Εικ. 18.1, ο κονδυλοφόρος δεν φαίνεται.)

3. Το μήνυμα, με σχετικά μεγάλα γράμματα, το έχουμε γράψει από πριν με τον κονδυλοφόρο (π.χ. Parker, με αυτοτροφοδοτούμενη φύσιγγα). Στο μελανοδοχείο έχουμε **σκέτο** νερό και με την κλασική πένα προσποιούμαστε ότι γράφουμε. Με αυτή τη διαδικασία κερδίζουμε σημαντικό χρόνο. (Η πένα έτσι κι' αλλιώς δεν συγκρατεί ούτε σταγόνα από το διάλυμα που χρησιμοποιούμε διότι αυτό είναι πολύ αραιό.)

4. Γράφουμε δύο ή περισσότερα μηνύματα, μαντινάδες ή οτιδήποτε άλλο, ώστε να έχουμε ποικιλία, όταν οι παρουσιάσεις των πειραμάτων είναι πολλές.

5. Το όνομα «συμπαθητική μελάνη» κατά μια εκδοχή προέρχεται από τη χρήση της και στη γραφή εμπιστευτικών επιστολών μεταξύ ερωτευμένων. Γι' αυτό και η μαντινάδα που εμφανίζεται στην Εικ. 18.2 (Γ) έχει να κάνει με ερωτευμένους.

VII. Ατομική Θεωρία (Ατομικά Φάσματα)

19. Ένα αγγούρι υποβάλλεται σε ...ηλεκτροσόκ

Στα άκρα ενός αγγουριού από τουρσί βυθίζουμε δύο σύρματα που τα συνδέουμε με τους ακροδέκτες δύο καλωδίων. Εφαρμόζουμε μια τάση στα δύο ηλεκτρόδια και το αγγούρι αρχίζει να «τσιγαρίζεται» και να φωτοβολεί κίτρινες αναλαμπές.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

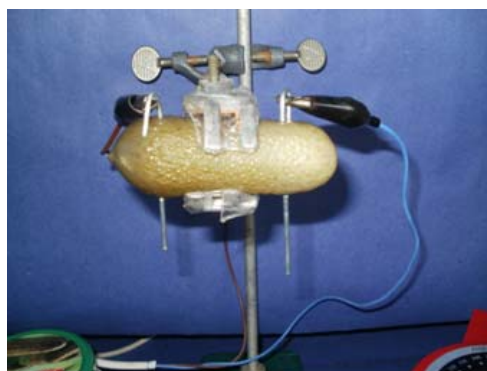
Αγγούρι από τουρσί, μεταλλικό στήριγμα με σφιχτήρα, δύο γυριστά κομμάτια σύρμα (3-4 cm) (π.χ. από μια κρεμάστρα, τροφοδοτικό μεταβλητής τάσης (variac), απορροφητικό χαρτί κουζίνας, πλατιά συγκολλητική διαφανής ταινία, πιάτο



Εικ. 19.1 Όργανα, σκεύη και υλικά για το Πείραμα 19

Διεξαγωγή

- Αφήνουμε για λίγο ένα αγγούρι τουρσί πάνω σε απορροφητικό χαρτί για να χάσει ένα μέρος από το ζουμί του.
- Μονώνουμε καλά τη «δαγκάνα» του σφιχτήρα με τη συγκολλητική ταινία.
- Στερεώνουμε το αγγούρι οριζόντια στον σφιχτήρα και βυθίζουμε στα άκρα του τα δύο σύρματα. Κάτω από το αγγούρι τοποθετούμε ένα πιάτο για τη συγκέντρωση των υγρών που στάζουν.
- Συνδέουμε τους ακροδέκτες του τροφοδοτικού με τα δύο σύρματα (η πολικότητα δεν έχει σημασία).
- Συνδέουμε το τροφοδοτικό με την πρίζα και ανοίγουμε τον διακόπτη τροφοδοσίας.
- Αρχίζουμε να ανεβάζουμε την τάση περιστρέφοντας τον τροχό του τροφοδοτικού. Το αγγούρι αρχίζει να «τσιγαρίζεται» και όταν φθάσουμε στα 140 V αρχίζει να εκπέμπει κίτρινες αναλαμπές.
- Σβήνουμε τα φώτα για μεγαλύτερο εντυπωσιασμό.



(A)



(B)

Εικ. 19.2 (A) Το αγγούρι λίγο πριν αρχίσει να εκπέμπει κίτρινες αναλαμπές. (B) Γύρω στα 140 V, το αγγούρι έχει αρχίσει να ακτινοβολεί το χαρακτηριστικό κίτρινο χρώμα του νατρίου. Οι σχηματιζόμενοι ατμοί οφείλονται στη θέρμανση των υγρών που περιέχονται στο αγγούρι.

Ερμηνεία

Το αγγούρι τουρσί έχει απορροφήσει ξίδι (οξικό οξύ) και αλάτι (NaCl) που το καθιστούν αγωγίμο. Όταν εφαρμόζουμε υψηλή τάση στα άκρα του αγγουριού, το κύκλωμα κλείνει και τα ιόντα νατρίου (Na^+) παίρνουν ηλεκτρόνια από το ηλεκτρικό ρεύμα, μετατρέπονται προς στιγμής σε άτομα

νατρίου, αυτά διεγείρονται (μετάβαση από τον $3s$ στον $3p$ υποφλοιό) και κατά την επιστροφή τους στη θεμελιώδη κατάσταση εκπέμπουν το χαρακτηριστικό κίτρινο χρώμα του νατρίου.

Παρατηρήσεις

- 1.** Η τάση των 140 V είναι επικίνδυνη και γι' αυτό το πείραμα απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή και μεγάλη συγκέντρωση. Θυμόμαστε ότι η σύνδεση του variac με το δίκτυο γίνεται πάντοτε **τελευταία**, δηλαδή αφού έχουμε κάνει όλες τις άλλες προεργασίες. Για μεγαλύτερη ασφάλεια, φοράμε λαστιχένια γάντια.
- 2.** Προσέχουμε ώστε τα ηλεκτρόδια να μην έρθουν σε επαφή με τον σφιχτήρα ή το μεταλλικό στήριγμα.
- 3.** Τα σύρματα στο αγγούρι στέκονται καλύτερα, αν το αγγούρι προηγουμένως το έχουμε κάπως στεγνώσει. Αλλιώς παράγονται μαύρα ζουμιά τα οποία καλό είναι να πέφτουν μέσα σε πιάτο.

VIII. Αντιδράσεις Οξειδοαναγωγής

Εξώθερμες – Ενδόθερμες Αντιδράσεις Αντιδράσεις Καύσης, Αντιδράσεις Διάσπασης (Κατάλυση)

20. Παραγωγή ψύξης

Σε μια φιάλη αναμιγνύουμε καλά δύο άσπρες κρυσταλλικές ουσίες. Τοποθετούμε τη φιάλη πάνω σε ένα βρεγμένο σανίδι και η φιάλη κολλάει μυστηριωδώς πάνω στο σανίδι.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

Ευρύλαιμη κωνική φιάλη 250 mL, ένα σανίδι με μικρά βαθουλώματα την επιφάνειά του, γυάλινη ράβδος ανάδευσης, πώμα από φελλό, πλαστική λεκάνη με κομμάτια φελιζόλ στον πυθμένα της.



Εικ. 20.1 Όργανα, σκεύη, υλικά και χημικά για το Πείραμα 20

Χημικά

Οκταϋδρικό υδροξείδιο του βαρίου $[\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}]$ 40 g, νιτρικό αμμώνιο (NH_4NO_3) 20 g (προζυγισμένες ποσότητες)

Διεξαγωγή

- Ρίχνουμε λίγο νερό στο σανίδι γεμίζοντας τα βαθουλώματα που υπάρχουν σ' αυτό.
- Τοποθετούμε τη φιάλη πάνω στο σανίδι, ακριβώς στη θέση των βαθουλωμάτων.
- Προσθέτουμε τις προζυγισμένες ποσότητες του $\text{Ba}(\text{OH})_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ και του NH_4NO_3 , χωρίς να μετακινήσουμε τη φιάλη από τη θέση της.
- Αναδεύουμε **έντονα** με τη ράβδο για 1 min περίπου, ώστε το μίγμα να γίνει όπως ο χυλός.
- Πωματίζουμε τη φιάλη. Μέσα σε 3-4 λεπτά, η φιάλη και το σανίδι έχουν κολλήσει σφιχτά.
- Ανασηκώνουμε το σανίδι κρατώντας μόνο τη φιάλη.
- Τώρα, γυρίζουμε ανάποδα την πωματισμένη φιάλη κρατώντας μόνο το σανίδι. Η φιάλη δεν αποσπάται, αλλά παραμένει κολλημένη στο σανίδι.



(Α)



(Β)

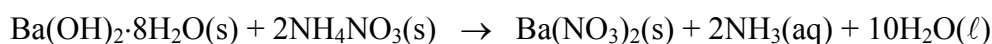


(Γ)

Εικ. 20.2 (Α) Με την έντονη ανάδευση, τα δύο στερεά έχουν μετατραπεί σε ένα χυλό, λόγω της παραγωγής νερού κατά την αντίδραση. (Β)-(Γ) Ο πάγος που δημιουργήθηκε ανάμεσα στον πυθμένα της φιάλης και στο σανίδι είναι η «κόλλα» που συγκρατεί τα δύο αυτά σώματα γερά ενωμένα.

Ερμηνεία

Κατά την ανάμειξη των δύο ουσιών λαμβάνει χώρα η αντίδραση



Η αντίδραση αυτή είναι τόσο ενδόθερμη, ώστε το νερό που βρίσκεται μέσα στα βαθουλώματα, σε επαφή με τον πυθμένα της φιάλης, πήζει και ο σχηματιζόμενος πάγος λειτουργεί σαν κόλλα που κρατάει τα δύο σώματα (σανίδι και φιάλη) σφιχτά ενωμένα.

Παρατηρήσεις

1. Προσοχή! Ο πυθμένας της κωνικής φιάλης πρέπει να εφαρμόζει σε **όλη** του την επιφάνεια πάνω στο σανίδι. Υπάρχουν κωνικές με καμπυλωμένο τον πυθμένα περιφερειακά και άρα με *μικρότερη* επιφάνεια επαφής πάνω στο σανίδι. Αυτό συνεπάγεται ασθενέστερη σύνδεση με το σανίδι και έτσι, οι φιάλες αυτές είναι ακατάλληλες για το πείραμα.
2. Τα δύο στερεά πρέπει να είναι κατά το δυνατόν υπό μορφή μικρών κρυστάλλων και όχι μια συμπαγής μάζα ή μεγάλοι σβώλοι.
3. Η έκλυση αμμωνίας είναι αρκετά έντονη και δεν πρέπει να έχουμε το πρόσωπό μας πολύ κοντά στη φιάλη κατά την εκτέλεση του πειράματος.
4. Πριν αναποδογυρίσουμε το σανίδι με τη φιάλη, βεβαιωνόμαστε ότι αυτή έχει κολλήσει καλά πάνω σ' αυτό. Η πλαστική λεκάνη με τα κομμάτια φελιζόλ τοποθετείται κάτω από τη φιάλη για λόγους ασφαλείας, δηλαδή για την περίπτωση απόσπασης της φιάλης από το σανίδι. Αν η φιάλη σπάσει και χυθεί το περιεχόμενό της, η απελευθέρωση της αμμωνίας θα δημιουργήσει σοβαρό πρόβλημα σε όλους μέσα στην αίθουσα.

21. Από πού παίρνει ενέργεια το σώμα μας

Σε έναν ευρύ δοκιμαστικό σωλήνα ρίχνουμε μια καραμέλα μαζί με μικρή ποσότητα μιας άσπρης κρυσταλλικής ουσίας. Κατά τη θέρμανση του σωλήνα στον λύχνο, η καραμέλα καίγεται μέσα σε μια πολύ ζωηρή άσπρη φλόγα.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

Ευρύς, παχύτοιχος δοκιμαστικός σωλήνας pyrex μήκους 12 cm, σπάτουλα-κουτάλι των 4 mL, μεταλλικό στήριγμα με σφιχτήρα, εργαστηριακός λύχνος, καραμέλες

Χημικά

Χλωρικό κάλιο (KClO₃), μια κοφτή κουταλιά (~3 g)



Εικ. 21.1 Όργανα, σκεύη, υλικά και χημικά για το Πείραμα 21

Διεξαγωγή

- Τοποθετούμε την καραμέλα και κατόπιν το χλωρικό κάλιο στον δοκιμαστικό σωλήνα που κρατιέται με σφιχτήρα πάνω στο μεταλλικό στήριγμα.
- Πλησιάζουμε τον αναμμένο λύχνο κάτω από τον δοκιμαστικό σωλήνα και σε απόσταση 8-10 cm από αυτόν.
- Σβήνουμε τα φώτα. Πολύ σύντομα το περιεχόμενο του σωλήνα αρπάζει φωτιά παράγοντας μια εντυπωσιακή λευκή φλόγα.



(A)



(B)

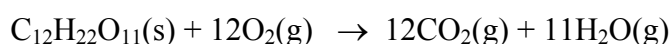


(Gamma)

Εικ. 21.2 (A) Η καραμέλα με το χλωρικό κάλιο στον πυθμένα του σωλήνα λίγο πριν από τη θέρμανσή τους. (B) Το λευκό φως που παράγεται κατά την καύση της καραμέλας από το σχηματιζόμενο, μέσω της διάσπασης του χλωρικού καλίου, οξυγόνο. (Gamma) Η καύση της καραμέλας έχει φθάσει στο απόγειο της.

Ερμηνεία

Η καραμέλα είναι κατά βάση ζάχαρη (σουκρόζη, C₁₂H₂₂O₁₁). Όταν αυτή θερμαίνεται μαζί με KClO₃ (ένα καλό οξειδωτικό), λαμβάνει χώρα μια ισχυρά εξώθερμη αντίδραση, η οποία μπορεί να παρασταθεί απλουστευμένα ως εξής (το O₂ προέρχεται από τη διάσπαση του KClO₃):



Το ποσόν θερμότητας που παράγεται είναι περίπου 6,5 kcal ανά γραμμάριο σουκρόζης (ζάχαρης).

Τρώγοντας μια καραμέλα, αυτή μεταβολίζεται στον οργανισμό μας σε CO_2 και H_2O , ελευθερώνοντας το **ίδιο** ποσόν ενέργειας, όπως η παραπάνω αντίδραση, αλλά με **βραδύτερο** ρυθμό.

Παρατηρήσεις

1. Αν ο σωλήνας δεν είναι ρυγex, θρυμματίζεται κατά τη θέρμανση.
2. Το μαύρο υπόλειμμα που μένει στον σωλήνα μετά το πείραμα, απομακρύνεται σχετικά εύκολα χρησιμοποιώντας σκέτο νερό και βούρτσα.

22. Με τη δύναμη της Χημείας κόβουμε ένα αλουμινένιο κουτάκι αναψυκτικού στα δύο

Βουτάμε ένα αλουμινένιο κουτάκι μπίρας ή αναψυκτικού σ' ένα γαλαζοπράσινο υγρό, το βγάζουμε από το υγρό και με μια μικρή προσπάθεια το κόβουμε συμμετρικά στα δύο.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

Ποτήρι ζέσεως των 600 mL, αλουμινένιο κουτάκι αναψυκτικού, ένα κοπίδι



Εικ. 22.1 Όργανα, σκεύη, υλικά και χημικά για το Πείραμα 22

Χημικά

Χλωρίδιο του χαλκού(II) (CuCl_2) κορεσμένο διάλυμα, 300 mL

Διεξαγωγή

- Με το κοπίδι χαράσσουμε περιμετρικά στη μέση ένα αλουμινένιο κουτάκι.
- Γεμίζουμε το κουτάκι με νερό και το βυθίζουμε μέσα στο ποτήρι που περιέχει το διάλυμα του CuCl_2 . Προσέχουμε ώστε η χαρακιά να καλυφθεί με το διάλυμα.
- Αφήνουμε το κουτάκι για 5 min μέσα στο διάλυμα.
- Αφαιρούμε το κουτάκι από το διάλυμα, το αδειάζουμε από το νερό και το ξεπλένουμε κάτω από τη βρύση.
- Κρατώντας το κουτάκι με τα δυο μας χέρια γύρω από τη χαρακιά, και στρίβοντας αντίθετα τις δύο άκρες του, το κόβουμε στη μέση (εκεί ακριβώς που υπήρχε η χαρακιά).



(A)



(B)

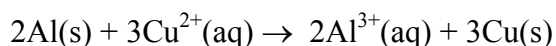


(Γ)

Εικ. 22.2 (A) Το αλουμινένιο κουτάκι μέσα στο ποτήρι με το γαλαζοπράσινο διάλυμα του χλωριδίου του χαλκού(II). (B) Το στρίψιμο του κουτιού μετά την εξαγωγή του από το διάλυμα. (Γ) Το κόψιμο του κουτιού συμμετρικά στα δύο.

Ερμηνεία

Τα αλουμινένια κουτάκια αναψυκτικών και μπίρας καλύπτονται εσωτερικά και εξωτερικά από ένα πολύ λεπτό στρώμα πολυουρεθάνης, το οποίο προστατεύει το δραστικό αλουμίνιο από τη διάβρωση. Η χάραξη της επιφάνειας του κουτιού με το κοπίδι καταστρέφει αυτό το προστατευτικό στρώμα πολυουρεθάνης και αποκαλύπτει το δραστικό αλουμίνιο στα σημεία της χάραξης. Το αλουμίνιο (αργίλιο, Al) είναι αναγωγικό μέταλλο και οξειδώνεται από τα ιόντα Cu^{2+} κατά την αντίδραση:



Έτσι, διαβρώνονται τα σημεία της χαρακιάς και η συνοχή του μετάλλου παύει να υφίσταται, οπότε εύκολα το κουτί κόβεται στα δύο με εφαρμογή μικρής δύναμης.

Παρατηρήσεις

- 1.** Η χαρακιά πρέπει να είναι συνεχής (χωρίς διακοπές) και κατά το δυνατόν κυκλική. Αυτό επιτυγχάνεται εύκολα, αν προηγουμένως φτιάξουμε μια μήτρα (θήκη) από μαλακό χαρτόνι, που να φθάνει μέχρι τη μέση του κουτιού, και σύρουμε το κοπίδι παράλληλα και σε επαφή με το χείλος της μήτρας.
- 2.** Επειδή ο πάτος του κουτιού εξωτερικά είναι από ακάλυπτο (απροστάτευτο) αλουμίνιο, κατά την εμβάπτιση του κουτιού στο διάλυμα προσβάλλεται και ο πάτος με αποτέλεσμα μεγάλη κατανάλωση CuCl_2 . Γι' αυτό, βάζουμε από την προηγούμενη μέρα τον πάτο με λευκό χρώμα μετάλλων.
- 3.** Αν θέλουμε να επιταχύνουμε την εκτέλεση του πειράματος, εμβαπτίζουμε από πριν τα κουτάκια στο διάλυμα του CuCl_2 για 3 min περίπου.

23. Η ... οδοντόκρεμα του ελέφαντα

Χύνουμε ένα διαυγές υγρό, λίγο απορρυπαντικό και μικρή ποσότητα από ένα δεύτερο κιτρινωπό υγρό μέσα σ' έναν ογκομετρικό κύλινδρο. Σχεδόν αμέσως, μια τεράστια ποσότητα αφρού ξεπετάγεται από τον κύλινδρο και καλύπτει όλο τον γύρω χώρο.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

Απορρυπαντικό πιάτων 10 mL, ογκομετρικός κύλινδρος 100 mL, μικρό γυάλινο χωνί, μεγάλο ρηχό πιάτο, κερί

Χημικά

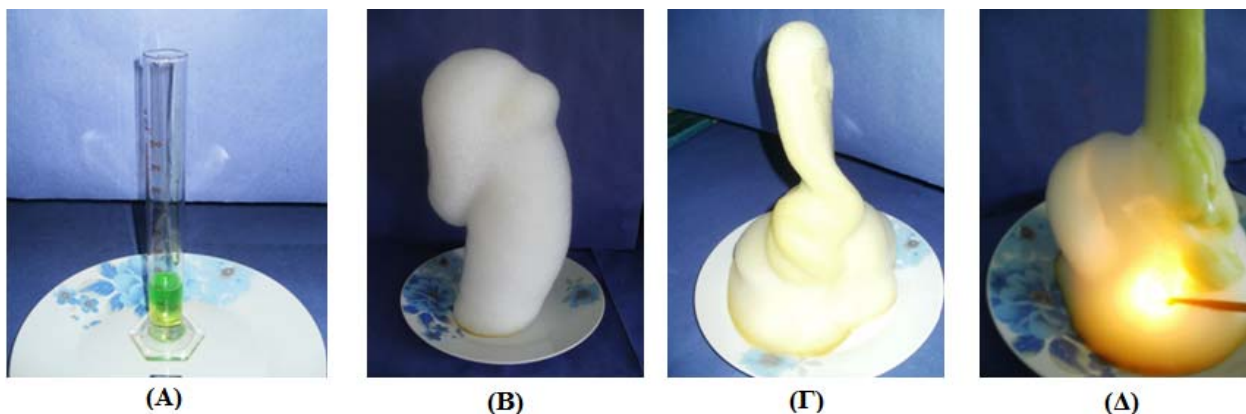
Υπεροξείδιο του υδρογόνου (H_2O_2) 30% *m/m* (20 mL), ιωδίδιο του καλίου (KI) 2M ή ιωδίδιο του νατρίου (NaI) 2M (5 mL)



Εικ. 23.1 Όργανα, σκεύη, υλικά και χημικά για το Πείραμα 23

Διεξαγωγή

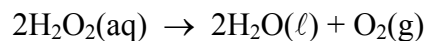
- Τοποθετούμε τον ογκομετρικό κύλινδρο στο κέντρο του πιάτου.
- Χύνουμε 20 mL H_2O_2 στον ογκομετρικό κύλινδρο.
- Προσθέτουμε 10 mL απορρυπαντικού στον ογκομετρικό κύλινδρο. Το H_2O_2 αρχίζει να διασπάται με πολύ αργό ρυθμό (μικρές και λίγες φυσαλίδες).
- Στο μίγμα προσθέτουμε τώρα 5 mL διαλύματος KI. Μέσα σε 10 s αναπτύσσεται μια μεγάλη στήλη αφρού, η οποία ξεχειλίζει από τον κύλινδρο και αρχίζει να καλύπτει όλο τον χώρο γύρω από τη βάση του κυλίνδρου. Επίσης, παρατηρούμε την ανάπτυξη θερμότητας. Ο αφρός περιέχει και μεγάλη ποσότητα οξυγόνου.
- Αφού σβήσουμε τα φώτα, εισάγουμε μέσα στον αφρό ένα αναμμένο κερί και παρατηρούμε ότι η φλόγα του ζωηρεύει πολύ.



Εικ. 23.2 Τέσσερις διαδοχικές φάσεις του πειράματος: (Α) Ο ογκομετρικός κύλινδρος με το υπεροξείδιο του υδρογόνου και το απορρυπαντικό. (Β) Λίγα δευτερόλεπτα μετά την προσθήκη του καταλύτη (KI). Ο ογκομετρικός κύλινδρος έχει καλυφθεί πλήρως από την τεράστια ποσότητα αφρού που έχει σχηματισθεί. (Γ) Η μάζα του αφρού συνεχώς αυξάνεται. (Δ) Η φλόγα ενός κεριού που εισάγεται μέσα στον αφρό δεν σβήνει, αλλά αντίθετα ζωηρεύει.

Ερμηνεία

Το H_2O_2 διασπάται προς υδρατμό και οξυγόνο (O_2), σύμφωνα με την ακόλουθη εξώθερμη αντίδραση:



Η αντίδραση αυτή είναι εξαιρετικά βραδεία. Παρουσία όμως καταλύτη, όπως το KI, η παραπάνω αντίδραση είναι πολύ ζωντανή. Με το απορρυπαντικό, οι παραγόμενοι υδρατμοί, και κυρίως το οξυγόνο, δημιουργούν έντονο αφρισμό. Αυτό που κάνει τη φλόγα του κεριού να ζωντανεύει, είναι η παρουσία του οξυγόνου.

Παρατηρήσεις

1. Το κιτρινωπό χρώμα της «οδοντόκρεμας» οφείλεται στο ιώδιο που υπάρχει διαλυμένο στο διάλυμα του KI.
2. Αν το κερί εισαχθεί απότομα και πολύ βαθιά μέσα στον αφρό, θα σβήσει, αφού κατά την αντίδραση παράγεται και νερό.

24. Το μαγικό υγρό που κάνει άκαυστα τα χαρτονομίσματα και τα μανδήλια

Βουτάμε ένα χαρτονόμισμα σε ένα άχρωμο διαυγές υγρό, πλησιάζουμε ένα αναμμένο σπίρτο και το χαρτονόμισμα αρπάζει φωτιά. Όμως, μετά από λίγο η φωτιά σβήνει και το χαρτονόμισμα είναι ανέπαφο.



Εικ. 24.1 Όργανα, σκεύη, υλικά και χημικά για το Πείραμα 24

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

Χαρτονόμισμα των 5 ή των 10 €, μανδήλι, γυάλα ή ποτήρι ζέσεως των 400 mL, λαβίδα χωνευτηρίων, μεγάλο ρηχό πιάτο

Χημικά

Ισοπροπυλική αλκοόλη (C₃H₇OH) 55 mL, απιοντισμένο νερό 45 mL

Διεξαγωγή

- Αναμιγνύουμε την αλκοόλη με το νερό στη γυάλα ή στο ποτήρι ζέσεως.
- Πιάνουμε το χαρτονόμισμα με τη λαβίδα και το βυθίζουμε μέσα στο ποτήρι με το μίγμα προσέχοντας να διαβραχεί καλά.
- Ανασύρουμε το χαρτονόμισμα, το στραγγίζουμε λίγο και, την ώρα που το βάζουμε φωτιά, σβήνουμε τα φώτα. Αυτό τυλίγεται στις φλόγες. Μετά όμως από 10 s περίπου η φωτιά σβήνει και ανάβοντας τα φώτα βλέπουμε ότι το χαρτονόμισμα είναι ανέπαφο.
- Επαναλαμβάνουμε το ίδιο με το μανδήλι.



(Α)



(Β)

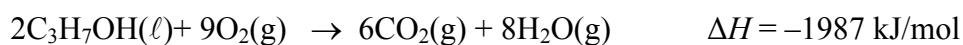


(Γ)

Εικ. 24.2 (Α και Β) Τα χαρτονομίσματα αναφλέγονται, χωρίς όμως να καίγονται στο τέλος. (Β) Το φλεγόμενο μανδήλι που τελικά μένει και αυτό ανέπαφο.

Ερμηνεία

Τα χαρτονομίσματα του ευρώ, όπως και του δολαρίου, δεν είναι φτιαγμένα από χαρτί αλλά από βαμβάκι. Οι ίνες του βαμβακιού απορροφούν το νερό από το μίγμα ισοπροπανόλης / νερού και έτσι το χαρτονόμισμα προστατεύεται από την ανάφλεξη. Επίσης, το νερό απορροφά μέρος της παραγόμενης κατά την αντίδραση θερμότητας. Τελικά, αυτό που καίγεται είναι η ισοπροπανόλη:



Παρατηρήσεις

1. Αν το νερό εξατμισθεί γρήγορα, το χαρτονόμισμα μπορεί να αναφλεγεί.
2. Το πείραμα πετυχαίνει και με ένα κομμάτι χαρτί στη θέση του χαρτονομίσματος.

3. Μπορούμε να προσθέσουμε NaCl στο διάλυμα, προκειμένου να προσδώσουμε στη φλόγα εντονότερο κίτρινο χρώμα.
4. Τα μανδύλια του εμπορίου είναι μεγάλα και γι' αυτό τα κόβουμε στα 4.
5. Το πιάτο το τοποθετούμε κάτω από το φλεγόμενο χαρτονόμισμα ή μανδύλι διότι πολλές φορές σταγόνες του υγρού διαβροχής πέφτουν φλεγόμενες στον πάγκο. Επίσης, πριν από την ανάφλεξη απομακρύνουμε το ποτήρι ή τη γυάλα με το εύφλεκτο μίγμα.

25. Το μαύρο τζίνι από το λυχνάρι του Αλαντίν

Σε ένα ποτήρι που περιέχει μια άσπρη σκόνη χύνουμε ένα διαυγές υγρό. Πολύ γρήγορα, το μίγμα μαυρίζει και βγάζει ατμούς, ενώ ταυτόχρονα μια μαύρη στήλη αρχίζει να υψώνεται μέσα στο ποτήρι και να φθάνει πολλά εκατοστά πάνω από τα χείλια του ποτηριού.

Όργανα – Σκεύη – Υλικά

Ζάχαρη σε λεπτή σκόνη (άχνη) περίπου 30 g, ποτήρι ζέσεως 100 mL, ποτήρι ζέσεως 50 mL, γυάλινη ράβδος, ρηχό πιάτο, γάντια



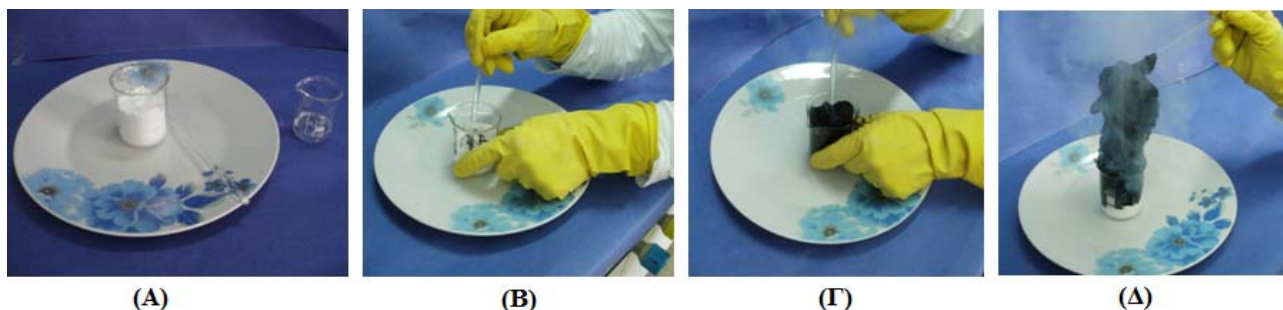
Εικ. 25.1 Όργανα, σκεύη, υλικά και χημικά για το Πείραμα 25

Χημικά

Πυκνό θειικό οξύ (H_2SO_4) 96% m/m, 10 mL

Διεξαγωγή

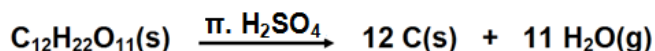
- Τοποθετούμε το ποτήρι των 100 mL που περιέχει τη ζάχαρη μέσα στο πιάτο.
- Φοράμε τα γάντια και προσθέτουμε 10 mL θειικού οξέος στο βαθμονομημένο ποτηράκι.
- Ρίχνουμε αργά το θειικό οξύ πάνω στη ζάχαρη.
- Αναδεύουμε καλά και γρήγορα με τη γυάλινη ράβδο. Σταματούμε την ανάδευση όταν το ποτήρι αρχίσει να θερμαίνεται. Το περιεχόμενο του ποτηριού αρχίζει να μαυρίζει και να παράγει πυκνούς καπνούς. Σε πολύ λίγο χρόνο, μια μαύρη στήλη προβάλλει από το ποτήρι, η οποία συνεχίζει να μεγαλώνει και έξω από το ποτήρι.



Εικ. 25.2 Τέσσερις διαδοχικές φάσεις του πειράματος: (Α) Το ποτήρι με τη ζάχαρη. (Β) Ανάδευση του μίγματος. (Γ) Η στήλη του πορώδους άνθρακα συνεχώς μεγαλώνει. Ταυτόχρονα παρατηρούμε την ανάπτυξη υδρατμών. (Δ) Η στήλη έχει φθάσει στο τελικό της μέγεθος.

Ερμηνεία

Το πυκνό H_2SO_4 , ως ισχυρό αφυδατικό, αφαιρεί από τη ζάχαρη (σακχαρόζη, $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) τα στοιχεία υδρογόνο και οξυγόνο, σε αναλογία 2:1, υπό μορφή νερού. Η μαύρη στήλη που βλέπουμε, είναι άνθρακας πορώδης, λόγω των αερίων που σχηματίζονται κατά την εξώθερμη αυτή αντίδραση:



Παρατηρήσεις

- Επειδή η αντίδραση είναι ισχυρά εξώθερμη, το ποτήρι θερμαίνεται πολύ και δεν πρέπει να το πιάσουμε με γυμνά δάκτυλα πριν περάσει αρκετή ώρα.

- Αν μετά την προσθήκη του θεικού οξέος δεν αναδεύσουμε το μίγμα, η στήλη σχηματίζεται με βραδύτερο ρυθμό.
- Το πυκνό H_2SO_4 σε επαφή με το δέρμα προκαλεί τρομερά εγκαύματα! Γι' αυτό, το χειριζόμαστε με μεγάλη προσοχή φορώντας πάντοτε γάντια.
- Αμέσως μετά την εκτέλεση του πειράματος μεταφέρουμε το πιάτο με το «μαύρο τζίνι» στον απαγωγό. Μπορούμε να εξουδετερώσουμε το θεικό οξύ που εξακολουθεί να υπάρχει στην καρβονιασμένη ζάχαρη με ανθρακικό νάτριο ή άφθονο νερό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Schrempp Chris, **Bangs, Flashes, and Explosions**, Volume I, Second Edition
ExploScience Publications, Alta Loma, California 2007

Κλούρας Ν., **Η Μαγεία της Χημείας μέσα από Πειράματα**, Εκδόσεις του Πανεπιστημίου
Πατρών, Πάτρα 1998

Κλούρας Ν., **Γενική Χημεία** (μετάφραση από την Αγγλική του συγγράμματος «General
Chemistry» των Ebbing D. D. και Gammon S. D) Εκδόσεις Π. Τραυλός, Αθήνα 2005