

ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΣΤΟ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΧΗΜΕΙΑΣ

Η υγιεινή και η ασφάλεια σε κάθε αναλυτικό εργαστήριο αποτελεί ευθύνη της διεύθυνσης του εργαστηρίου. Γενικά απαιτείται προσεκτική επιτήρηση κάθε εργασίας ώστε να εξασφαλίζεται η σωστή λειτουργία ανά πάσα στιγμή διεξαγωγής πειραμάτων. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στον τελευταίο έλεγχο μετά το πέρας των εργασιών της ημέρας, ώστε να είναι βέβαιο ότι τηρούνται όλοι οι κανόνες της ασφαλούς λειτουργίας του εργαστηρίου. Οι πλέον συνηθισμένοι κίνδυνοι και σύντομες οδηγίες για την αντιμετώπισή τους αναφέρονται στη συνέχεια (Luxon, 1992).

Φωτιά – εκρήξεις

Πρόκειται για συχνό είδος ατυχήματος σε αναλυτικά εργαστήρια. Υγρά διαλύματα με σημεία ανάφλεξης χαμηλότερα από την κανονική θερμοκρασία περιβάλλοντος (έως 32°C) είναι δυνατό να ελευθερώνουν ατμούς οι οποίοι όταν συγκεντρωθούν σε αρκετή ποσότητα μπορεί να δημιουργήσουν εύφλεκτα μίγματα με τον αέρα του εργαστηρίου προκαλώντας έκρηξη και πυρκαγιά. Εύφλεκτα αέρια τα οποία συμμετέχουν στο μίγμα με τον αέρα του περιβάλλοντος σε ποσοστό πάνω από 1% κατ' όγκο αποτελούν πρόβλημα. Επίσης κίνδυνο αποτελούν εύφλεκτα υλικά π.χ. οργανικοί διαλύτες που έχουν χυθεί στους πάγκους ή στο δάπεδο. Τέτοιου είδους λεκέδες πρέπει να καθαρίζονται αμέσως. Γενικά οι χρησιμοποιούμενες ποσότητες εύφλεκτων υλικών πρέπει να ελαχιστοποιούνται και να διασφαλίζεται η σωστή αποθήκευσή τους μετά τη χρήση. Πυροσβεστήρες σε ετοιμότητα για λειτουργία θα πρέπει να βρίσκονται σε κάθε αίθουσα των εργαστηρίων για την εξάλειψη κάθε εστίας φωτιάς πριν αυτή πάρει μεγάλες διαστάσεις και οι έξοδοι εκτάκτου ανάγκης θα πρέπει να είναι γνωστές σε όσους εργάζονται στους χώρους.

Χρήση χημικών αντιδραστηρίων

Τα χημικά αντιδραστήρια (οξέα κλπ.) θα πρέπει να χρησιμοποιούνται στην ελάχιστη δυνατή ποσότητα κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, πάντα κάτω από εν' λειτουργία απαγωγούς εστίες. Οι εξώθερμες αντιδράσεις θα πρέπει να γίνονται υπό αυστηρό έλεγχο και παρακολούθηση μετά από την επιβεβαίωση ότι το σύστημα ψύξης και ανάμιξης λειτουργεί χωρίς πρόβλημα. **Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται στις αραιώσεις πυκνών οξέων.** Η αραιώση γίνεται πάντα με προσεκτική προσθήκη του πυκνού οξέος σε απεσταγμένο νερό. Το αντίστροφο, δηλαδή προσθήκη νερού σε πυκνό οξύ είναι επικίνδυνη, καθώς το νερό είναι δυνατό να εξατμισθεί λόγω εκλύμενης θερμότητας και να προκαλέσει εκτίναξη σταγονιδίων πυκνού οξέος. Η επιτήρηση των πειραμάτων από ειδικά εκπαιδευμένο προσωπικό είναι απαραίτητη.

Γίνεται εδώ ιδιαίτερη μνεία στην επικινδυνότητα των οξέων τα οποία χρησιμοποιούνται συχνά για τη διαλυτοποίηση γεωχημικών δειγμάτων. Στερεά δείγματα προς ανάλυση απαιτούν κονιοποίηση πριν την επίδραση των οξέων ώστε να εξασφαλιστεί καλύτερη προσβολή. Αυτή η τακτική ωστόσο ενδέχεται να εγκυμονεί κινδύνους βίαιων αντιδράσεων, έτσι ενδείκνυται η αρχική προσβολή με αραιωμένα οξέα. Το **υδροφθόριο (HF)** είναι ένα από τα πλέον τοξικά και επικίνδυνα οξέα και η χρήση του θα πρέπει να περιορίζεται μόνο όταν είναι απαραίτητη η προσβολή του πυριτικού πλέγματος των ορυκτών του δείγματος. Η χρήση του γίνεται πάντα σε χωνευτήρια Teflon και ποτέ σε γυάλινα σκεύη τα οποία μπορεί να προσβάλει και να καταστρέψει. Ειδικές οδηγίες για την παροχή πρώτων βοηθειών σε περίπτωση επαφής με υδροφθόριο δίνονται στο Πλαίσιο 1. Ένα άλλο ιδιαίτερα επικίνδυνο αντιδραστήριο είναι το **υπερχλωρικό οξύ (HClO₄)** το οποίο αποτελεί ισχυρά οξειδωτικό παράγοντα όταν θερμανθεί με κίνδυνο έκρηξης όταν επιδρά σε δείγματα με υψηλό περιεχόμενο οργανικής ύλης. Ενδείκνυται η χρήση του στα τελευταία στάδια της διαλυτοποίησης, μετά από την επίδραση νιτρικού οξέος το οποίο απομακρύνει μερικώς την οργανική ύλη από το υλικό μήτρας αρχικά. Η ολική απομάκρυνσή του HClO₄ από το τελικό διάλυμα πρέπει να γίνεται με σταδιακή εξάτμιση.

Πλαίσιο 1

Πρώτες βοήθειες σε περίπτωση επαφής με υδροφθόριο (Luxon, 1992)

Το υδροφθόριο διεισδύει βαθιά στο δέρμα όπου ιόντα φθορίου απελευθερώνονται και καταστρέφουν τα κύτταρα των μαλακών ιστών καθώς και τα οστά. Αραιά διαλύματα (5-15%) του οξέως μπορεί να προκαλέσουν πολύ ελαφρύ πόνο κατά την επαφή με το δέρμα αλλά σοβαρά τραύματα 12-24 ώρες αργότερα. Πυκνότερα διαλύματα του οξέως (20-40%) προκαλούν ελαφρύ πόνο αρχικά και σοβαρά τραύματα 1-8 ώρες αργότερα, ενώ διαλύματα 50-70% προκαλούν αμέσως έντονο πόνο.

Δερματική μόλυνση

1. Πλύνετε αμέσως το σημείο επαφής με άφθονο καθαρό νερό θερμοκρασίας δωματίου. Αν υπάρχει χρησιμοποιήστε σαπούνι αλλά χωρίς να τρίβεται το δέρμα.
2. Συγχρόνως βγάλτε αμέσως όποια ρούχα έχουν λερωθεί από το οξύ. Στην ανάγκη κόψτε το ύφασμα με ψαλίδι ώστε να κερδίσετε χρόνο.
3. Προστατευθείτε από τυχόν λεκέδες του οξέως φορώντας γάντια και ποδιά εργαστηρίου.
4. Συνεχίστε το ξέπλυμα με νερό επί 10' τουλάχιστο.
5. Απλώστε ζελέ γλουκονικού ασβεστίου στο τραύμα και στη γύρω περιοχή του δέρματος και κάντε ελαφρά εντριβή μέχρι να ανακουφιστεί ο πόνος. Εάν το οξύ έχει διειδύσει κάτω από τα νύχια κάντε εντριβή με το ζελέ πάνω και γύρω από αυτά για τουλάχιστο 15'. Καλύψτε με επίδεσμο εμβαπτισμένο σε ζελέ.
6. Οποιοσδήποτε έχει έρθει σε επαφή με υδροφθορικό οξύ πρέπει να μεταφέρεται αμέσως σε σταθμό πρώτων βοηθειών έστω κι αν δεν υπάρχουν φαινομενικά δερματικές βλάβες.

Μόλυνση των ματιών

Πλύνετε τα μάτια με άφθονο δροσερό καθαρό νερό για 20' τουλάχιστο. Συνεχίστε κατά τη μεταφορά στο νοσοκομείο. Ενημερώστε τον γιατρό για τις συνθήκες του ατυχήματος.

Χρήση τοξικών ουσιών

Οι τοξικές ουσίες που χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο είναι δυνατό να δράσουν με τρεις τρόπους στον ανθρώπινο οργανισμό: δηλητηρίαση μετά από κατάποση, δερματική απορρόφηση και εισπνοή. Επισημαίνεται εδώ ότι πέρα από τις βραχυπρόθεσμες συνέπειες των τοξικών ουσιών πρέπει να αναλογιζόμαστε και πιθανές μελλοντικές επιπτώσεις στην υγεία. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα σύμβολα επικίνδυνων ουσιών που χρησιμοποιούνται συχνά στο εργαστήριο και η σύντομη ερμηνεία τους. Πρέπει πάντα να δίνουμε προσοχή στα σύμβολα αυτά που βρίσκονται στη συσκευασία των χημικών αντιδραστηρίων. Η πρώτη μας σκέψη θα πρέπει να στρέφεται στην εναλλακτική χρήση της λιγότερο δυνατό τοξικής ουσίας.

Οι κίνδυνοι της κατάποσης μπορούν να εξαλειφθούν με τη χρήση γαντιών και τη διατήρηση καλής σωματικής καθαριότητας. Ιδιαίτερα επικίνδυνη είναι η χρήση πιπέτας με το στόμα. Αντί αυτού θα πρέπει να γίνεται εξάσκηση αναρρόφησης των τοξικών χημικών με ελαστικά πουάρ. Τα γάντια και οι ποδιές εργαστηρίου βοηθούν στην αποφυγή της επαφής των χημικών με το δέρμα ή τα ρούχα. Σε περίπτωση δερματικής επαφής το σημείο θα πρέπει να πλένεται με άφθονο καθαρό νερό και σαπούνι. Η προστασία των ματιών είναι απαραίτητη και είναι προτιμότερο να αποφεύγεται η χρήση φακών επαφής όταν πρόκειται να εργαστούμε με τοξικές ουσίες. Τα μακριά μαλλιά είναι προτιμότερο να είναι δεμένα μακριά από το πρόσωπο. Η αποφυγή εισπνοής βλαβερών ουσιών μπορεί να διασφαλιστεί με τη χρήση απαγωγών εστιών. Επίσης δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι δύο μεμονωμένα μη βλαβερές ουσίες μπορεί με ανάμιξη να δημιουργήσουν δηλητηριώδη αέρια. Το σημείο αυτό έχει ιδιαίτερη σημασία για την απόρριψη υπολειμματικών αντιδραστηρίων, η οποία πρέπει να γίνεται πάντα προσεκτικά και κάτω από την απαγωγή εστία.

Γενικό περιβάλλον του εργαστηρίου

Οι πάγκοι και το δάπεδο του εργαστηρίου καθώς και όλα τα χρησιμοποιημένα σκεύη πρέπει να καθαρίζονται σχολαστικά μετά από κάθε εργασία. Η τάξη, ο σωστός φωτισμός, ο καλός εξαερισμός και η διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας αποτελούν παράγοντες άμεσης προτεραιότητας για τη διατήρηση της ασφάλειας στο εργαστήριο. Είναι αυτονόητο ότι η κατανάλωση φαγητού ή ποτού καθώς και το κάπνισμα απαγορεύονται αυστηρά σε όλους τους χώρους του εργαστηρίου. Ένα άλλο θέμα πρωτεύουσας σημασίας είναι ο τρόπος απόρριψης των υπολειμματικών διαλυμάτων. Θα πρέπει πάντα να εξετάζεται η δυνατότητα ανακύκλωσης. Επίσης θα πρέπει να γίνεται διάσπαση των βλαβερών χημικών μέσω αντιδράσεων ώστε οι ουσίες που τελικά απορρίπτονται στο αποχετευτικό σύστημα να είναι όσο το δυνατό λιγότερο βλαβερές.

Πίνακας 1: Σύμβολα επικίνδυνων ουσιών που χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο.

<i>Σύμβολο</i>	<i>Χαρακτηρισμός</i>	<i>Περιγραφή-Σχόλια</i>
	Ερεθιστικό ή βλαβερό	Να αποφεύγεται η επαφή με το δέρμα, η εισπνοή κλπ.
	Διαβρωτικό	Να αποφεύγεται η επαφή με το δέρμα. Μπορεί να διαβρώσει επιφάνειες του Χημείου – προσοχή στην αποθήκευση.
	Οξειδωτικό	Προκαλεί άμεση οξείδωση σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Πρέπει να μένει μακριά από εύφλεκτα υλικά.
	Εύφλεκτο	Πρέπει να αποθηκεύεται σε ερμάρια πυροπροστασίας.
	Δηλητήριο	Επικίνδυνο στην κατάποση, εισπνοή ή ακόμη στην επαφή με το δέρμα.
	Εκρηκτικό	Έκρηξη μπορεί να προκληθεί ακόμη και μέσο θορύβου ή κίνησης. Ευτυχώς σπάνια υπάρχουν τέτοιες ουσίες στο εργαστήριο!
	Περιβαλλοντικά επικίνδυνο	Να λαμβάνονται μέτρα κατά την απόρριψη.

Ακτινοβολία

Η εργασία στο γεωχημικό εργαστήριο είναι δυνατό να εγκλείει κινδύνους έκθεσης σε ιονίζουσα ακτινοβολία (ακτίνες γ , ακτίνες X) ή μη ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία (έντονο φως, υπεριώδης ακτινοβολία, υπέρυθρη ακτινοβολία, μικροκύματα, στατικός ηλεκτρισμός, μαγνητικά πεδία). Γίνεται ειδική μνεία στις ακτίνες X οι οποίες χρησιμοποιούνται συχνά για ορυκτολογική ανάλυση δειγμάτων (XRD) ή για χημική ανάλυση δειγμάτων (XRF). Οι ακτίνες X είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χαμηλού μήκους κύματος οπότε υψηλής ενέργειας. Παράγονται όταν φορτισμένα σωματίδια, συνήθως ηλεκτρόνια, προσκρούουν σε κάποιο μεταλλικό στόχο. Οι συσκευές ακτίνων X κρυσταλλογραφικής ή φασματοσκοπικής ανάλυσης που χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο περιέχουν πηγές ακτίνων υψηλής έντασης. Η ασφαλής λειτουργία τους έγκειται στο καλό σύστημα απομόνωσης των ακτίνων και στο προειδοποιητικό σήμα που δίνεται στον χρήστη όταν η συσκευή είναι σε λειτουργία.

Η έκθεση σε ιονίζουσα ακτινοβολία είναι επίσης πιθανή κατά την επεξεργασία πετρωμάτων και μεταλλευμάτων τα οποία περιέχουν ραδιενεργά στοιχεία όπως U ή Th. Τα επίπεδα ραδιενέργειας τέτοιων δειγμάτων είναι δυνατό να είναι υψηλά οπότε συστήνεται έλεγχος με έναν απλό μετρητή Geiger πριν την επεξεργασία τους στο εργαστήριο. Συγκεντρώσεις μερικών Bq g^{-1} αρκούν ώστε να είναι απαραίτητες οι προφυλάξεις εάν πρόκειται να επεξεργαστούν δείγματα βάρους μερικών χιλιόγραμμων. Ορυκτά τα οποία περιέχουν U αποτελούν πηγές του ραδιενεργού αερίου ραδόνιο (Rn). Τέτοιου είδους ορυκτά πρέπει να αποθηκεύονται σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους με καλό αερισμό.

Ηλεκτροπληξία

Η σοβαρότητα ενός περιστατικού ηλεκτροπληξίας εξαρτάται από την ένταση και τη διάρκεια διέλευσης του ηλεκτρικού ρεύματος στο ανθρώπινο σώμα. Επίσης σημασία έχουν και τα χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού ρεύματος. Ο κίνδυνος της ηλεκτροπληξίας στο χημικό εργαστήριο σχετίζεται με τη χρήση ηλεκτρικών συσκευών όποτε η τάση του ρεύματος που είναι δυνατό να προκαλέσει κάποιο ατύχημα εξαρτάται από την τάση λειτουργίας των συσκευών αυτών. Σημειώνεται ότι ρεύμα έντασης 50 mA που διέρχεται από το ανθρώπινο σώμα για διάρκεια 2'' μπορεί να προκαλέσει θάνατο, ενώ μια τυπική τιμή αντίστασης για το ανθρώπινο σώμα είναι 1000 Ω στην περίπτωση επαφής με ρεύμα τάσης 240 V. Με δεδομένες τις παραπάνω τιμές τάσης και αντίστασης η ένταση του ρεύματος διέλευσης σε μια τέτοια περίπτωση είναι 240 mA. Η χρήση ηλεκτρικών συσκευών στο εργαστήριο εγκυμονεί επίσης κινδύνους εγκαυμάτων και ανάφλεξης – πυρκαγιάς.

Πρώτες βοήθειες

Σε περίπτωση που βρεθείτε μάρτυρες κάποιου ατυχήματος στο χώρο του εργαστηρίου θα πρέπει:

1. Να προστατεύσετε τον εαυτό σας από τον κίνδυνο.
2. Να απομακρύνετε το θύμα μακριά από τα επιβλαβή χημικά ή τυχόν άλλους κινδύνους με τους οποίους είναι σε επαφή (εάν αυτό είναι ασφαλές για εσάς).
3. Να δώσετε τις πρώτες βοήθειες μέχρι το θύμα να βρεθεί στα χέρια του γιατρού ή άλλου προσωπικού υγείας.
4. Να ειδοποιήσετε άμεσα άλλους για τον κίνδυνο και να καλέσετε βοήθεια.

Είναι πολύ σημαντικό να διατηρήσετε ψυχραιμία. Δίνονται εδώ μερικές γενικές οδηγίες πρώτων βοηθειών:

1. Ελέγξτε εάν το θύμα έχει τις αισθήσεις του. Προσπαθήστε να επαναφέρετε το άτομο με τη φωνή και με ελαφρό τράνταγμα των ώμων.
2. Ανοίξτε το στόμα του θύματος και βεβαιωθείτε ότι η γλώσσα δεν φράσσει τον λάρυγγα. Τοποθετήστε το θύμα ανάσκελα και τραβήξτε το κεφάλι του προς τα πίσω πιέζοντας το μέτωπο με το ένα χέρι και τραβώντας το πηγούνι προς τα πάνω με το άλλο χέρι.
3. Ελέγξτε εάν το θύμα αναπνέει. Δείτε εάν το στήρνο ή η κοιλιά κινείται πάνω κάτω. Αισθανθείτε την αναπνοή βάζοντας το μάγουλο και το αυτί σας κοντά στο στόμα του θύματος.

4. Καθαρίστε το στόμα και το λάρυγγα του θύματος. Εάν διαπιστώσετε ότι το θύμα δεν αναπνέει υπάρχει περίπτωση να έχει φράξει ο λάρυγγας. Σκουπίστε κάθε ίχνος χημικού από την περιοχή γύρω από το στόμα του. Στρέψτε το κεφάλι του στο πλάι και με το δάχτυλό σας καθαρίστε τη στοματική κοιλότητα μέχρι το λαιμό. Εάν το άτομο αρχίσει να αναπνέει γυρίστε το στο πλάι στη θέση ανάκτησης. Εάν δεν αναπνέει πρέπει να προσπαθήσετε να επαναφέρετε την αναπνοή άμεσα.
5. Δώστε τεχνητή αναπνοή. Τοποθετήστε το θύμα ανάσκελα. Η τεχνητή αναπνοή μπορεί να δοθεί στόμα με στόμα εάν γνωρίζετε ότι το θύμα δεν έχει εκτεθεί σε διαβρωτικά χημικά. Εάν έχει, δώστε την τεχνητή αναπνοή στόμα με μύτη. Σε τέτοια περίπτωση κλείστε το στόμα του θύματος και αποφύγετε επαφή που μπορεί να σας δηλητηριάσει.
6. Ελέγξτε εάν λειτουργεί η καρδιά. Νοιώστε τους παλμούς στο λαιμό του θύματος. Εάν η καρδιά έχει σταματήσει το θύμα θα είναι αναισθητό και θα μελανιάζει.
7. Κάντε καρδιακές μαλάξεις έως ότου αισθανθείτε καρδιακούς παλμούς ελέγχοντας το λαιμό του θύματος. Συνεχίστε επίσης την τεχνητή αναπνοή. Είναι δυνατό να επανέλθει ο χτύπος της καρδιάς ενώ το άτομο είναι ακόμη αναισθητό και δεν αναπνέει.
8. Όταν η αναπνοή αρχίσει και πάλι στρέψτε το άτομο στο πλάι σε θέση ανάκτησης έτσι ώστε η γλώσσα να μη φράσσει τον λάρυγγα. Σε περίπτωση που το άτομο κάνει εμετό καθαρίστε τη στοματική κοιλότητα με ένα δάχτυλό σας. Κατά τη θέση ανάκτησης θα πρέπει:
 - Το κεφάλι, ο λαιμός και το σώμα να βρίσκονται σε μία ευθεία
 - Το κεφάλι να είναι γυρισμένο στο πλάι ώστε η γλώσσα να μη φράσσει το λάρυγγα. Ο εμετός και το σάλιο μπορούν να κυλούν ελεύθερα έξω από τη στοματική κοιλότητα.
 - Η θέση των χεριών και των ποδιών να επιτρέπει την παραμονή του θύματος στην ίδια θέση.

Μην αφήνετε το θύμα μόνο του. Ελέγχετε την αναπνοή και τους χτύπους της καρδιάς ταχτικά και παραμείνετε σε ετοιμότητα για παροχή τεχνητής αναπνοής και καρδιακών μαλάξεων.

Για περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τους κινδύνους σε χημικά εργαστήρια και τρόπους αντιμετώπισης συμβουλευτείτε την ακόλουθη βιβλιογραφία και τους παρακάτω δικτυακούς τόπους:

Luxon, S.G. (ed) (1992) *Hazards in the Chemical Laboratory, 5th Edition*, The Royal Society of Chemistry, Cambridge. (ΕΚΠΑ- Βιβλιοθήκη Βιολογίας, Χημείας, Φαρμακευτικής αρ. κατ. 542.0289HAZ)

http://www.geocities.com/david_charles_curran/safety/chemical_safety_symbols_4.html

www.epa.gov/airmarkets/acidrain/experiments/index.html#paper.html