

Εργαστηριακή και Χημική Ασφάλεια

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Αξιολόγηση των Εργαστηριακών Κινδύνων

1. Λαμβάνοντας αποφάσεις σχετικά με την ασφάλεια
2. Εκτίμηση και διαχείριση των εργαστηριακών κινδύνων
3. Χρησιμοποιώντας το GHS για την αξιολόγηση των χημικών τοξικών κινδύνων
4. Κατανοώντας τα όρια επαγγελματικής έκθεσης (OEL)

Αξιολόγηση των Εργαστηριακών Κινδύνων

Οι 4 Βασικές Αρχές της Ασφάλειας:

1. Αναγνωρίζω τους κινδύνους

2. Αξιολογώ-Εκτιμώ το μέγεθος των κινδύνων

3. Ελαχιστοποιώ το μέγεθος των κινδύνων

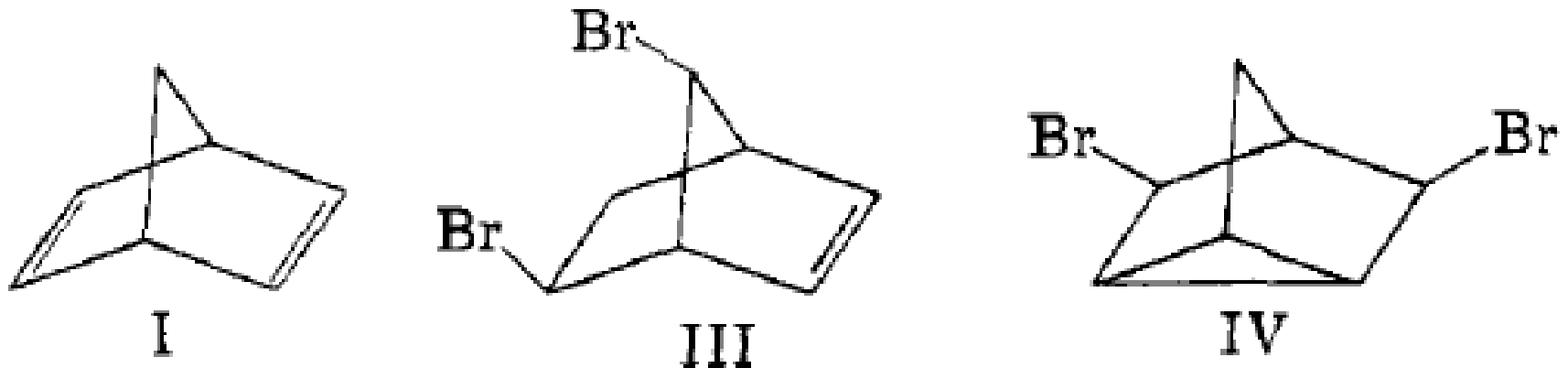
4. Προετοιμάζομαι για να αντιμετωπίσω καταστάσεις έκτακτης ανάγκης

Τα ερωτήματα που θα απαντηθούν είναι:

- Ποιος αποφασίζει τι είναι ασφαλές?
- Πως προσδιορίζουμε τι είναι ασφαλές?
- Πως ο καθένας αξιολογεί διαφορετικά τον κάθε κίνδυνο?
- Πως αποφασίζω τι είναι ασφαλές όταν σχεδιάζω ένα καινούριο πείραμα?

Αξιολόγηση των Εργαστηριακών Κινδύνων

Three researchers were synthesizing a series of **new chemicals** called **bicycloheptadiene dibromides**. These compounds **had never been made** or previously **been reported**. During their work to prepare these compounds, **these chemists were exposed to these compounds** but the **extent of exposure** was not reported and **was probably unknown**. Nevertheless, **two of the three researchers** developed similar **pulmonary disorders that were fatal**. The third scientist became sensitized to these compounds. Further research with these compounds was discontinued.



Αξιολόγηση των Εργαστηριακών Κινδύνων

- Αρκετές καθημερινές δραστηριότητες εμπεριέχουν κάποιο κίνδυνο: οδήγηση αυτοκινήτου, λήψη φαρμάκων, περπάτημα σε σκάλες, λειτουργία πυρηνικού εργοστασίου, κτλ.
- Τα εργαστήρια χημείας δεν αποτελούν εξαίρεση. Οι **χημικές ουσίες** και ο **εργαστηριακός εξοπλισμός περιλαμβάνουν αρκετούς κινδύνους**.
- Τα παλαιότερα χρόνια τα εργαστήρια χημείας δεν ήταν καθόλου ασφαλής χώρος εργασίας.
- Σήμερα διαθέτουμε τις απαραίτητες γνώσεις και τα κατάλληλα μέσα για να ελαχιστοποιήσουμε (αλλά όχι να εξαλείψουμε πλήρως) τους κινδύνους.
- Ο μόνος τρόπος για να εξαλείψουμε πλήρως τον κίνδυνο είναι να μην κάνουμε τίποτα.
- **Είναι σημαντικό να αξιολογούμε τους κινδύνους με ένα συστηματικό τρόπο ώστε να γίνονται καλύτερα κατανοητοί και να ελαχιστοποιούνται.**

Εξίσωση Προσδιορισμού του Επιπέδου του Κινδύνου

Επίπεδο Κινδύνου =

(Σοβαρότητα του κινδύνου) x (Πιθανότητα έκθεσης στον κίνδυνο)

- **Επίπεδο Κινδύνου από δηλητηρίαση με CO:**
(Πολύ σοβαρός κίνδυνος) x (Μικρή πιθανότητα έκθεσης αν η φιάλη παραμένει κλειστή)
- **Επίπεδο κινδύνου στην αντίδραση:** $\text{NaHCO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{NaCl} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
(Μικρός κίνδυνος από την εισπνοή CO_2) x (Μεγάλη πιθανότητα έκλυσης και εισπνοής CO_2)
- Είναι σημαντικό να κατανοήσουμε ότι **το επίπεδο του κινδύνου είναι συνδυασμός αυτών των δυο παραγόντων. Για να το μειώσουμε:**
- **Μπορούμε να μειώσουμε τη σοβαρότητα του κινδύνου:**
 1. Αντικαθιστώντας έναν εύφλεκτο διαλύτη με ένα μη εύφλεκτο
 2. Χρησιμοποιώντας μικρότερες ποσότητες αντιδραστηρίων
- **Μπορούμε να μειώσουμε την πιθανότητα έκθεσης στον κίνδυνο:**
 1. Εξαλείφοντας πλήρως τις πιθανές πηγές ανάφλεξης

Μείωση του Επιπέδου του Κινδύνου

Η πιθανότητα έκθεσης σε έναν κίνδυνο εξαρτάται από 3 παράγοντες:

1. Πως χρησιμοποιούμε τα χημικά

- Τι εξοπλισμό χρησιμοποιούμε όταν εργαζόμαστε με επικίνδυνα χημικά: απαγωγό, golve box, σωστές πρακτικές.
- Τι προσωπικό εξοπλισμό ασφαλείας χρησιμοποιούμε: γάντια, εργαστηριακή ποδιά, μάσκα, κτλ.

2. Πως ελέγχουμε το φυσικό περιβάλλον

- Περιλαμβάνει τις γνώσεις και τις ικανότητες ώστε να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα πρόληψης.
- Απομακρύνω πιθανές πηγές ανάφλεξης, ασφαλίζω σωστά τις φιάλες των αερίων, ελέγχω τον εξοπλισμό για τυχόν προβλήματα.

3. Τη συμπεριφορά των άλλων ανθρώπων

- Το ανθρώπινο λάθος μπορεί να προληφθεί αλλά όχι να εξαλειφθεί.
- Στο εργαστήριο δεν εργαζόμαστε μόνοι μας, το λάθος κάποιου άλλου μπορεί να προκαλέσει βλάβη σε εμάς.

Ποσοτικοποίηση του Επιπέδου του Κινδύνου

Severity of hazard	Probability of exposure to the hazard				
	Very likely	Likely	Possible	Unlikely	Very unlikely
Catastrophic	1 Extreme risk	1 Extreme risk	1 Extreme risk	2 High risk	2 High risk
Serious	1 Extreme risk	1 Extreme risk	2 High risk	2 High risk	3 Medium risk
Moderate	1 Extreme risk	2 High risk	3 Medium risk	3 Medium risk	3 Medium risk
Minor	3 Medium risk	3 Medium risk	4 Low risk	4 Low risk	4 Low risk

- **Καταστροφικός:** θανάσιμοι τραυματισμοί και τεράστιες υλικές ζημιές.
- **Σοβαρός:** σοβαροί τραυματισμοί και σημαντικές υλικές ζημιές.
- **Μέτριος:** επίπονοι τραυματισμοί αλλά θεραπεύσιμοι και μέτριες υλικές ζημιές στο εργαστήριο.
- **Ασήμαντος:** μικροτραυματισμοί που δεν απαιτούν ιατρική φροντίδα και περιορισμένες υλικές ζημιές.

Παρασκευή διαλύματος H_2SO_4 1M από πυκνό οξύ

Event (assumes <i>no steps taken to prevent event or wear PPE</i>)	Severity	Probability	Risk level	Risk management strategy
Sulfuric acid spills on skin while pouring and measuring volume of acid	Moderate	Possible	Medium, 3	Wear arm-length butyl gloves; wear lab coat, appropriate clothes, and shoes; use face shield; work carefully; know what to do if a spill occurs. Use secondary containment.
Sulfuric acid spills with other reactive chemicals around	Moderate	Possible	Medium, 3	Work in a clear, uncluttered area without other reactive chemicals. Use secondary containment.
A bottle of sulfuric acid in transit from a storage cabinet to a hood drops and breaks	Moderate	Possible	Medium, 3	Use a rubber bucket to carry the sulfuric acid bottle; purchase acid in plastic-coated bottle; know what to do if a spill occurs
Sulfuric acid vapors are inhaled	Serious	Very likely	Extreme, 1	Work in a chemical hood; keep head out of fume hood; know what to do if some vapor is inhaled
Spattering occurs from mixing water into acid	Moderate	Likely	High, 2	Add acid to water (not water to acid); know what to do if acid spatters due to incorrect mixing procedure
Sulfuric acid splashes in eyes	Serious	Possible	High, 2	Wear face shield and splash goggles; work carefully; know what to do if acid gets in eyes

Αξιολόγηση των Εργαστηριακών Κινδύνων

- Όταν το επίπεδο του κινδύνου είναι στο 1, 2 ή 3 πρέπει να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα ώστε να μειωθεί.
- Η αξιολόγηση και η εκτίμηση των εργαστηριακών κινδύνων αποτελεί υποκειμενική άποψη.
- Ο καθένας αντιλαμβάνεται και αξιολογεί τον κίνδυνο με διαφορετικό τρόπο.
- Το ίδιο συμβαίνει και στην καθημερινότητα. Αρκετοί φοβούνται τα αεροπλάνα και όχι τα αυτοκίνητα παρά τις στατιστικές σχετικά με την ασφάλειά τους.
- Όταν είμαστε εξοικειωμένοι με κάτι συνήθως δεν το φοβόμαστε και υποεκτιμούμε τον κίνδυνό του.
- Η εμπειρία είναι παράλληλα σημαντικό προτέρημα καθώς καθιστά ευκολότερη την αναγνώριση πιθανών κινδύνων που δεν είναι εύκολα αναγνωρίσιμοι.

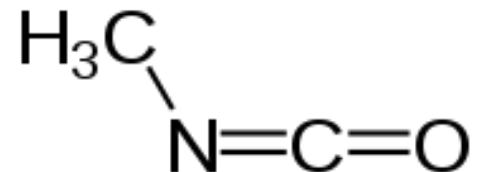
Τι είναι Ασφαλές?

- **Ο προσδιορισμός της επικινδυνότητας βασίζεται:**
 1. Στην αντικειμενική ανάλυση των κινδύνων βασισμένοι σε βιβλιογραφικά δεδομένα, SDS, κτλ.
 2. Στην προσωπική κρίση του καθενός. Τι επίπεδο κινδύνου που είναι διατιθέμενος να δεχθεί ο καθένας. Είναι διαφορετικό για το κάθε άτομο (π.χ. όριο ταχύτητας, ποσότητα αλκοόλ και οδήγηση).
- **Τις περισσότερες φορές είναι ευκολότερο να αποδείξεις ότι κάτι είναι επικίνδυνο από ότι να δείξεις ότι είναι ασφαλές.**
- Υπάρχουν αρκετοί νόμοι και κανονισμοί που σχετίζονται με την υγεία και την ασφάλεια και καθορίζουν το τι είναι ασφαλές.
- **Όταν εργαζόμαστε με καινούριες ουσίες και αντιδράσεις δεν είναι εύκολο να προσδιορίζουμε το επίπεδο επικινδυνότητας.**
- Ο αποτελεσματικός περιορισμός των κινδύνων έχει μεγάλο κόστος σε **χρήμα και χρόνο** (πραγματοποίηση αντιδράσεων σε μικρή κλίμακα). Ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα σε βιομηχανίες (ο χρόνος είναι χρήμα).

Βιομηχανικό Ατύχημα στην Ινδία

In December 1984 in Bhopal, India, there was an **industrial incident that killed 3800 people in one night**, may have caused an **additional 15,000 deaths**, and **injured** as many as **500,000 people** with **100,000** of those **injuries being permanent**. This is considered to be **the worst industrial incident in history**. What happened, and how did it happen?

The Union Carbide Company had a manufacturing facility in Bhopal, a city with a population of 800,000, that **synthesized pesticides using methylisocyanate (MIC)**. MIC is a clear liquid with a sharp odor. The boiling point is 39 °C. **The LC₅₀ is 5 ppm (Rat)**. This places it in **Hazard Class 1**. MIC is used as an intermediate in the synthesis of carbamate pesticides. At 1 a.m. on December 3, 1984 **a safety valve failed and released 40 tons of MIC**. **Within hours, thousands of people had died** and the city was littered with corpses of humans and thousands of animals and birds. **Local hospitals were overwhelmed**, in part because personnel **did not know what the toxic agent was**.



Βιομηχανικό Ατύχημα στην Ινδία

- **Γιατί συνέβη το ατύχημα?**
- With a BP of 39 °C, it is necessary to refrigerate the liquid when stored. The electricity to the refrigeration units had been turned off to save money.
- A faulty valve allowed 1 ton of water to mix with the MIC. A back-up system to prevent water from entering even if the valve fails was not in place. The addition of water causes a highly exothermic reaction and at high temperature some of the MIC will degrade to hydrogen cyanide (HCN).
- A scrubber system to neutralize any escaping gas with a NaOH solution had been turned off.
- A system to ignite any escaping gas using a burning flare had been turned off to save fuel.
- A water-jet system that is used to capture any escaping gas had insufficient pressure to reach the necessary height to capture the gas.
- An alarm system was turned off after the release “to avoid causing panic”.

Χρησιμοποιώντας το GHS για την αξιολόγηση των χημικών τοξικών κινδύνων

Hydrogen sulfide, a very toxic gas, was being used in an experiment within a chemical hood. The hydrogen sulfide gas cylinder was too large to fit into the hood and it was attached adjacent to, but outside, the hood. The laboratory worker detected the characteristic “rotten egg” odor of hydrogen sulfide and tried unsuccessfully to find the source. He evacuated the laboratory and called the health and safety office for help. The health and safety team entered the laboratory using self-contained breathing apparatus and finally found the leak at the valve of the cylinder. When they could not stop the leak, they moved it to the outdoors and contacted the supplier. After receiving further instructions, they used a wrench and hammer to close the valve and stop the leak. The malfunctioning cylinder was returned to the supplier.



Χρησιμοποιώντας το GHS για την αξιολόγηση των χημικών τοξικών κινδύνων

- Το διεθνές εναρμονισμένο σύστημα GHS (Globally Harmonized System) ταξινομεί όλες τις ουσίες σύμφωνα με τους φυσικούς κινδύνους και εκείνους για την υγεία και το περιβάλλον.
- Είναι αρκετά πολύπλοκο σύστημα καθώς υπάρχουν πολλές ουσίες και αρκετοί κίνδυνοι.
- Οι κατασκευαστές και οι προμηθευτές είναι υπεύθυνοι για την ταξινόμηση των ουσιών βασισμένοι σε γνωστά δεδομένα.
- Το GHS αναγνωρίζει 16 κατηγορίες φυσικών κινδύνων, 11 κατηγορίες κινδύνων για την υγεία και 1 κατηγορία περιβαλλοντικών κινδύνων.
- **Τα SDS και οι ετικέτες περιέχουν τα δεδομένα του GHS.**
- Μικρότερος Αριθμός = Υψηλότερος Κίνδυνος
- **Η ταξινόμηση σύμφωνα με το GHS καθιστά ευκολότερη την εκτίμηση των κινδύνων μια χημικής ένωσης.**
- Για παράδειγμα: μια ουσία με $LD_{50}=125 \text{ mg/kg}$ πόσο επικίνδυνη είναι?

Οι 11 Κατηγορίες του GHS σχετικά με την Υγεία

Health hazards	GHS rating system ³ (hazard categories)	
	“Danger”	Warning”
Acute toxicity Oral Dermal Inhalation	1, 2, 3	4, 5
Skin corrosion/irritation	1A, 1B, 1C	2, 3
Serious eye damage and eye irritation	1	2A, 2B
Respiratory sensitization	1	
Skin sensitization		1
Germ cell mutagenicity	1A, 1B	2
Carcinogenicity	1A, 1B	2
Reproductive toxicity	1A, 1B	2
Target organ systemic toxicity (TOST): single exposure	1	2, 3
Target organ systemic toxicity (TOST): repeated exposure	1	2
Aspiration hazard	1	2

Κατηγορίες Οξείας Τοξικότητας κατά την κατάποση

Hazard statement	GHS hazard category (HC)	Signal word	Reported LD ₅₀ (mg/kg)	Examples (toxicity other than oral may place these chemicals in another hazard category)
Fatal if swallowed	1	Danger	≤5	Botulinum toxin, phosphorus, sarin, potassium cyanide, sodium fluoroacetate, tetrodotoxin
Fatal if swallowed	2	Danger	>5 to ≤50	Acrolein, hydrogen cyanide, osmium tetroxide, sodium azide, sodium cyanide, trimethyltin chloride
Toxic if swallowed	3	Danger	>50 to ≤300	Aniline, acrylonitrile, chromium trioxide, diethylnitrosoamine, hydrazine, methyl iodide, sodium hydroxide, trifluoroacetic acid
Harmful if swallowed	4	Warning	>300 to ≤2000	Acetaldehyde, benzene, chloroform, chloromethyl methyl ether, dichloromethane, diethyl ether, formaldehyde, phenol, pyridine
May be harmful if swallowed	5	Warning	>2000 to ≤5000	Acetic acid, carbon disulfide, carbon tetrachloride, dimethylformamide, methyl ethyl ketone, sulfuric acid, tetrahydrofuran, toluene diisocyanate

Κατηγορίες Οξείας Τοξικότητας κατά την επαφή με το δέρμα

Hazard statement	GHS hazard category (HC)	Signal word	Reported LD ₅₀ (mg/kg)	Examples (toxicity other than dermal may place these chemicals in another hazard category)
Fatal in contact with skin	1	Danger	≤50	Sodium azide, crotonaldehyde
Fatal in contact with skin	2	Danger	>50 to ≤200	Hydrazine, allyl alcohol, benzenemercaptan, chloroacetonitrile
Toxic in contact with skin	3	Danger	> 200 to ≤1000	Acrolein, acrylamide, acrylonitrile, aniline, <i>t</i> -butylhydroperoxide, ethylene dibromide, formaldehyde, hydrogen peroxide, methyl iodide, phenol
Harmful in contact with skin	4	Warning	> 1000 to ≤2000	Acetic acid, acetonitrile, hydrogen cyanide, pyridine, potassium hydroxide
May be harmful in contact with skin	5	Warning	> 2000 to ≤5000	Aluminum trichloride, dimethylformamide, hexamethylphosphosamide

Κατηγορίες Οξείας Τοξικότητας κατά την εισπνοή

Hazard statement	GHS hazard category (HC)	Signal word	Reported LC ₅₀	Examples (toxicity other than inhalation may place these chemicals in another hazard category)
Fatal if inhaled	1	Danger	≤100 ppm (gas);	Acrolein, arsine, chloromethyl methyl ether, diborane, hydrogen cyanide, hydrogen fluoride, iodine, mercury, nitrogen dioxide, ozone, toluene diisocyanate
Fatal if inhaled	2	Danger	≤ 0.5 mg/L (vapor); ≤ 0.05 mg/L (dust, mist) > 100 to ≤500 ppm (gas);	Acrylonitrile, aniline, boron trifluoride, bromine, chlorine, diazomethane, fluorine, formaldehyde, hydrogen sulfide, phosgene
Toxic if inhaled	3	Danger	> 0.5 to ≤2.0 mg/L (vapor); > 0.05 to ≤0.5 mg/L (dust, mist) > 500 to ≤2500 ppm (gas);	Ammonia, carbon monoxide, ethyl acetate, sulfur dioxide
Harmful if inhaled	4	Warning	> 2 to ≤10 mg/L (vapor); > 0.5 to ≤1 mg/L (dust, mist) > 2500 to ≤5000 ppm (gas);	dimethylformamide
May be harmful if inhaled	5	Warning	> 10 to ≤20 mg/L (vapor); > 1 to ≤5 mg/L (dust, mist) No airborne concentrations given, substances with LD ₅₀ values in range of 2000–5000 mg/kg	

Χρησιμοποιώντας το GHS για την αξιολόγηση των χημικών τοξικών κινδύνων

- Παραδείγματα:

1. **OsO₄**, χρησιμοποιείται στην ηλεκτρονική μικροσκοπία

- LD₅₀ (oral, mice) = 162 mg/kg, **Κατηγορία Κινδύνου 3**.

- Πρέπει να λαμβάνονται μέτρα ώστε να αποφεύγεται η κατάποση.



2. **Ιωδομεθάνιο (CH₃I)**, συνηθισμένο αντιδραστήριο μεθυλίωσης

- LD₅₀ (oral, rat) = 76 mg/kg, **Κατηγορία Κινδύνου 3**.

- LC₅₀ (inhalation, rat) = 1.3 mg/L, **Κατηγορία Κινδύνου 2**.

- Πρέπει να χρησιμοποιείται μέσα στον απαγωγό φορώντας γάντια.

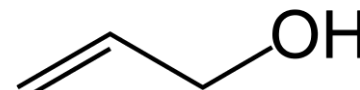
3. **Αλλυλική Αλκοόλη**, χρησιμοποιείται στη σύνθεση

- LD₅₀ (oral, mouse) = 85 mg/kg, **Κατηγορία Κινδύνου 3**.

- LC₅₀ (inhalation, rat) = 165-520ppm, **Κατηγορία Κινδύνου 2**.

- LD₅₀ (dermal, rat) = 45 mg/kg, **Κατηγορία Κινδύνου 1**.

- Πρέπει να είμαστε ιδιαίτερα προσεκτικοί ώστε να μην έρθει σε επαφή με το δέρμα.



Χρησιμοποιώντας το GHS για την αξιολόγηση των χημικών τοξικών κινδύνων

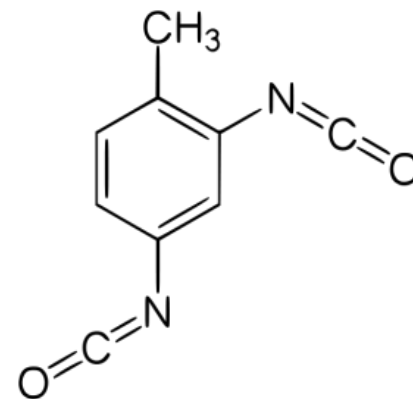
4. Διθειάνθρακας (CS₂), οργανικός διαλύτης

- LD₅₀ (oral, rat) = 3188 mg/kg, **Κατηγορία Κινδύνου 5.**
- LC₅₀ = 10–25 g/m³, **Κατηγορία Κινδύνου 4.**
- **Εξαιρετικά εύφλεκτος διαλύτης.**
- Πρέπει να λαμβάνονται μέτρα ώστε να εξαλείφονται οι πιθανές πηγές ανάφλεξης.



5. Toluene diisocyanate (TDI)

- LD₅₀ (oral, rat) = 2060 mg/kg, **Κατηγορία Κινδύνου 5.**
- LC₅₀ = 0.06–0.35 mg/L, **Κατηγορία Κινδύνου 1.**
- Ισχυρά διαβρωτικό για το δέρμα και τα μάτια.
- Πρέπει να χρησιμοποιείται μέσα στον απαγωγό, φορώντας γάντια, γυαλιά, κτλ.



➤ Σε περίπτωση που δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα:

- Πρέπει να λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα προστασίας.
- Η υπερ-προστασία μπορεί να είναι συνετή αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να είναι απλά χάσιμο χρόνου και χρήματος.

Οριακές Τιμές Επαγγελματικής Έκθεσης (OEL)

A chemistry student went to the university clinic complaining of chronic fatigue, headaches, and mental lethargy. After no significant findings from the usual examinations and testing, the physician learned that the student had been in contact with mercury vapor. Urinary testing revealed that the student had chronic mercury poisoning. Further investigation within the chemistry department revealed widespread mercury contamination, probably from spills with mercury droplets being visible in some laboratories. Air concentrations ranged as high as 1 mg/m^3 . (At that time the recommended Occupational Exposure Limits OEL for mercury was 0.1 mg/m^3 ; today it's 0.025 mg/m^3 .) Of 28 patients 26 had abnormal elevated levels of mercury in their urine. Two other students, besides the initial case, also exhibited clinical chronic mercury poisoning. Decontamination with a mercury vacuum decreased mercury levels to acceptable limits.

Οριακές Τιμές Επαγγελματικής Έκθεσης (OEL)

- Οι οριακές τιμές επαγγελματικής έκθεσης (OEL) είναι πρότυπα που έχουν αναπτυχθεί ως οδηγίες για το έλεγχο των κινδύνων στην υγεία ώστε να καθοριστούν τα ασφαλή επίπεδα έκθεσης.
- Οι OEL έχουν αναπτυχθεί κυρίως για τις βιομηχανικές εκθέσεις που συνήθως είναι υψηλότερες σε σχέση με το εργαστήριο.
- Υψηλές τιμές στο εργαστήριο όταν δεν τηρούμε τα απαραίτητα μέτρα προφύλαξης (απαγωγός) ή υπάρχει κάποια διαρροή.
- Οι OEL είναι εθελοντικές και δεν αποτελούν υποχρεωτικά όρια.
- Ορισμένες χώρες τις έχουν υιοθετήσει και τις έχουν συμπεριλάβει σε διάφορους νόμους και κανονισμούς.
- Οι OEL τις περισσότερες φορές εστιάζουν σε μια μοναδική επίπτωση που μπορεί να έχει μια ουσία στην υγεία και όχι στην ολιστική προσέγγιση.
- Έχουν χρησιμοποιηθεί διάφοροι όροι από χώρες ή οργανισμούς προκειμένου να περιγράψουν τις δικές τους οριακές τιμές OEL.

Οριακές Τιμές Επαγγελματικής Έκθεσης (OEL)

- Το πιο διαδεδομένο σύστημα είναι το **TLVs (Threshold Limit Values)**.
- **TLV** = Μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση (οριακή τιμή) μιας ουσίας στον εργασιακό χώρο που δεν επιτρέπεται να ξεπερασθεί.
- Διακρίνονται 3 είδη TLVs:
 - 1. TLV – TWA (Threshold Limit Value – Time Weighted Average)**
 - Μέση τιμή των συγκεντρώσεων μιας ουσίας στο δωρο μιας εργάσιμης μέρας (και για 40 ώρες εργασίας την εβδομάδα) στην οποία οι εργαζόμενοι μπορούν να εκτίθενται επανειλημμένα και καθημερινά χωρίς εμφάνιση ανεπιθύμητων ενεργειών.
 - 2. TLV – STEL (Threshold Limit Value – Short Term Exposure Limit)**
 - Μέγιστη συγκέντρωση στην οποία οι εργαζόμενοι μπορεί να εκτεθούν για 15min χωρίς να υποστούν: i) ερεθιστική επίδραση της ουσίας, ii) μη ανατάξιμη βλάβη των ιστών και iii) καταστολή του κεντρικού νευρικού συστήματος (νάρκωση).
 - 3. TLV – C (Threshold Limit Value – Ceiling)**
 - Συγκέντρωση που δεν επιτρέπεται να ξεπερασθεί ούτε στιγμιαία.

Οριακές Τιμές Επαγγελματικής Έκθεσης (OEL)

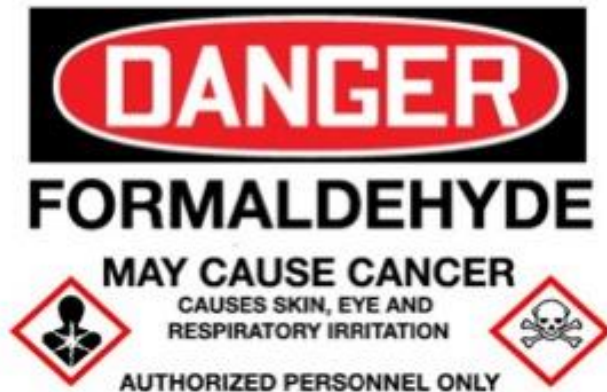
- Οι οριακές τιμές έκθεσης (TLVs) καθορίζονται από τους εξής φορείς:
 1. Την **ACGIH** (American Conference of Governmental Industrial Hygienists).
 2. Το Ινστιτούτο Επαγγελματικής Ασφάλειας και Υγείας των ΗΠΑ (**NIOSH**) (National Institute for Occupational Safety and Health – USA).
 - Οι τιμές TLVs διαφοροποιούνται συχνά και επανακαθορίζονται με αξιολόγηση των νέων δεδομένων που προκύπτουν από αναφορές περιστατικών και από τα δεδομένα της διεθνούς βιβλιογραφίας.
 - Για παράδειγμα το Βινυλοχλωρίδιο.
 1. Από την ACGIH προτάθηκε αρχικά η τιμή των 25 ppm (80 mg/m³).
 2. Από την ίδια ομάδα προτάθηκε αργότερα η τιμή των 10 ppm.
 3. Από την NIOSH προτείνεται η τιμή 1 ppm.
- **Βρίσκοντας τα δεδομένα OEL:** από το SDS και το site <https://toxnet.nlm.nih.gov/>

Παραδείγματα Οριακών Τιμών Έκθεσης (TLVs)

Chemical name	TLVs
Acetic acid	TWA 10 ppm; STEL 15 ppm
Acetone	TWA 500 ppm*; STEL 750 ppm
Acetonitrile	TWA 20 ppm*
Ammonia	TWA 25 ppm*; STEL 35 ppm
Benzene	TWA 0.5 ppm*; STEL 2.5 ppm
Bromine	TWA 0.1 ppm; STEL 0.2 ppm
Carbon disulfide	TWA 1 ppm*
Carbon monoxide	TWA 25 ppm*
Dichloromethane	TWA 50 ppm ^b
Diethyl ether	TWA 400 ppm; STEL 500 ppm;
Formaldehyde	TWA C 0.3 ppm*
Hexane (<i>n</i> -hexane)	TWA 50 ppm*
Hydrogen cyanide	C 4.7 ppm*
Mercury (vapor)	TWA 0.025 mg/m ³ *
Phenol	TWA 5 ppm
Toluene diisocyanate	TWA 0.005 ppm*; STEL 0.02 ppm

Μέτρηση της Χημικής Έκθεσης

Laboratory technicians preparing samples for histological examination were using a hood. During this procedure they were exposed to formaldehyde. Air sampling revealed average concentrations between 3 ppm and 7 ppm with highest air concentrations around 11 ppm. These concentrations exceeded a 1-ppm NIOSH ceiling value for a 30-minute sampling period. Modifications were made to the hood so that the face velocities in varied sash positions effectively captured vapors in the hood, as demonstrated by smoke tubes. Follow-up sampling of airborne concentrations were below the detection limit of 0.5 ppm.



Μέτρηση της Χημικής Έκθεσης

- Υπάρχουν ελάχιστες περιπτώσεις που πραγματοποιείται συνεχής καταγραφή της συγκέντρωσης ορισμένων ουσιών:
 1. Επίπεδα O_2 σε περιορισμένους χώρους.
 2. Επίπεδο CO στα σπίτια χρησιμοποιώντας εμπορικά διαθέσιμους ανιχνευτές.
 3. Εργαστήρια που διαθέτουν ραδιενεργά υλικά. Το προσωπικό πρέπει να φορά κατάλληλα σήματα (μετρητές ραδιενέργειας).
- Το κόστος της ανίχνευσης ουσιών στο εργαστηριακό περιβάλλον είναι υψηλό και δεν είναι εύκολο να προσδιορίζονται πολλές ουσίες ταυτόχρονα.
- **Απαιτείται η πραγματοποίηση μετρήσεων όταν υπάρξει υπόνοια ότι η συγκέντρωση μιας ουσίας έχει ξεπεράσει τα επιτρεπτά όρια έκθεσης.**
- Συνήθως κάποιος εργαζόμενος εμφανίζει ορισμένα ανεπιθύμητα συμπτώματα.

Μέτρηση της Χημικής Έκθεσης μέσω Αέριας Δειγματοληψίας

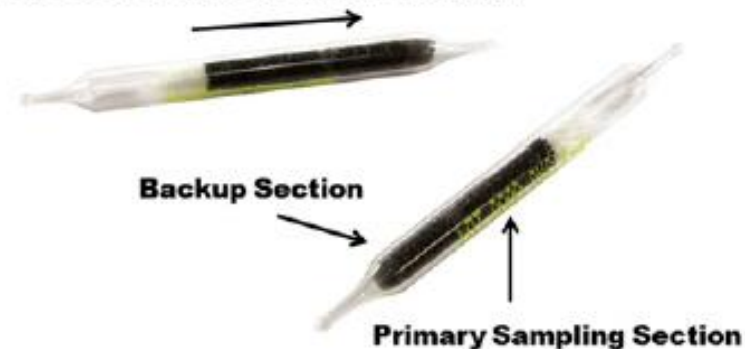
- Τα παλαιότερα χρόνια χρησιμοποιούνταν καναρίνια για την ανίχνευση επικίνδυνων ουσιών στην ατμόσφαιρα (πχ. ανθρακωρυχεία).
- **Σήμερα υπάρχουν δυο τύποι δειγματοληπτών:**

1. Ενεργοί Δειγματολήπτες:

- Εισάγεται γνωστή ποσότητα αέρα στο δειγματολήπτη με τη βοήθεια αντλίας.
- Οι ουσίες προσροφούνται από ένα στερεό υλικό (συνήθως ενεργό άνθρακα) ή διαλύονται σε ένα κατάλληλο διαλύτη.
- Οι προσροφημένες ουσίες λαμβάνονται από το στερεό υλικό προσρόφησης ξεπλένοντας με έναν οργανικό διαλύτη.
- Στη συνέχεια προσδιορίζεται η συγκέντρωσή τους με αέρια ή υγρή χρωματογραφία.



Direction of air flow during sampling



Μέτρηση της Χημικής Έκθεσης

2. Παθητικοί Δειγματολήπτες:

- Βασίζονται στη διάχυση μιας ουσίας από τον αέρα στο δειγματολήπτη.
- Τα τελευταία χρόνια γίνονται περισσότερο διαδεδομένοι.
- Οι περισσότεροι περιλαμβάνουν μια χρωματική αλλαγή καθιστώντας εύκολη την ανίχνευση μια ουσίας.
- Ο ρυθμός διάχυσης για κάθε συσκευή προσδιορίζεται από τον κατασκευαστή.
- **Βιολογική μέτρηση της χημικής έκθεσης:**
- Υπάρχουν περιπτώσεις που απαιτούνται μετρήσεις σε βιολογικό υλικό (αίμα, ούρα, κτλ). Χρησιμοποιείται ευρέως στο αθλητισμό.
- Συνήθως χρησιμοποιούνται για να επιβεβαιώσουν την έκθεση σε μια χημική ουσία.
- Μπορεί να μην ανιχνευτεί η αρχική ένωση αλλά ο μεταβολίτης της.
- Είναι δυνατή η συσχέτιση της συγκέντρωσης μια ουσία στο σώμα με παρατηρούμενες επιπτώσεις στην υγεία.



Εκτίμηση Κινδύνων σε Νέα Πειράματα

- Ο σχεδιασμός της ασφάλειας ενός καινούριου πειράματος πρέπει να γίνει πριν ξεκινήσουμε το πείραμα.
- Τα βήματα που πρέπει να ακολουθήσουμε είναι τα εξής:

1. Αναγνωρίζω τους χημικούς κινδύνους.

- Βρίσκω πληροφορίες (από τα SDS) για τους κινδύνους των αντιδραστηρίων, των διαλυτών και των πιθανών προϊόντων.
- Για δραστικά χημικά ανατρέχω στην κατάλληλη βιβλιογραφία.
- Συμβουλευόμαι τον υπεύθυνο του εργαστηρίου ή κάποιον με μεγαλύτερη εμπειρία στη χρήση των συγκεκριμένων ουσιών.
- Αναγνωρίζω τις τοξικές και επικίνδυνες για την υγεία ουσίες.
- Αναγνωρίζω τον τύπο του κινδύνου για κάθε ουσία.
- Εάν δεν υπάρχουν διαθέσιμα δεδομένα, εξετάζω την επικινδυνότητα δομικά παρόμοιων χημικών ουσιών.

Εκτίμηση Κινδύνων σε Νέα Πειράματα

2. Αναγνωρίζω τους φυσικούς και βιολογικούς κινδύνους.

- Αναγνωρίζω μη συνηθισμένες συνθήκες αντίδρασης (υψηλή θερμοκρασία ή πίεση).
- Αναγνωρίζω αέρια σε υψηλή πίεση που μπορεί να χρησιμοποιηθούν.
- Αναγνωρίζω κινδύνους από ακτινοβολία (laser) ή ηλεκτρισμό.
- Αναγνωρίζω εξοπλισμό με πηγή ακτινοβολίας X-ray.
- Αναγνωρίζω τους βιολογικούς κινδύνους.

3. Αναγνωρίζω τους κινδύνους του εξοπλισμού.

- Εξασφαλίζω ότι έχω λάβει κατάλληλη εκπαίδευση για τη σωστή και ασφαλή χρήση του εξοπλισμού.
- Εξασφαλίζω ότι ο εξοπλισμός είναι κατάλληλος για το πείραμα.
- Βρίσκω πληροφορίες σχετικά με τους κινδύνους του εξοπλισμού από τον κατασκευαστή.
- Ελέγχω τον εξοπλισμό για τυχόν ζημιές.

Εκτίμηση Κινδύνων σε Νέα Πειράματα

4. Αξιολογώ πιθανούς τρόπους έκθεσης σε αυτούς τους κινδύνους.

- Αναγνωρίζω πιθανούς τρόπους εισπνοής, και επαφής με το δέρμα ή τα μάτια, συνυπολογίζοντας την πιθανότητα έκρηξης.
- Εκτιμώ ποια χημικά παρουσιάζουν την υψηλότερη επικινδυνότητα (εύφλεκτα, δραστικά, ασταθή, τοξικά) και την ποσότητά τους.

5. Ελαχιστοποιώ την πιθανότητα έκθεσης στους κινδύνους.

- Χρησιμοποιώ τις ελάχιστες ποσότητες από όλα τα επικίνδυνα χημικά.
- Εξαλείφω την πιθανότητα κατάποσης αποφεύγοντας να τρώω να πίνω ή να λαμβάνω φάρμακα μέσα στο εργαστήριο.
- Εξαλείφω την πιθανότητα επαφής με τα μάτια φορώντας κατάλληλα προστατευτικά γυαλιά.
- Πραγματοποιώ τις καινούριες αντιδράσεις σε μικρή κλίμακα.
- Αναγνωρίζω εξοπλισμό, μεθόδους, πρακτικές και προσωπικά μέτρα ασφάλειας ώστε να περιοριστεί ή έκθεση σε έναν πιθανό κίνδυνο.

Εκτίμηση Κινδύνων σε Νέα Πειράματα

6. Προετοιμάζομαι για καταστάσεις έκτακτης ανάγκης.

- Αναγνωρίζω διαδικασίες που πρέπει να ακολουθηθούν σε περίπτωση που συμβεί κάποιο ατύχημα.
- Αναγνωρίζω και εντοπίζω την εξοπλισμό ασφαλείας (πυρκαγιά, χημική διαρροή, κτλ).
- Μαθαίνω πώς να χρησιμοποιώ τον εξοπλισμό ασφαλείας.
- Αναγνωρίζω και μαθαίνω τις διαδικασίες παροχής πρώτων βοηθειών.