

**ΜΑΘΗΜΑ:** Συστήματα Γνώσης  
**ΕΡΓΑΣΙΑ:** 2<sup>η</sup>  
**ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ:** 0 – 20  
**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΗΣ:** 14/12/2023  
**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ:** 21/01/2024  
**ΤΡΟΠΟΣ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ:** Upload στο [elearning.auth.gr](http://elearning.auth.gr)

**ΠΡΟΣΟΧΗ:** Η εκπόνηση της 2<sup>ης</sup> εργασίας απαιτεί μόνο αυτά που είναι σημειωμένα με **κίτρινο χρώμα**. Η υπόλοιπη εκφώνηση αφορά στην 1<sup>η</sup> εργασία, η οποία έχει ήδη υλοποιηθεί και παρατίθεται μόνο για κατανόηση του συνολικού προβλήματος.

### Περιγραφή του Προβλήματος

Μία εταιρία χημικών προϊόντων έχει ένα πρόβλημα εντοπισμού της πηγής χημικών μολύνσεων στο εργοστάσιό της.

Στο εργοστάσιο διατηρούνται τα εξής χημικά:

Ελληνική ονομασία	Αγγλική ονομασία	Χημικός Συμβολισμός
Θειικό οξύ	Sulphuric acid	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Υδροχλωρικό οξύ	Hydrochloric acid	HCl
Οξικό οξύ	Acetic acid	CH <sub>3</sub> COOH
Ανθρακικό οξύ	Carbonic acid	H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
Υδροξείδιο του Νατρίου	Sodium hydroxide	NaOH
Χρωμογόνο 23	Chromogen 23	??
Υδροξείδιο του Αργιλίου	Aluminium hydroxide	Al(OH) <sub>3</sub>
Υδροξείδιο του Ρουβιδίου	Rubidium hydroxide	RbOH
Βενζίνη	Petrol	??
Πετρέλαιο	Transformer oil	??

Τα παραπάνω χημικά ανήκουν σε μία από τις 3 κατηγορίες: οξέα (acid), βάσεις (base) και έλαια (oil). Τα οξέα έχουν pH μικρότερο από 6 και οι βάσεις έχουν pH μεγαλύτερο ή ίσο του 8. Τα έλαια έχουν ουδέτερο pH (6 <= pH < 8). Τα οξέα και οι βάσεις είναι διαλυτά στο νερό, ενώ τα έλαια όχι.

Τα οξέα χωρίζονται σε ισχυρά (strong) (pH < 3) και ασθενή (weak) (3 <= pH < 6). Ισχυρά οξέα είναι το Θειικό και το Υδροχλωρικό. Τα ισχυρά οξέα προκαλούν εγκαύματα στο εκτεθειμένο δέρμα (burn skin). Το Θειικό οξύ μπορεί να διακριθεί από το φασματοσκοπικό εντοπισμό του Θείου (S). Το Υδροχλωρικό οξύ έχει μία έντονη αποπνικτική οσμή η οποία μπορεί να προκαλέσει ασφυξία (asphyxiation). Ασθενή οξέα είναι το Οξικό οξύ, το οποίο έχει οσμή ξυδιού, και το Ανθρακικό οξύ, το οποίο μπορεί να διακριθεί από το φασματοσκοπικό εντοπισμό του Άνθρακα (C).

Ομοίως, οι βάσεις διακρίνονται σε ισχυρές (pH >= 11) και ασθενείς. Ισχυρή βάση είναι το Υδροξείδιο του Νατρίου, το οποίο μπορεί να διακριθεί από το φασματοσκοπικό εντοπισμό του Νατρίου (Na). Οι ισχυρές βάσεις, όπως και τα ισχυρά οξέα, είναι διαβρωτικές.

Οι ασθενείς βάσεις είναι το Χρωμογόνο 23, το Υδροξείδιο του Αργιλίου, και το Υδροξείδιο του Ρουβιδίου. Το Χρωμογόνο 23 είναι έχει κόκκινο χρώμα, ενώ το Υδροξείδιο του Αργιλίου είναι λευκό. Το Χρωμογόνο 23 είναι ελαφρύτερο από το νερό, ενώ το Υδροξείδιο του Αργιλίου βαρύτερο. Το νερό έχει ειδικό βάρος 1.0, συνεπώς τα χημικά που είναι ελαφρύτερα/βαρύτερα έχουν ειδικό βάρος μικρότερο/μεγαλύτερο από 1.0. Το Υδροξείδιο του Ρουβιδίου μοιάζει με το Υδροξείδιο του Αργιλίου στα ακόλουθα σημεία: α) έχει υψηλό ειδικό βάρος, και β) η φασματοσκοπία εντοπίζει μέταλλο. Επιπρόσθετα, το Υδροξείδιο του Ρουβιδίου είναι ραδιενεργό.

Τα έλαια είναι η βενζίνη και το πετρέλαιο. Τα έλαια είναι αδιάλυτα στο νερό και η φασματοσκοπία εντοπίζει Άνθρακα. Η βενζίνη είναι ελαφρύτερη από το νερό και εμφανίζει κίνδυνο ανάφλεξης/έκρηξης (explosive). Το πετρέλαιο περιέχει ισχυρά τοξικά στοιχεία PCB (highly toxic PCBs).

Για τα χημικά που δεν έχει σαφώς αναφερθεί κάτι προηγουμένως, ισχύει ότι δεν εντοπίζεται τίποτα στη φασματοσκοπία, ότι είναι άχρωμα, άοσμα, έχουν ειδικό βάρος 1.0, και δεν είναι ραδιενεργά.

**Ο σταθμός ελέγχου έχει τη δυνατότητα για τις εξής μετρήσεις:**

Ελληνικός όρος	Αγγλικός όρος	Τιμές
pH	pH	πραγματικός αριθμός [0, 14]
διαλυτότητα	solubility	διαλυτό/αδιάλυτο (soluble/insoluble)
φασματοσκοπία	spectroscopy	Κανένα, ένα ή περισσότερα από τα ακόλουθα στοιχεία: Άνθρακας/θείο/μέταλλο/νάτριο (carbon/sulphur/metal/sodium)
χρώμα	colour	Λευκό/κόκκινο/άχρωμο (White/red/none)
οσμή	smell	Αποπνικτική/ξυδιού/άοσμο (Choking/vinegar/none)
ειδικό βάρος	Specific gravity	πραγματικός αριθμός [0.9, 1.1]
ραδιενέργεια	radioactivity	υπάρχει ή όχι

Ο σταθμός ελέγχου αναφέρει μόνο τις μετρήσεις για τις οποίες είναι 100% σίγουρος, δηλαδή δεν υπάρχει αβεβαιότητα στην ορθότητα της μέτρησης. Τα δεδομένα που αναφέρονται από το σταθμό πρέπει να θεωρούνται 100% αξιόπιστα, δηλαδή όταν εμφανίζεται κάποια μόλυνση και πρέπει να αναζητηθεί το(-α) συγκεκριμένο(-α) χημικό(-ά) που προκάλεσε(-αν) τη μόλυνση, αυτό(-α) πρέπει να εξηγεί(-ούν) όλες τις αναφερθείσες μετρήσεις.

Τα χημικά βρίσκονται αποθηκευμένα στις ακόλουθες αποθήκες (store):

Αποθήκη 1: Θεικό οξύ, Βενζίνη

Αποθήκη 2: Υδροχλωρικό οξύ, Οξικό οξύ

Αποθήκη 3: Υδροξείδιο του Ρουβιδίου, Πετρέλαιο

Αποθήκη 4: Ανθρακικό οξύ, Οξικό οξύ, Βενζίνη

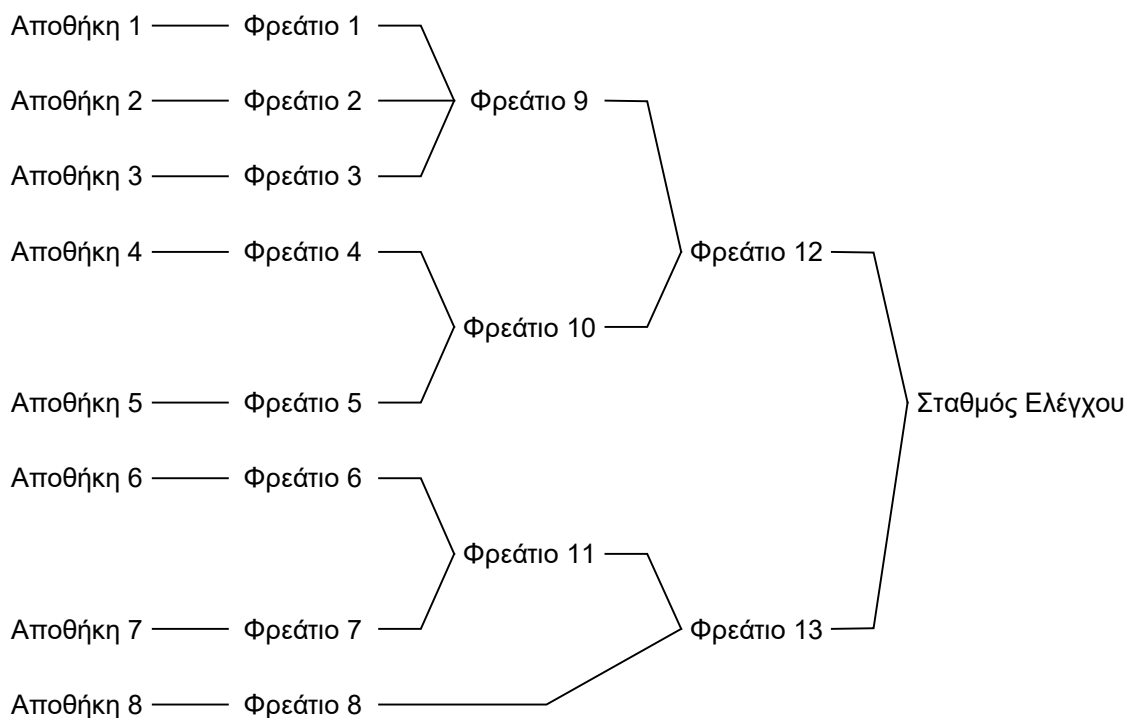
Αποθήκη 5: Χρωμογόνο 23, Θεικό οξύ, Βενζίνη

Αποθήκη 6: Υδροξείδιο του Αργιλίου, Πετρέλαιο, Ανθρακικό οξύ

Αποθήκη 7: Υδροχλωρικό οξύ, Θεικό οξύ

Αποθήκη 8: Οξικό οξύ, Ανθρακικό οξύ, Υδροξείδιο του Νατρίου

Η μόλυνση προκαλείται από τη διαφυγή κάποιου χημικού από κάποια αποθήκη μέσω ενός συστήματος αποχέτευσης σε ένα παρακείμενο ποτάμι. Το σύστημα αποχέτευσης φαίνεται στο ακόλουθο σχήμα:



Ένας ειδικός στις χημικές μολύνσεις δουλεύει ως εξής. Αρχικά προσπαθεί να εντοπίσει το χημικό που προκάλεσε τη μόλυνση ταυτοποιώντας (ταιριάζοντας) τις παρατηρούμενες μετρήσεις με τις γνωστές ιδιότητες των χημικών. Στη φάση αυτή μπορεί να εντοπίσει με σιγουριά το ένα και μοναδικό χημικό που

προκάλεσε τη μόλυνση, αλλά μπορεί και όχι, δηλαδή μπορεί περισσότερα του ενός χημικά να είναι υποψήφια. Στη συνέχεια ο ειδικός εξετάζει το σύστημα αποχέτευσης αντίστροφα, δηλαδή από το ποτάμι και το σταθμό ελέγχου (monitoring station) προς τις αποθήκες. Γνωρίζοντας πού βρίσκεται αποθηκευμένο το κάθε χημικό μπορεί να περιορίσει τις πιθανές διαδρομές. Παρόλα αυτά υπάρχει πιθανότητα η γνώση αυτή να μην είναι ικανή να τον βοηθήσει να εντοπίσει τη μία και μοναδική πηγή (αποθήκη) από όπου προέρχεται η μόλυνση. Στην περίπτωση αυτή μπορεί να χρειαστεί να ανοίξει κάποιο ή κάποια φρεάτια (manhole) για να διαπιστώσει αν υπάρχει μόλυνση ή όχι. Θεωρούμε ότι η ύπαρξη μόλυνσης ή όχι σε ένα φρεάτιο είναι απλή υπόθεση και μπορεί εύκολα να απαντηθεί με ένα ναι ή όχι, χωρίς χημική ανάλυση ή κάποια άλλη μέθοδο πέραν της απλής επιθεώρησης.

### Απαιτήσεις της Εργασίας:

Έχετε ήδη μοντελοποιήσει με τη χρήση του εργαλείου Protégé όλη τη «στατική» γνώση του παραπάνω προβλήματος, δηλαδή την οντολογία των χημικών, των αποθηκών και του συστήματος αποχέτευσης.

Στη συνέχεια, να αναπτύξετε ένα σύστημα γνώσης σε CLIPS το οποίο:

- A) να χρησιμοποιεί τη στατική γνώση που αναπτύχθηκε στο Protégé, ενσωματώνοντάς την σε ένα αρχείο CLIPS, χρησιμοποιώντας τις οδηγίες για την μετατροπή των αρχείων pont και pins που υπάρχουν στο elearning.auth (<https://elearning.auth.gr/mod/resource/view.php?id=260136>) και
- B) να κωδικοποιεί όλη την παραπάνω δυναμική γνώση και να επιλύει το πρόβλημα του εντοπισμού του είδους και της πηγής της μόλυνσης.

Το σύστημα γνώσης, χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες (μετρήσεις) που καταγράφει ο σταθμός ελέγχου, θα πρέπει να:

1. Εντοπίζει το(-α) χημικό(-ά) το(-α) οποίο(-α) προκάλεσε(-αν) τη μόλυνση στο ποτάμι. Το πρόγραμμα θα πρέπει να αναφέρει στην οθόνη τα ονόματα των χημικών, καθώς και τους πιθανούς κινδύνους που σχετίζονται με κάθε ένα από αυτά.
2. Εντοπίζει την αποθήκη η οποία αποτελεί την πηγή της μόλυνσης. Για το σκοπό αυτό το πρόγραμμα μπορεί να ρωτά το χρήστη για την ύπαρξη ή όχι μόλυνσης σε κάποιο συγκεκριμένο φρεάτιο (ή και σε περισσότερα). Πάντα, το πρόγραμμα πρέπει να ρωτάει ερωτήσεις έως ότου καταλήξει σε μία μόνο αποθήκη η οποία προκαλεί τη μόλυνση.

Το πρόγραμμά σας δεν θα πρέπει να περιορίζεται από το συγκεκριμένο αριθμό χημικών, αποθηκών και συστήματος αποχέτευσης. Θα πρέπει να είναι γενικό, έτσι ώστε εύκολα κανείς να μπορεί να αλλάξει τη γνώση για τα χημικά, τις αποθήκες και το σύστημα αποχέτευσης και να μπορεί να αντιμετωπίσει πολύ μεγαλύτερης κλίμακας προβλήματα μόλυνσης. Αυτό πρακτικά σημαίνει πως το να ελέγξει κανείς "τυφλά" όλα τα φρεάτια από 1 έως 8 δεν είναι μια ικανοποιητική λύση στο πρόβλημα.

Το πρόγραμμα θα πρέπει να είναι σε θέση να επιλύει σωστά τουλάχιστον τις ακόλουθες περιπτώσεις (χωρίς αυτό να σημαίνει πως δεν θα επιλύει και άλλες), οι οποίες φαίνονται και στα παραδείγματα εκτέλεσης:

1. Η φασματοσκοπία εντοπίζει μέταλλο και υπάρχει ραδιενέργεια.
2. Το χημικό είναι αδιάλυτο στο νερό με ειδικό βάρος 0.95.
3. Το pH του χημικού είναι 2.

### Παράδειγμα Εκτέλεσης 1:

```
CLIPS> (reset)
```

```
CLIPS> (run)
```

```
Gia poies metriseis tha dothoyn times? (pH solubility spectrometry colour smell  
specific_gravity radioactivity) spectrometry radioactivity
```

```
Einaí radienergós h molinsh? (yes, no) yes
```

```
Ti deixnei h fasmatoskopia gia th molinsh? (none, sulphur, carbon, sodium, metal)  
metal
```

```
To xhmiko poy prokalese th molynsh pithanon na einai to rubidium_hydroxide
```

```
H phgh ths molynshs einai h apothiki store_3
```

### Παράδειγμα Εκτέλεσης 2:

CLIPS> (**reset**)

CLIPS> (**run**)

Gia poies metriseis tha dothoyn times? (pH solubility spectrometry colour smell specific\_gravity radioactivity) **solubility specific\_gravity**

Poio einai to eidiko baros ths molinsis? (0.9 - 1.1) **0.95**

Poia einai h dialytothta ths molinsis? (soluble, insoluble) **insoluble**

Yparxei molysh sto freatio manhole\_10? (yes/no) **yes**

Yparxei molysh sto freatio manhole\_5? (yes/no) **no**

To xhmiko poy prokalese th molysh pithanon na einai to petrol

Pithanoi kindynoi: explosive

H phgh ths molyshs einai h apothiki store\_4

### **Παράδειγμα Εκτέλεσης 3:**

CLIPS> (**reset**)

CLIPS> (**run**)

Gia poies metriseis tha dothoyn times? (pH solubility spectrometry colour smell specific\_gravity radioactivity) **pH**

Poio einai to pH ths molinsis? (0 - 14) **2**

Yparxei molysh sto freatio manhole\_13? (yes/no) **yes**

To xhmiko poy prokalese th molysh pithanon na einai to sulphuric\_acid

Pithanoi kindynoi: burns\_skin

To xhmiko poy prokalese th molysh pithanon na einai to hydrochloric\_acid

Pithanoi kindynoi: asphyxiation burns\_skin

H phgh ths molyshs einai h apothiki store\_7

### **Παρατηρήσεις**

- Η εργασία αυτή μπορεί να γίνει (προαιρετικά) σε ομάδες έως 3 φοιτητών/φοιτητριών.
  - ο Ο βαθμός της εργασίας θα είναι κοινός για όλους τους φοιτητές της ομάδας.
- Στην αρχή του αρχείου **.clp** **υποχρεωτικά** να περιλαμβάνονται σε σχόλια ο αριθμός μητρώου και το ονοματεπώνυμο των φοιτητών της ομάδας.
- Ο κώδικας θα πρέπει να είναι **υποχρεωτικά** σχολιασμένος, εξηγώντας τους αλγορίθμους και τον τρόπο σκέψης.
  - ο Εναλλακτικά θα μπορούσατε να συντάξετε ένα μικρό κείμενο (π.χ. σε Word) στο οποίο θα περιγράφεται σύντομα ο τρόπος σκέψης και οι αλγόριθμοι που υλοποιήσατε. Στην περίπτωση αυτή, επίσης στην αρχή του κειμένου να περιλαμβάνονται οι αριθμοί μητρώου και τα ονοματεπώνυμα των φοιτητών της ομάδας.
- Ο πηγαίος κώδικας του προγράμματος να γίνει upload **1 μόνο φορά** από έναν από τους φοιτητές της ομάδας στο elearning.auth.gr.
  - ο Το όνομα του αρχείου να είναι **'AEM1-AEM2-AEM3.clp'**, π.χ. **123-456-789.clp**.
  - ο Σε περίπτωση που υπάρχει και αρχείο DOC, τότε θα πρέπει να συμπιεστούν όλα τα αρχεία μέσα σε 1 ZIP ή RAR αρχείο με όνομα **'AEM1-AEM2-AEM3.zip'**, π.χ. **123-456-789.zip**.
- Το πρόγραμμα θα πρέπει να κατατοπίζει τον χρήστη κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του, δηλαδή πρέπει να τυπώνει κατάλληλα μηνύματα.
- Το πρόγραμμα μπορεί να αναπτυχθεί σε 2 στάδια: του εντοπισμού του χημικού και του εντοπισμού της αποθήκης.
  - ο Τα 2 αυτά στάδια μπορούν να αντιμετωπισθούν ξεχωριστά, το ένα μετά το άλλο (με προφανή σειρά).
- Για να ενσωματώσετε τη στατική γνώση (οντολογίες/πλαισία) που αναπτύξατε στην πρώτη εργασία στο Protégé μέσα ένα αρχείο CLIPS, χρησιμοποιήστε τις οδηγίες για τη μετατροπή των αρχείων pont και pins που υπάρχουν στο elearning.auth (<https://elearning.auth.gr/mod/resource/view.php?id=260136>).
  - ο Διευκρινίζεται ότι μπορείτε να κάνετε όσες αλλαγές θέλετε στη στατική αυτή γνώση, είτε μέσω του Protégé είτε απευθείας στο αρχείο CLIPS.