

Εργαστηριακή και Χημική Ασφάλεια

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Γενικές Αρχές Ασφάλειας

1. Οι τέσσερις Βασικές Αρχές της Ασφάλειας
2. Μαθαίνοντας από τα εργαστηριακά ατυχήματα
3. Καλλιέργεια Ασφαλούς «Κουλτούρας»
4. «Πράσινη» Χημεία

Οι 4 Βασικές Αρχές της Ασφάλειας

- 1. Αναγνωρίζω** τους κινδύνους
- 2. Αξιολογώ-Εκτιμώ** το μέγεθος των κινδύνων
- 3. Ελαχιστοποιώ** το μέγεθος των κινδύνων
- 4. Προετοιμάζομαι** για να αντιμετωπίσω καταστάσεις έκτακτης ανάγκης

Η κατανόηση και η εφαρμογή των τεσσάρων βασικών αρχών της Εργαστηριακής και Χημικής Ασφάλειας θα έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός ασφαλούς περιβάλλοντος εργασίας τόσο για εμάς όσο και για όλους τους άλλους.

Οι 4 Βασικές Αρχές της Ασφάλειας

A student needed to use **trifluoroacetic acid (TFA)** in a procedure. She had **done this procedure many times** before and **was comfortable** in doing it. As a result **she did not consider the risk** of what she was doing. While she was wearing **safety glasses** and working **in a hood**, she did **not wear a lab coat**. She was using a large plastic syringe from which she had pulled the plunger. She poured the TFA into the syringe but when she tried to put in the plunger, it slipped and the TFA **splashed onto to her arm**. Lab mates near to her immediately got her to the sink where **she washed her arm for 30 minutes**. She noted, however, that her arm **had gone numb (μούδιασε)** almost immediately and she knew something was very wrong. A doctor told her that she may need **skin grafts (μεταμόσχευση)** and that greatly worried her. In the end they **scraped away the dead skin** and worked to get new skin to grow back. **It took many months to recover.**

1. **Αναγνωρίζω** τους κινδύνους
2. **Αξιολογώ-Εκτιμώ** το μέγεθος των κινδύνων
3. **Ελαχιστοποιώ** το μέγεθος των κινδύνων
4. **Προετοιμάζομαι** για να αντιμετωπίσω καταστάσεις έκτακτης ανάγκης

Οι 4 Βασικές Αρχές της Ασφάλειας



Οι 4 Βασικές Αρχές της Ασφάλειας

1. Αναγνωρίζω τους κινδύνους

- Πρέπει να γνωρίζω τους κινδύνους των χημικών, του εξοπλισμού και των συσκευών που χρησιμοποιώ.
- Αν και ακούγεται απλό υπάρχουν εκατομμύρια χημικά αντιδραστήρια και δεν είναι δυνατόν να γνωρίζουμε την επικινδυνότητά τους.
- **Πως μπορώ να μάθω τις ιδιότητες ενός χημικού αντιδραστηρίου?**
 - i) Από τις πληροφορίες στην ετικέτα του.
 - ii) Από τα δεδομένα των MSDS.
 - iii) Από το διαδίκτυο.
 - iv) Συνομιλώντας με άτομα που έχουν εμπειρία.
 - v) Από σχετικά βιβλία.
- Ταξινομώ τα αντιδραστήρια σε σχέση με τις ιδιότητές τους: **εύφλεκτα, διαβρωτικά, τοξικά** κτλ.

Οι 4 Βασικές Αρχές της Ασφάλειας

2. Αξιολογώ-Εκτιμώ το μέγεθος και το είδος των κινδύνων

- **Είναι η σημαντικότερη από τις τέσσερις αρχές**
- Απαιτεί γνώση και μελέτη πιθανών κινδύνων που μπορεί να προκύψουν κατά τη διάρκεια ενός πειράματος ή μίας αντίδρασης.
 - i) Είναι η αντίδραση εξώθερμη και μπορεί να προκληθεί έκρηξη?
 - ii) Περιλαμβάνει τη χρήση εύφλεκτων υλικών τα οποία μπορούν να προκαλέσουν πυρκαγιά?
 - iii) Υπάρχει περίπτωση να παραχθεί κάποιο επικίνδυνο προϊόν?
 - iv) Είναι συμβατά τα αντιδραστήρια που θα χρησιμοποιήσουμε?
- Είναι σημαντικό να μην υποτιμούμε τους κινδύνους (ιδίως σε «γνωστές» καταστάσεις).
- Πρέπει να είμαστε σε θέση να κρίνουμε σωστά να λαμβάνουμε σωστές αποφάσεις.

Οι 4 Βασικές Αρχές της Ασφάλειας

3. Ελαχιστοποιώ το μέγεθος των κινδύνων

- Απαιτεί τον προσεκτικό σχεδιασμό και την εκτέλεση ενός πειράματος.
- Πρέπει να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας για να ελαχιστοποιείται, να διαχειρίζεται και να αποκλείεται η έκθεσή μας σε κάποιο πιθανό κίνδυνο.
 - i) Προσωπικός εξοπλισμός (γυαλιά, γάντια κτλ)
 - ii) Εργαστηριακός εξοπλισμός (απαγωγός, εξαερισμός κτλ)
 - iii) Οργανωμένο -Τακτοποιημένο εργαστήριο
- Κατά το σχεδιασμό και την εκτέλεση ενός πειράματος πρέπει να έχουμε την ασφάλεια στο μυαλό μας.

Οι 4 Βασικές Αρχές της Ασφάλειας

4. Προετοιμάζομαι για να αντιμετωπίσω καταστάσεις έκτακτης ανάγκης

- Παρά τις προσπάθειες πρόληψης των ατυχημάτων πρέπει να είμαστε προετοιμασμένοι να αντιμετωπίσουμε τα ατυχήματα.
- Καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης μπορούν να συμβούν σε ένα χημικό εργαστήριο: α) Πυρκαγιές β) Εκρήξεις γ) Έκθεση σε επικίνδυνα χημικά δ) Προσωπικοί τραυματισμοί.
- Πρέπει να γνωρίζουμε:
 - i) Το διαθέσιμο εξοπλισμό ασφάλειας και πώς το χρησιμοποιούμε
 - ii) Πότε και πως εξερχόμαστε από το εργαστήριο με ασφάλεια.
 - iii) Τι εξοπλισμός πρώτων βοηθειών είναι διαθέσιμος.
- Ο χειρισμός καταστάσεων εκτάκτου ανάγκης είναι ένα από τα πρώτα πράγματα που πρέπει να γνωρίζουμε όταν δουλεύουμε σε ένα εργαστήριο.
- **Πρέπει να έχουμε σχέδιο για το πως θα αντιδράσουμε.**

Βασικοί Ορισμοί

Ασφάλεια = Αποφυγή κινδύνων, τραυματισμών και βλαβών.

- Η Ασφάλεια απαιτεί πράξεις από εμάς αλλά και **όλους τους άλλους**.
- Να λαμβάνουμε όλα τα μέτρα για να **προλάβουμε ένα ατύχημα**.
- Συνήθως προσπαθούμε να κατανοήσουμε το πείραμα και **ξεχνάμε** εάν το κάνουμε με ασφάλεια.

Είμαι Ασφαλής = Ελαχιστοποιώ, Διαχειρίζομαι και Ελέγχω τους **Κινδύνους**.

Κίνδυνος = πιθανή πηγή τραυματισμών και βλαβών

Όλα τα Χημικά Αντιδραστήρια διαθέτουν **επικίνδυνες ιδιότητες** και εξαρτώνται από την ποσότητα και τη φύση τους.

Είναι σημαντικό να ελαχιστοποιείται ή να αποκλείεται η έκθεσή μας σε κινδύνους.

Κίνδυνοι στην Καθημερινή Ζωή μας

Πολλά πράγματα παρουσιάζουν κινδύνους ή έχουν επικίνδυνες ιδιότητες αλλά έχουμε μάθει να τα χρησιμοποιούμε με ασφάλεια στην καθημερινότητά μας. Συνήθως οι ιδιότητες που τα κάνουν χρήσιμα τα καθιστούν και επικίνδυνα.

1. Βενζίνη Εξαιρετικά εύφλεκτη και μπορεί να προκαλέσει έκρηξη.

2. Φυσικό Αέριο

3. Ηλεκτρισμός



Πολλοί από τους «συνηθισμένους» κινδύνους είναι περισσότερο επικίνδυνοι από τους «μη συνηθισμένους» εργαστηριακούς κινδύνους.

Πως Μαθαίνουμε την Ασφάλεια?

Η ασφάλεια είναι εμπειρική διαδικασία

- Συνήθως μαθαίνουμε πώς να είμαστε ασφαλείς από λάθη και ατυχήματα του παρελθόντος.
- Η εμπειρία μπορεί να μας διδάξει πολλά. Εάν μαθαίνεις την ασφάλεια μέσα από τα δικά σου λάθη, δε θα επιβιώσεις για πολύ (πυρκαγιές, εκρήξεις, τοξικά χημικά κτλ).
- Θα πρέπει να μαθαίνουμε τις οδηγίες ασφαλείας που αναπτυχθήκαν από εμπειρίες και ατυχήματα άλλων.
- Οι περισσότεροι κανόνες ασφαλείας έχουν προκύψει από λάθη, ατυχήματα και παραλείψεις που έχουν συμβεί στο παρελθόν.

Μαθαίνοντας από τα εργαστηριακά ατυχήματα

During a first-year laboratory session, students were asked to learn to bend a glass tubing to form a 90° bend using a Bunsen burner. A student performed the operation and took the glass tubing to the instructor. She handed the tubing to her instructor, who promptly dropped the glass tubing after burning his hand because the tubing was still hot from being held in the burner. The tubing broke when it hit the floor.

**Ανάλυση με τις
4 Βασικές Αρχές
της Εργαστηριακής
Ασφάλειας**



Μαθαίνοντας από τα εργαστηριακά ατυχήματα

- Είναι σημαντικό **ΟΧΙ να κατηγορήσουμε κάποιον** για το ατύχημα αλλά να **προσδιορίσουμε τους λόγους που το προκάλεσαν** και πως μπορούν αυτοί οι παράγοντες να αποφευχθούν ώστε να **προληφθούν μελλοντικά ατυχήματα**.

Σε κάθε ατύχημα πρέπει να αναρωτιόμαστε:

- 1. Τι συνέβη?**
- 2. Πως συνέβη?**
- 3. Γιατί συνέβη?**

- Η τελευταία ερώτηση είναι η πιο σημαντική και θα πρέπει να την κάνουμε αρκετές φορές (τουλάχιστον 5) μέχρι να φτάσουμε στην πραγματική αιτία.
- Αυτή η αλληλουχία ερωτήσεων είναι μια τυπική μέθοδος προσδιορισμού των αιτιών που προκάλεσαν το ατύχημα και ακλουθείτε στη βιομηχανία.
- Εάν προσδιοριστούν τα βαθύτερα αίτια είναι **δυνατόν να προταθούν τρόποι πρόληψης και αποφυγής** του ατυχήματος.

Αναλύοντας ένα εργαστηριακά ατυχήματα

1. Τι συνέβη?

- Ένα ζεστός γυάλινος σωλήνας τοποθετήθηκε στο χέρι του υπεύθυνου του εργαστηρίου, προκαλώντας έγκαυμα στο χέρι και καταστροφή του σωλήνα καθώς έπεσε στο πάτωμα (**ένα έγκαυμα και ένας σπασμένος σωλήνας**).

2. Πως συνέβη?

- Ο σωλήνας θερμάνθηκε, λύγισε και απομακρύνθηκε από τη φωτιά. Μόλις το γυαλί απομακρύνθηκε από τη φωτιά άρχισε να κρυώνει αλλά είναι γνωστό ότι διατηρεί τη θερμοκρασία του για αρκετή ώρα. Η μαθήτρια κατευθύνθηκε γρήγορα προς τον καθηγητή κρατώντας το σωλήνα από τις άκρες. Μη γνωρίζοντας ότι είναι ακόμη ζεστός τον έδωσε για να κρίνει αν πραγματοποιήσει σωστά το πείραμα. Η μαθήτρια αλλά και ο καθηγητής δεν αναγνώρισαν τον κίνδυνο ότι ο σωλήνας μπορεί να είναι ζεστός και να προκαλέσει έγκαυμα.

Αναλύοντας ένα εργαστηριακά ατυχήματα

3. Γιατί συνέβη?

- Η μαθήτρια δεν αναγνώρισε τον κίνδυνο (ζεστό γυαλί).
- **Γιατί?** Ο καθηγητής δεν προειδοποίησε τους φοιτητές για τον πιθανό κίνδυνο.
- **Γιατί?** Ο καθηγητής απέτυχε να αναγνωρίσει τον πιθανό κίνδυνο και έπιασε με το χέρι του το ζεστό γυαλί.
- **Γιατί?** Ο καθηγητής δεν αφιέρωσε τον απαιτούμενο χρόνο (πριν από την έναρξή του πειράματος) για να προσδιορίσει και να εκτιμήσει τους πιθανούς κινδύνους.
- **Γιατί?** Ο καθηγητής δεν είχε τις απαιτούμενες γνώσεις για να εκτιμήσει τους πιθανούς κινδύνους.

Αναλύοντας ένα εργαστηριακά ατυχήματα

3. Γιατί συνέβη?

- Ο καθηγητής δεν αναγνώρισε τον κίνδυνο (ζεστό γυαλί).
- **Γιατί?** Το ζεστό γυαλί μοιάζει με το κρύο και δεν περίμενε ότι θα του έδιναν ζεστό σωλήνα.
- **Γιατί?** Ο καθηγητής δεν είχε αρκετή εκπαίδευση σε θέματα ασφάλειας δουλεύοντας με μαθητές.
- **Γιατί?** Η εκπαίδευση που είχε λάβει ο καθηγητής δεν περιελάμβανε αυτό το αντικείμενο.
- **Γιατί?** Το πανεπιστήμιο απέτυχε να εκπαιδεύσει σωστά τον καθηγητή.

Τι μάθαμε από το ατύχημα?

Και οι δυο αναλύσεις κατέληξαν ότι
ο καθηγητής δεν είχε τις απαραίτητες γνώσεις

Αναλύοντας ένα εργαστηριακά ατύχημα

Τι πρέπει να γίνει για να μην επαναληφθεί το ατύχημα?

- Οι καθηγητές πρέπει να διαθέτουν την απαραίτητη εκπαίδευση για να εκτιμούν, να αναγνωρίζουν και να διαχειρίζονται του πιθανούς κινδύνους των πειραμάτων.
- Οι καθηγητές πριν την έναρξη του πειράματος θα πρέπει να επισημαίνουν στους φοιτητές τους κινδύνους του πειράματος.
- Για το συγκεκριμένο πείραμα οι καθηγητές δεν θα πρέπει να δέχονται να κρατούν τους σωλήνες με τα χέρια τους διότι μπορεί να είναι ζεστοί (γάντια ή χέρια στις τσέπες).
- Ο καθηγητής θα πρέπει να μεταφέρει τις γνώσεις που απέκτησε στους άλλους καθηγητές έτσι ώστε να ενημερωθούν και να μην επαναληφθεί το συγκεκριμένο ατύχημα.

Αναλύοντας ένα εργαστηριακά ατυχήματα

A student needed to use **trifluoroacetic acid (TFA)** in a procedure. She had **done this procedure many times** before and **was comfortable** in doing it. As a result **she did not consider the risk** of what she was doing. While she was wearing **safety glasses** and working **in a hood**, she did **not wear a lab coat**. She was using a large plastic syringe from which she had pulled the plunger. She poured the TFA into the syringe but when she tried to put in the plunger, it slipped and the TFA **splashed onto to her arm**. Lab mates near to her immediately got her to the sink where **she washed her arm for 30 minutes**. She noted, however, that her arm **had gone numb (μούδιασε)** almost immediately and she knew something was very wrong. A doctor told her that she may need **skin grafts (μεταμόσχευση)** and that greatly worried her. In the end they **scraped away the dead skin** and worked to get new skin to grow back. **It took many months to recover.**

1. Τι συνέβη?
2. Πως συνέβη?
3. Γιατί συνέβη?

Θεωρία της Ασφάλειας

Τρεις παράγοντες συνεισφέρουν στην Ασφάλεια:

- 1. Περιβαλλοντικοί Παράγοντες:** εγκαταστάσεις, τοποθεσία, εξοπλισμός, διαδικασίες, προδιαγραφές.
 - 2. Ατομικοί Παράγοντες:** διάθεση, πεποιθήσεις, προσωπικότητα, γνώσεις, δεξιότητες, ικανότητες.
 - 3. Παράγοντες Συμπεριφοράς:** ασφαλείς και επικίνδυνες συνήθειες.
- Αυτοί οι παράγοντες συνδέονται μεταξύ τους και έχουν σημαντική επίδραση στην ασφάλειά μας.
 - Εάν δουλεύεις σε ένα εργαστήριο όπου όλοι οι φοιτητές και οι καθηγητές εργάζονται με ασφάλεια τηρώντας όλους τους κανόνες ασφαλείας, πιθανότατα θα υιοθετήσεις και εσύ την αντίληψη ότι η «ασφάλεια είναι σημαντική» και θα εργάζεσαι με ασφάλεια.

Θεωρία της Ασφάλειας

Ελαχιστοποιώντας τους κινδύνους

- Για ένα ασφαλές εργαστηριακό περιβάλλον είναι σημαντικό να ελαχιστοποιείται ή να εξαλείφεται η έκθεσή μας σε κάποιο κίνδυνο.
- Δε σημαίνει ότι είμαστε 100% προστατευμένοι.
- Μειώνεται η πιθανότητα να μας συμβεί κάποιος τραυματισμός (γυαλιά) και αν συνδυαστεί με επιπλέον μέτρα (απαγωγός) η πιθανότητα ελαχιστοποιείται.

Παίρνω περιττά ρίσκα

- Είναι η βασική αιτία για τα περισσότερα ατυχήματα.
- Παραβιάζονται αρχές, κανόνες και πρακτικές ασφάλειας.
- Γιατί συμβαίνει?
 1. Ηθελημένη απόφαση να παραβιάσω τους κανόνες.
 2. Ασυναίσθητη συμπεριφορά βασισμένη σε μη ασφαλείς εμπειρίες του παρελθόντος.
 3. Ελλιπής γνώση των κινδύνων.
- Είναι δύσκολη η αποφυγή γιατί αντιτίθεται στην ανθρώπινη φύση μας.

Θεωρία της Ασφάλειας

Παιδεία Ασφάλειας vs. Σεμινάρια Ασφάλειας

- Είναι σημαντικό να αποκτήσουμε παιδεία ασφάλειας και όχι να παρακολουθήσουμε απλά ένα σεμινάριο ασφάλειας.
- Τα σεμινάρια (συνήθως 8 ώρες) είναι η συνηθέστερη πρακτική.
- **Τα σεμινάρια:**
 1. Δίνουν έμφαση σε εξειδικευμένες εφαρμογές.
 2. Εστιάζουν στην απομνημόνευση κανόνων.
 3. Δε διδάσκουν την κριτική σκέψη.
 4. Δεν εξηγούν γιατί ισχύουν οι κανόνες.
- Η **χημική ασφάλεια** είναι ένας τομέας της Χημείας ο οποίος είναι αντίστοιχος με την οργανική, την ανόργανη, τη βιοχημεία, τη φυσικοχημεία και την αναλυτική.

Θεωρία της Ασφάλειας

Ατύχημα vs. Περιστατικό (Accident vs. Incident)

- Τα **Περιστατικά** είναι απρογραμμάτιστα, απρόσμενα και ανεπιθύμητα γεγονότα τα οποία έχουν αρνητικές επιδράσεις και συνέπειες στην υγεία (τραυματισμός, θάνατος), στην περιουσία και το περιβάλλον.
- Τα **Ατυχήματα** εμπεριέχουν τον όρο «τύχη». Συμβαίνουν τυχαία, είναι αναπόφευκτα και χωρίς συγκεκριμένα αίτια που μπορούν να προβλεφθούν.
- Οι επαγγελματίες της ασφάλειας προτιμούν τον όρο «**Περιστατικό**» καθώς τις περισσότερες φορές υπάρχουν μία ή περισσότερες αιτίες οι οποίες θα μπορούσαν να είχαν προληφθεί.

Κουλτούρα της Ασφάλειας

- Η Κουλτούρα της ασφάλειας είναι θεμελιώδης αρχή σωστής και καλής συμπεριφοράς.
- Η κουλτούρα της ασφάλειας μαθαίνεται από την οικογένεια, τους δασκάλους, τους καθηγητές, τους υπεύθυνους εργαστηρίων, τους συνεργάτες κτλ.
- Άνθρωποι με ασθενή κουλτούρα και ελλιπή παιδεία της ασφάλειας βάζουν τον εαυτό τους σε κίνδυνο και τραυματίζονται με μεγαλύτερη συχνότητα.
- Οι φοιτητές πρέπει να υιοθετήσουν την κουλτούρα της ασφάλειας:
 1. Εργάζομαι με Ασφάλεια
 2. Αποφεύγω τα περιττά ρίσκα
 3. Αποδέχομαι ευθύνη για την Ασφάλεια

Κουλτούρα της Ασφάλειας

- 1. Εργάζομαι με Ασφάλεια** σημαίνει ότι έχω εκπαιδευτεί στην ασφάλεια, συνεχίζω να μαθαίνω για την ασφάλεια, μαθαίνω να αναγνωρίζω και να αξιολογώ τους κινδύνους, εφαρμόζω ασφαλείς διαδικασίες και είμαι προετοιμασμένος να ανταποκριθώ σε καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης.
 - 2. Αποφεύγω τα περιττά ρίσκα** σημαίνει ότι μαθαίνω να αναγνωρίζω και να διαχειρίζομαι τις επικίνδυνες καταστάσεις μέσα στο εργαστήριο.
 - 3. Αποδέχομαι ευθύνη για την Ασφάλεια** σημαίνει ότι είμαι υπεύθυνος για τη δική μου ασφάλεια αλλά και για την ασφάλεια των άλλων. Αυτό απαιτεί συνεχή επίγνωση του τι κάνω εγώ αλλά και το τι κάνουν οι υπόλοιποι φοιτητές μέσα στο εργαστήριο.
- Η υιοθέτηση της κουλτούρας της ασφάλειας απαιτεί σημαντική προσπάθεια διότι συνήθως υποθέτουμε ότι αυτός που σχεδίασε το πείραμα το έχει κάνει με ασφάλεια.

Κουλτούρα της Ασφάλειας για Καθηγητές

A high school teacher, carrying out a chemistry demonstration, was using **methanol** with some chemical salts when a **sudden explosion** occurred that burned several students in the front row. **Three students received serious burns** to their faces, necks, arms, hands, and legs. The other students in the classroom ran from the room. Media reported that there was a lack of safety oversight that is common in many schools and inspections are rare.



Κουλτούρα της Ασφάλειας για Καθηγητές

- Εκτός από μαθητής στο μέλλον μπορεί να είσαι βοηθός εργαστηρίου ή υπεύθυνος εργαστηρίου εκπαιδεύοντας άλλους φοιτητές.
- Σε αυτή την περίπτωση η ασφάλεια των φοιτητών είναι δική σου υποχρέωση.
- **Το σημαντικότερο είναι να καλλιεργήσεις μια ισχυρή και έντονη κουλτούρα ασφάλειας στους φοιτητές.**
 1. «Το παράδειγμα δεν είναι το κύριο πράγμα που επηρεάζει τους άλλους, είναι το μόνο πράγμα». Albert Schweitzer.
 2. Δεν αρκεί να λες στους άλλους πώς να εργάζονται με ασφάλεια αλλά και εσύ πρέπει να ακολουθείς τις ίδιες οδηγίες και κανόνες που έχεις δώσει στους άλλους.

Κουλτούρα της Ασφάλειας για Καθηγητές

1. Εκτιμώ και θεωρώ πολύ σημαντική την Ασφάλεια
2. Εργάζομαι με Ασφάλεια
3. Αποτρέπω επικίνδυνες συμπεριφορές
4. Προάγω και καλλιεργώ την Ασφάλεια
5. Αποδέχομαι ευθύνη για την Ασφάλεια

**Οι καλοί ηγέτες παρακινούν και εμπνέουν τους υπόλοιπους
στο να υιοθετήσουν την κουλτούρα της ασφάλειας και να
είναι ασφαλείς.**

Δεν είναι εύκολο να είσαι ηγέτης.

Τα Χαρακτηριστικά ενός Ηγέτη Ασφάλειας

1. Εμπνέω τους άλλους έτσι ώστε να θέλουν να είναι ασφαλείς.
2. Καθοδηγώ και εκπαιδεύω τους άλλους μέσα από παραδείγματα.
3. Κρατώ τους άλλους ενήμερους για διαδικασίες και δραστηριότητες ασφάλειας.
4. Ακούω πρώτα. Προσπαθώ να κατανοήσω την αντίληψη του άλλου πριν προσφέρω κάποια συμβουλή ή οδηγία.
5. Παρέχω προσδοκίες και όχι εντολές επιτρέποντας στους άλλους να πάρουν τις δικές τους αποφάσεις.
6. Εκφράζω «αβεβαιότητα» για το πως θα επιτευχθούν οι στόχοι της ασφάλειας δίνοντας περιθώριο στους άλλους να συμβάλουν σε αυτό.
7. Προσπαθώ να αυξήσω στους άλλους την αυτοεκτίμηση και την αίσθηση ότι είναι βασικό μέρος της κουλτούρας της ασφάλειας.
8. Διακρίνω τις ικανότητες και τα προσόντα του κάθε ανθρώπου ώστε να του αναθέσω το κατάλληλο αντικείμενο.

Βασικοί Εργαστηριακοί Κανόνες Ασφάλειας

1. Ακολουθώ τις οδηγίες του υπεύθυνου του εργαστηρίου προσεκτικά.
2. Φοράω προστατευτικά γυαλιά για όλο το χρονικό διάστημα που βρίσκομαι μέσα στο εργαστήριο.
3. Φοράω κατάλληλο ρουχισμό ο οποίος μου παρέχει προστασία από τυχόν διαρροές. Φοράω κατάλληλα γάντια όταν αυτό είναι απαραίτητο.
4. Δεν τρώω, πίνω, καπνίζω, μασάω τσίχλα, ή παίρνω φάρμακα μέσα στο εργαστήριο.
5. Χρησιμοποιώ τον απαγωγό όταν δουλεύω με πτητικά χημικά, εύφλεκτα υγρά ή αέρια, δύσοσμα χημικά και όταν υπάρχει η πιθανότητα να εκλυθεί κάποιο τοξικό αέριο, ατμός ή σκόνη.
6. Δεν πρέπει να υπάρχει θορυβώδης συμπεριφορά, υπερβολική φασαρία και φάρσες μέσα στο εργαστήριο.
7. Ποτέ δε γεύομαι κάποιο χημικό. Απαγορεύεται η αναρρόφηση με το στόμα.

Βασικοί Εργαστηριακοί Κανόνες Ασφάλειας

8. Όταν πρέπει να μυρίσω ένα χημικό, απαλά μεταφέρω τους ατμούς προς τη μύτη. Ποτέ δεν εισπνέω απευθείας τους ατμούς.
9. Εάν κάποιο χημικό πέσει πάνω στο δέρμα μου ή στα μάτια μου ξεπλένω με άφθονο νερό και ενημερώνω τον υπεύθυνο του εργαστηρίου.
10. Ποτέ δεν εργάζομαι μόνος μου στο εργαστήριο.
11. Ενημερώνω αμέσως τον υπεύθυνο του εργαστηρίου για όλα τα ατυχήματα, τραυματισμούς, διαρροές ή επικίνδυνες καταστάσεις.
12. Απορρίπτω τα χημικά απόβλητα στα κατάλληλα δοχεία.
13. Δε θερμαίνω εύφλεκτα υγρά με φλόγα.
14. Τοποθετώ ετικέτες σε όλα τα δοχεία που περιέχουν χημικά, αναγράφοντας το όνομα του αντιδραστηρίου καθώς και τη συγκέντρωση όταν πρόκειται για διάλυμα.

Πράσινη Χημεία

Approximately 25 g **CaO** (lime) (ασβέστης) was used in a synthesis on an occasional basis. To save money, CaO was purchased in bottles containing 500 g. A researcher failed to tighten the lid adequately after removing 25 g, **water vapor entered the bottle, reacted exothermically** with the CaO, and **the bottle broke**. Some of the reacted material was hard as a brick and much of the unreacted CaO scattered widely as a fine powder. Several hundred grams of CaO was unusable and was a mess to clean up amidst broken glass. $\text{CaO (s)} + \text{H}_2\text{O (l)} = \text{Ca(OH)}_2 \text{ (aq)}$



Πράσινη Χημεία

Είναι η Χημεία που χρησιμοποιεί ένα σύνολο αρχών με την εφαρμογή των οποίων μειώνεται ή εξαλείφεται η χρήση ή η δημιουργία επικινδύνων ουσιών στις διεργασίες σχεδιασμού-παραγωγής και εφαρμογής των χημικών προϊόντων. (P.T. Anastas & J.C. Warner, 1998)

Γενικοί Στόχοι της Πράσινης Χημείας:

- Επιλέγω τα λιγότερο επικίνδυνα χημικά σε σχέση με το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία.
- Όταν συνθέτω νέες ενώσεις, ελαχιστοποιώ τα επικίνδυνα χαρακτηριστικά τους και βελτιστοποιώ την ικανότητά τους να αποσυντίθενται σε ακίνδυνα προϊόντα.
- Σχεδιάζω χημικές διεργασίες στις οποίες ελαχιστοποιείται η κατανάλωση ενέργειας, κατά προτίμηση χρησιμοποιώντας καταλύτες.
- Σχεδιάζω αντιδράσεις με υψηλή απόδοση, ελαχιστοποιώντας τα απόβλητα.
- Σχεδιάζω διαδικασίες στις οποίες η ανακύκλωση των αντιδραστηρίων και των διαλυτών είναι εύκολη.

Πράσινη Χημεία στη Βιομηχανία

- Μέχρι τις αρχές του 1970 δε δινόταν η απαραίτητη προσοχή στις επιπτώσεις των χημικών αντιδραστηρίων στο περιβάλλον αλλά και την υγεία των εργαζομένων. **Η τυπική διαδικασία περιελάμβανε:**
 1. Χρήση των χημικών που πραγματοποιούν τις απαραίτητες αντιδράσεις, αδιαφορώντας για την επικινδυνότητά τους.
 2. Ο αποδεκτός τρόπος απόρριψης των αποβλήτων ήταν θάψιμο στη γη ή ρίψη στους ποταμούς και τις θάλασσες.
- Στη συνέχεια ψηφίστηκαν μια σειρά από κανονισμούς οι οποίοι βασίζονται στην πράσινη χημεία και περιορίζουν τη μόλυνση του περιβάλλοντος.
- Σήμερα οι αρχές της **πράσινης χημείας** έχουν υιοθετηθεί και από τη βιομηχανία καθώς εκτός από τα πλεονεκτήματα στην **υγεία** και το **περιβάλλον** περιλαμβάνει μεθόδους με αρκετά **χαμηλότερο κόστος**.
- **Υπάρχουν αρκετά επιστημονικά περιοδικά με θέμα την πράσινη Χημεία.**

Πράσινη Χημεία στο Εργαστήριο

- Οι ποσότητες των χημικών αποβλήτων από τα ερευνητικά εργαστήρια είναι μηδαμινές σε σχέση με αυτές που παράγουν οι χημικές βιομηχανίες.
- Ο καλύτερος τρόπος εκμάθησης των αρχών της πράσινης χημείας είναι πειραματικά μέσα στο εργαστήριο.
- Η γνώση των αρχών της πράσινης χημείας **θα επηρεάσει την μετέπειτα λειτουργία των φοιτητών στη βιομηχανία.**
- Η πράσινη χημεία **μπορεί να βελτιώσει την εργαστηριακή ασφάλεια** καθώς λιγότερο επικίνδυνα υλικά σημαίνει και λιγότεροι κίνδυνοι.
- Μέχρι σήμερα τα περισσότερα πειράματα σχεδιάζονται με στόχο την εκμάθηση των βασικών αρχών της χημείας.
- Δεν είναι εύκολο τα πειράματα να γίνουν 100% «πράσινα» αλλά είναι σημαντικό να κάνουμε μια προσπάθεια για να γίνουν όσο το δυνατόν περισσότερο «πράσινα».

Πράσινη Χημεία στο Εργαστήριο

- Πως μπορεί να γίνει πράσινο ένα ερευνητικό εργαστήριο?
1. Χρησιμοποιώντας περισσότερο ασφαλείς διαλύτες (λιγότερο τοξικούς ή λιγότερο εύφλεκτους) ή πραγματοποιώντας αντιδράσεις χωρίς διαλύτη. Ανακύκλωση διαλυτών όπου είναι δυνατόν.
 2. Μειώνοντας τις ποσότητες. Πραγματοποιώντας μια αντίδραση με 3gr από το αρχικό αντιδραστήριο αντί για 10 gr, θα μειώσει το κόστος της αντίδρασης, τον όγκο του διαλύτη, την απαιτούμενη ενέργεια και τα απόβλητα που σχηματίζονται.
 3. Ελαχιστοποιώντας τα επικίνδυνα παραπροϊόντα. Το HNO_3 είναι εξαιρετικό οξειδωτικό αλλά σχηματίζει αέριο NO . Ενώ το H_2O_2 παράγει H_2O .
 4. Ελαχιστοποιώντας τα απόβλητα. Είναι επιθυμητό η απόδοση της αντίδρασης να πλησιάζει το 100%. Όταν αυτό δεν είναι δυνατόν να υπάρχει η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης των παραπροϊόντων.

Πράσινη Χημεία και Οργανική Χημεία

While holding a flask containing 200 mL of **10% ethyl acetate/90% petroleum ether**, a researcher decided that she needed **some glassware in an oven**. As she was removing the glassware with one hand, the flask in the other hand **came within inches of the hot oven and the solvent vapors caught fire**. The cotton glove on her hand holding flaming solvent caught fire and startled the researcher. She dropped the flask, it broke, and **the flaming solvent spread on the floor**. She put out the fire on her glove, found a near-by dry chemical extinguisher, and put out the fire on the floor. Her only injury was **a third degree burn to one of her fingers**.



Πράσινη Χημεία και Οργανική Χημεία

- Οι πιο διαδομένοι διαλυτές στην οργανική είναι βασισμένοι σε ενώσεις του άνθρακα όπως: τολουόλιο, ακετόνη, χλωροφόρμιο, ακετονιτρίλιο, αιθέρες, οξικός αιθυλεστέρας και διάφορες αλκοόλες.
- Σχεδόν όλοι είναι **τοξικοί, εύφλεκτοι** και δεν είναι εύκολη η απόρριψή τους.
- Πραγματοποιείται **μεγάλη κατανάλωση** στις **φαρμακοβιομηχανίες** και κατά την **επεξεργασία των πετρελαιοειδών**.
- Όλα τα παραπάνω καθιστούν την οργανική χημεία **κύριο στόχο εφαρμογής της πράσινης χημείας**.

Πράσινη Χημεία και Οργανική Χημεία

- Πως μπορεί να γίνει «πράσινη» η οργανική χημεία?
 1. Εξαλείφοντας όπου είναι δυνατόν τη χρήση διαλυτών. Αρκετές αντιδράσεις μπορούν να γίνουν απουσία κάποιου διαλύτη ιδίως με τη χρήση μικροκυμάτων (microwaves).
 2. Αντικαθιστώντας τους επικίνδυνους διαλύτες με πιο ασφαλείς.
 - i) **Το υπερκρίσιμο CO₂** (θερμοκρασία 33°C και πίεση 77atm): Αποτελεί ιδανικό αντικαταστάτη αρκετών οργανικών διαλυτών. Η προσθήκη πολυμερών αυξάνει την ικανότητά του να διαλύει διάφορες ενώσεις.
 - ii) **Διαλύτες από βιομάζα:** Προκύπτουν από ζύμωση σακχάρων.
 - iii) **Ιονικοί διαλύτες:** Βρίσκονται με τη μορφή υγρών αλάτων σε θερμοκρασία περιβάλλοντος και μπορούν να διαλύσουν αρκετές ενώσεις.
 3. Σχεδιασμός αντιδράσεων με υψηλή απόδοση και καλύτερη **οικονομία ατόμων.**

Απόδοση vs. Οικονομία Ατόμων

- Η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας και της αποδοτικότητας μιας χημικής αντίδρασης γίνεται με βάση την **απόδοσή** της.
- Τις περισσότερες φορές είναι μικρότερη από 100% και σε ορισμένες εφαρμογές απόδοση 30% είναι επιτυχία.
- Το 1991 ο Barry M. Trost, χημικός από το Πανεπιστήμιο του Στάντφορντ ανέπτυξε την ιδέα της **οικονομίας των ατόμων**.
- Αποτελεί έναν εναλλακτικό τρόπο αξιολόγησης της επιτυχίας μιας αντίδρασης.
- Η **οικονομία του ατόμου** είναι μια αξιολόγηση, με βάση την οποία μετράται ο βαθμός ενσωμάτωσης κάθε αντιδρώντος συστατικού στο τελικό προϊόν.

$$\% \text{ οικονομία ατόμων (\% atom economy)} = \frac{\text{μάζα επιθυμητού προϊόντος}}{\text{μάζα όλων των αντιδρώντων}} \times 100$$

Οικονομία Ατόμων

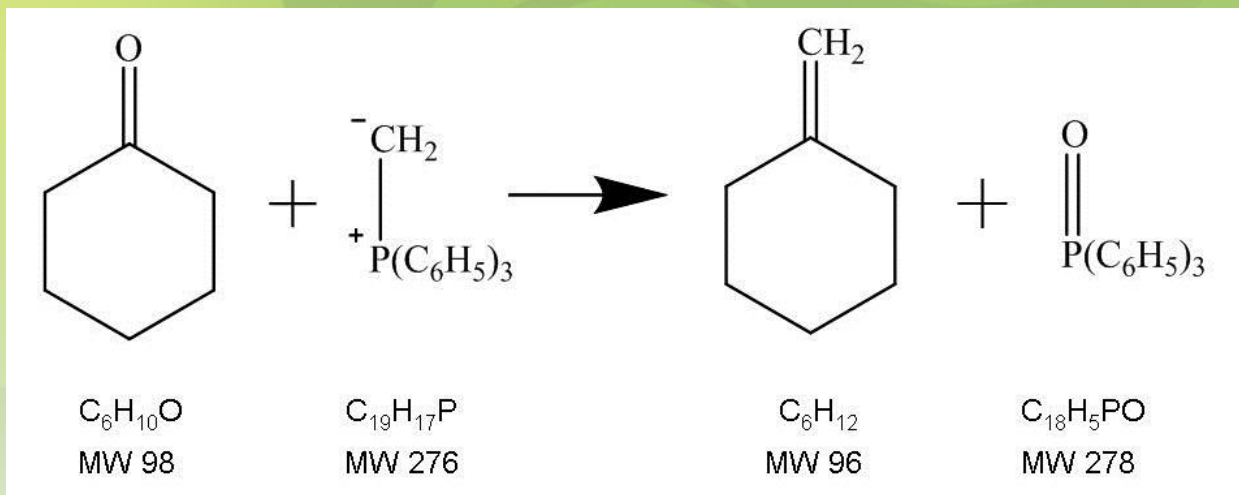
Σύνθεση Αμμωνίας:



$$\frac{\text{μάζα επιθυμητού προϊόντος}}{\text{μάζα όλων των αντιδρώντων}} \times 100$$

100%

Αντίδραση
Wittig:



$$\text{Atom Economy} = (96/374) \cdot 100\% = \mathbf{26\%}$$

$$\text{Εάν η απόδοση είναι 85\%: Atom Economy} = 0.85 \cdot 26\% = \mathbf{22\%}$$

- Στους υπολογισμούς δε λαμβάνονται υπόψη οι διαλύτες.

Στόχος της πράσινη χημείας είναι η μελέτη όλων των ατόμων που συμμετέχουν σε μια αντίδραση

Πράσινη Χημεία

In the latter part of the 20th century, **mercury thermometers were commonly used in laboratories** and also in the **medical community** to measure temperature. In the 1960s, a lab instructor was leading a laboratory session composed of **student nurses**. After the laboratory session had started, a student came to tell him that she had **broken her thermometer**. Moments later **two more students** came to tell him the same thing. He was puzzled by **the rash of thermometers being broken** and he walked about the laboratory. He saw one student begin **“shaking” the thermometer down** and, sure enough, **the long thermometer hit the lab bench and was shattered**. He asked why she was doing this, and she informed him that **she was following instructions received in nursing classes** to “shake down” thermometers. The lab instructor immediately called all the students together to explain that **the thermometers being used in the laboratory did not need shaking**, and **the epidemic of broken thermometers ceased**.

Οι 12 Αρχές της Πράσινης Χημείας

1. **Αποτροπή Αποβλήτων.** Σχεδιασμός αντιδράσεων που δεν παράγουν απόβλητα.
2. **Μεγιστοποίηση της οικονομίας ατόμων.** Σχεδιασμός συνθέσεων στις οποίες το τελικό προϊόν περιέχει το μεγαλύτερο ποσοστό από τα αρχικά αντιδραστήρια.
3. **Σχεδίαση λιγότερο επικίνδυνων χημικών αντιδράσεων,** χρησιμοποιώντας και παράγοντας ουσίες με μικρή ή καθόλου τοξικότητα για το περιβάλλον και την ανθρώπινη υγεία.
4. **Σχεδιασμός ασφαλέστερων χημικών προϊόντων.** Οι χημικές ουσίες πρέπει να είναι αποτελεσματικές για τον σκοπό που σχεδιάστηκαν αλλά ταυτόχρονα να ελαττώνεται η τοξικότητά τους.
5. **Να χρησιμοποιούνται ασφαλείς διαλύτες και συνθήκες αντίδρασης.** Να αποφεύγεται η χρήση διαλυτών και αντιδραστηρίων διαχωρισμού. Αντικατάσταση από ακίνδυνα χημικά.
6. **Αύξηση ενεργειακής αποτελεσματικότητας.** Πραγματοποίηση χημικών αντιδράσεων σε χαμηλές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης.

Οι 12 Αρχές της Πράσινης Χημείας

- 7. Χρήση ανανεώσιμων πρώτων υλών.** Πρώτες ύλες από αγροτικά προϊόντα ή από απόβλητα και όχι από παράγωγα του πετρελαίου.
- 8. Αποφυγή σχηματισμού ενδιάμεσων παραγώγων.** Να αποφεύγεται η χρήση προστατευτικών ή παρεμποδιστικών ομάδων καθώς οδηγούν στο σχηματισμό αποβλήτων.
- 9. Χρήση καταλυτών.** Ελαχιστοποίηση των αποβλήτων στις καταλυτικές αντιδράσεις. Οι καταλύτες χρησιμοποιούνται σε μικρές ποσότητες και μπορούν να πραγματοποιήσουν μια αντίδραση πολλές φορές.
- 10. Σχεδιασμός προϊόντων τα οποία αποικοδομούνται μετά τη χρήση τους.** Να καταστρέφονται σε ακίνδυνες ουσίες και να αποφεύγεται η συσσώρευσή τους στο περιβάλλον.
- 11. Συνεχής ανάλυση για την αποφυγή μόλυνσης.** Παρακολούθηση και έλεγχος των αντιδράσεων σε πραγματικό χρόνο για την ελαχιστοποίηση ή την εξάλειψη σχηματισμού παραπροϊόντων.
- 12. Ελαχιστοποίηση της πιθανότητας ατυχήματος.** Σχεδιασμός χημικών τα οποία θα έχουν μικρή πιθανότητα πρόκλησης ατυχημάτων, όπως εκρήξεις και πυρκαγιές.

Οι 12 Αρχές της Πράσινης Χημείας

4. Σχεδιασμός ασφαλέστερων και λιγότερο τοξικών χημικών.

- Είναι δύσκολο να προβλεφθεί η τοξικότητα νέων χημικών ενώσεων.
- Πολλές ενώσεις που παλαιότερα θεωρούνταν ακίνδυνες πλέον χαρακτηρίζονται υψηλής τοξικότητας (πχ Βενζόλιο-Καρκινογόνο).
- Παραδείγματα:
 - i. Η απομάκρυνση του μολύβδου από τις βαφές τις κατέστησε λιγότερο τοξικές.
 - ii. Η απομάκρυνση του μολύβδου από την βενζίνη.

12. Ελαχιστοποίηση της πιθανότητας ατυχήματος.

- Αν και αναφέρεται στις περιβαλλοντικές επιπτώσεις ενός ατυχήματος είναι άμεσα συνδεδεμένη με την **εργαστηριακή και χημική ασφάλεια**.

Παραδείγματα Πράσινης Χημείας

- 1. Εναλλακτικές συνθέσεις.** Η εταιρεία **Pfizer**, για τη σύνθεση του **Viagra[®]**, που καταναλώνεται από 25 εκ. ανθρώπους παγκοσμίως, ακολουθεί **αλληλουχία αντιδράσεων 13 σταδίων** και παράγει **400 τόνους υγρών τοξικών αποβλήτων**. Η Πράσινη σύνθεση του, που πήρε το βραβείο Πράσινης Χημείας το 2003 ελάττωσε τα 13 στάδια σε **τρία** και μείωσε τα **απόβλητα κατά 95%**.
- 2. Εναλλακτικοί διαλύτες.** Η εταιρεία **Bayer**, το 2002, **αντικατέστησε τους τοξικούς οργανικούς διαλύτες** (τολουόλιο, ξυλόλιο) **με νερό**, στα βερνίκια πολυουρεθάνης δύο συστατικών (οικολογικά βερνίκια).
- 3. Σχεδιασμός ασφαλέστερων ουσιών.** Η εταιρεία **Engelhard**, το 2003, συνέθεσε οργανικά χρώματα, όπου τα **βαρέα τοξικά μέταλλα** κάδμιο, μόλυβδος και χρώμιο **αντικαταστάθηκαν** από τα μη τοξικά **ασβέστιο, νάτριο, στρόντιο**, καθώς επίσης το **ύτριο** αντικατέστησε τον μόλυβδο στις ηλεκτροστατικές βαφές.