

ΤΟ ΠΡΑΣΙΝΟ ΧΗΜΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ



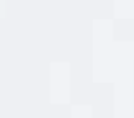
Α. Ι. Μαρούλης, Κ. Π. Χατζηαντωνίου, Α. Γκανάς, Ε. Κορδονίδου

Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Χημείας
email: conm@auth.gr, elsikord@hol.gr



Το «Πράσινο» Εργαστήριο είναι Καθαρό, Ασφαλές και Σύγχρονο

Ο σχεδιασμός και η εκτέλεση των πειραματικών ασκήσεων στο πράσινο εργαστήριο, διέπονται από τις δώδεκα αρχές της Πράσινης Χημείας. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι:

-  Χρησιμοποιούνται σύγχρονες μέθοδοι και τεχνικές τόσο σε μακρο όσο και σε μικροκλίμακα
-  Δίνεται ιδιαίτερη βαρύτητα στη χρησιμοποίηση ανανεώσιμων πηγών πρώτων υλών και ενέργειας (ηλιακή, αιολική ενέργεια, φωτοβολταϊκά τόξα κλπ) και ως επί το πλείστον χρήση ηλιακού φωτός για το φωτισμό του
-  Αποφεύγονται οι διαλύτες και στην περίπτωση που η συμμετοχή τους είναι απαραίτητη, χρησιμοποιούνται πράσινοι διαλύτες
-  Ελαχιστοποιείται ο κίνδυνος χημικών ατυχημάτων με την αποφυγή χρησιμοποίησης τοξικών και επικίνδυνων αντιδραστηρίων
-  Επιδίδεται η παρασκευή μόνο των επιθυμητών χημικών ουσιών με συνέπεια την όσο το δυνατόν μικρότερη παραγωγή αποβλήτων
-  Χρησιμοποιείται ελεγχόμενος εξαερισμός μέσω απαγωγών, ώστε να μην προκύπτει ανάγκη για τον εξαερισμό ολόκληρου του εργαστηρίου
-  Επιδίδεται η χρήση ανακυκλώσιμων αναλώσιμων υλικών
-  Εισάγονται στοιχεία περιβαλλοντικής ηθικής και ευαισθητοποιούνται οι μαθητές σε θέματα, υγιεινής, ασφάλειας και προστασίας του περιβάλλοντος, ενώ παράλληλα αναπτύσσεται η οικολογική τους συνείδηση

πρέπει επίσης να διαθέτει

-  Άνετους χώρους, τόσο για την αποθήκευση των αντιδραστηρίων όσον και για την απρόσκοπτη και ασφαλή εξάσκηση των εκπαιδευομένων
-  Χώρους ειδικών προδιαγραφών για την απόθεση, διαχωρισμό και αδρανοποίηση των αποβλήτων

Τα άμεσα οφέλη:

-  λιγότεροι κίνδυνοι για την υγεία μαθητών και καθηγητών από τη χρήση των αντιδραστηρίων
-  μείωση του κινδύνου για ατυχήματα
-  λιγότερα χημικά απόβλητα και ως εκ τούτου λιγότερα τοξικά χημικά απόβλητα
-  καλύτερη εποπτεία του εργαστηρίου
-  αποδοτικότερη αξιοποίηση του εργαστηριακού χρόνου
-  χαμηλότερο κόστος λειτουργίας



Επισήμανση

Κανένα εργαστήριο ή πειραματική διαδικασία δεν είναι εξ ορισμού πράσινα. **Πράσινα τα κάνει η απόλυτη τήρηση τόσο των κανόνων ασφαλείας, όσο και των οδηγιών που αφορούν στη χρήση των χημικών ουσιών, των πηγών ενέργειας και των διαφόρων υλικών και συσκευών. Εξ άλλου πράσινες δεν χαρακτηρίζονται οι προθέσεις κάποιου, αλλά οι συνέπειες και τα αποτελέσματα που προκύπτουν από την ενασχόληση του με τις χημικές δραστηριότητες.**

Επίλογος

Η επιτυχία της Πράσινης Χημείας θα κριθεί κατά κύριο λόγο από την εφαρμογή των αρχών της στις βιομηχανικές χημικές διεργασίες, καθόσον ο όγκος των χημικών ουσιών που χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση, είναι ούτως ή άλλως κατά πολύ μικρότερος. Παρ' ότι όμως η ελαχιστοποίηση των κινδύνων και η μείωση της ρύπανσης στα σχολικά εργαστήρια μπορούν να αποτελέσουν αυτοτελείς στόχους της εκπαιδευτικής διαδικασίας, το σημαντικό όφελος που θα προκύψει από το πράσινο εργαστήριο είναι άλλο: **Οι εκπαιδευόμενοι σε ένα τέτοιο εργαστήριο θα είναι άνθρωποι που θα έχουν περιβαλλοντικές ευαισθησίες και οικολογική συνείδηση και θα είναι στο μέλλον ικανοί, είτε ως χημικοί στο σχολείο ή στην παραγωγή, είτε ακόμη και ως απλοί πολίτες, με ποικίλα επαγγέλματα να επεξεργάζονται προβλήματα και να δίνουν λύσεις στα πλαίσια της Βιώσιμης Ανάπτυξης.**

Τα Δεκαεπτά Βήματα για το «Πρασίνισμα» του Χημικού Εργαστηρίου

- ΒΗΜΑ 1:** Αποφυγή της χρήσης επικίνδυνων και τοξικών αντιδραστηρίων και αντικατάστασή τους με άλλα πιο ήπια όπως ξύδι αντί υδροχλωρικού οξέος σε διαδικασίες π.χ. μέτρησης του pH, υπεροξειδίου του υδρογόνου αντί βρωμίου ως οξειδωτικού, φυσικοί δείκτες κτλ.
- ΒΗΜΑ 2:** Απομάκρυνση όλων των καρκινογόνων ουσιών, όπως το βενζόλιο και το χλωροφόρμιο
- ΒΗΜΑ 3:** Παραγγελία των απαιτούμενων ποσοτήτων αντιδραστηρίων για ένα σχολικό έτος μόνο, με βάση τον αριθμό των εκπαιδευομένων και των προγραμματισμένων εργαστηριακών ασκήσεων, ώστε να μην δημιουργούνται επικίνδυνα αποθέματα
- ΒΗΜΑ 4:** Χρησιμοποίηση όσο το δυνατόν μικρότερων ποσοτήτων αντιδραστηρίων για την επιτυχή πραγματοποίηση των πειραματικών διαδικασιών (αντιδράσεις σε μικρές συγκεντρώσεις ή μικροκλίμακα). **Αποθάρρυνση της σπατάλης** με τον υπολογισμό εκ των προτέρων της συνολικής ποσότητας των απαιτούμενων αντιδραστηρίων από τον εκπαιδευτικό
- ΒΗΜΑ 5:** Επιλογή καταλυτικών αντιδράσεων αντί αυτών που απαιτούν μεγάλες στοιχειομετρικές ποσότητες των αντιδραστηρίων
- ΒΗΜΑ 6:** Αποφυγή χρήσης διαλυτών ή όπου είναι απαραίτητο επιδιώκεται αντικατάστασή τους με μη τοξικούς όπως νερό, αλκοόλη, γαλακτικό μεθυλεστέρα και **χρήση μικρών αποστακτήρων** για την επανάκτηση και ανακύκλωση των χρησιμοποιηθέντων διαλυτών, των καταλυτών καθώς και των παραχθέντων στερεών αποβλήτων
- ΒΗΜΑ 7:** Χρήση εναλλακτικών μορφών ενέργειας όπως φούρνος μικροκυμάτων για θέρμανση, φως για φωτοχημικές αντιδράσεις κτλ
- ΒΗΜΑ 8:** Χρήση σύγχρονων τεχνικών και συσκευών για την εκτέλεση και τον έλεγχο των πειραμάτων (συσκευές αερίου χρωματογραφίας, φασματογράφοι IR, NMR, MS)
- ΒΗΜΑ 9:** Χρησιμοποίηση απαγωγού για τα πειράματα κατά τα οποία παράγονται αέρια
- ΒΗΜΑ 10:** Τοποθέτηση ενδεικτικών ετικετών σε όλες τις συσκευασίες των χημικών ουσιών καθώς επίσης και στα δοχεία απόθεσης των αποβλήτων
- ΒΗΜΑ 11:** Διαχωρισμός των αποβλήτων με κριτήρια τη μεταξύ τους συμβατότητα, την τοξικότητα τους ή τη δυνατότητα ανακύκλωσης τους και **αδρανοποίηση ή/και την καταστροφή των αποβλήτων** ως τελευταίο στάδιο της πειραματικής διαδικασίας
- ΒΗΜΑ 12:** Χρήση ειδικών απορρυπαντικών για τον καθαρισμό των γυάλινων συσκευών και οργάνων, αντί του χρωμικού οξέος
- ΒΗΜΑ 13:** Χρήση των καρτών δεδομένων ασφαλείας (MSDS), των ουσιών (Material Safety Data Sheet) για την εκτίμηση της επικινδυνότητας των αντιδραστηρίων
- ΒΗΜΑ 14:** Προσομοιώσεις μέσω των ηλεκτρονικών υπολογιστών για αντικατάσταση των πειραμάτων που περικλείουν μεγάλο βαθμό επικινδυνότητας
- ΒΗΜΑ 15:** Σχεδιασμός συναφών προς το πείραμα πράσινων δραστηριοτήτων π.χ. στο πείραμα της εστεροποίησης επίσκεψη σε εργοστάσιο παρασκευής Biodiesel που να συνδέουν τη θεωρία με την πράξη και να αναδεικνύουν την άμεση σχέση Πράσινης Χημείας και περιβάλλοντος
- ΒΗΜΑ 16:** Ατομικά μέσα υγιεινής και ασφάλειας, γάντια, γυαλιά, ποδιές, όχι πέδιλα κτλ και γενικά μέσα υγιεινής και ασφάλειας, απαγωγός αερίων, λουτρό πλύσεως των ματιών, ντουζ κ.α
- ΒΗΜΑ 17:** Δοκιμαστική εκτέλεση του πειράματος από τον εκπαιδευτικό πριν την πραγματοποίησή του από τους διδασκόμενους

Βιβλιογραφία

1. Handbook of Gr. Chem. and Technology, Clark, J., Monquarrie,
2. <http://darkwing.uoregon.edu/~hutclab/greenchem>

3. <http://educ.queensu.ca/~science/main/concept/chem/C02>
4. <http://www.crescent.edu.sg/crezlab/VWebpages/HeatLabManualI>
5. <http://www.col.ynu.edu.cn/chemeng/labchemeng/beilsteintest>

