

# Ουσίες και Χημικές Οντότητες

## Μια διδακτική προσέγγιση

### Οδηγίες για τον εκπαιδευτικό

#### **Γενικά**

Η Χημεία είναι η επιστήμη που ασχολείται με τη μελέτη της σύστασης των ουσιών καθώς και με τις μεταβολές τους κατά τις αλληλεπιδράσεις τους. Οι ουσίες δεν είναι κάτι το "γυμνό", αλλά χαρακτηρίζονται από ένα σύνολο ιδιοτήτων. Η φυσική κατάσταση, η μάζα, ο όγκος, το ηλεκτρικό φορτίο, το χρώμα, η οσμή είναι μερικές ιδιότητες με τις οποίες είναι εξοικειωμένοι σε αρκετό βαθμό οι μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης των πρώτων χρόνων. Αλλά και άλλες ιδιότητες όπως το ιξώδες, η ενθαλπία, η ηλεκτρονιακή κατάσταση διδάσκονται στα τελευταία χρόνια της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και στα πρώτα χρόνια της πανεπιστημιακής. Γίνεται λοιπόν φανερό ότι μια ουσία ορίζεται από το σύνολο των ιδιοτήτων της. Είναι επίσης κατανοητό ότι όσες πιο πολλές ιδιότητες γνωρίζουμε για μια ουσία τόσο πιο καλά τη γνωρίζουμε, άρα μπορούμε να προβλέψουμε και τη συμπεριφορά της κατά την αλληλεπίδρασή της με άλλες ουσίες. Το σύνολο των ιδιοτήτων που έχει μια ουσία και το οποίο είναι υπεύθυνο για τη χημική συμπεριφορά της θα το ονομάσω **χημική οντότητα**.

Οι χημικές οντότητες πρέπει κατά τη γνώμη μου να παίξουν θεμελιώδη ρόλο στη διδασκαλία της Χημείας. Τα τελευταία χρόνια έχουμε γίνει μάρτυρες μιας αλλαγής στον τρόπο προσέγγισης της διδασκαλίας της Χημείας κυρίως στο Γυμνάσιο. Προσπαθούμε πιο πολύ να δείξουμε τη σχέση της Χημείας με την καθημερινή ζωή, με το περιβάλλον, την υγεία, την οικονομία κ.α και ασχολούμαστε λιγότερο με τον "παραδοσιακό τρόπο" διδασκαλίας. Δεν είναι στις προθέσεις μου η κριτική του νέου τρόπου προσέγγισης της διδασκαλίας (άλλωστε συμφωνώ γενικά με αυτόν), αλλά νομίζω ότι κατά τη διδασκαλία του "παραδοσιακού" τμήματος της Χημείας που υπάρχει στη διδακτέα ύλη πρέπει να δοθεί έμφαση σε αυτό που αποκάλεσα παραπάνω **χημική οντότητα**.

Για να γίνω σαφέστερος θα παραθέσω την εμπειρία μου από τη διδασκαλία της Χημείας Γ' Γυμνασίου αναφέροντας μια κοινή παρανόηση των μαθητών και τις επιπτώσεις που έχει στην κατανόηση των χημικών αντιδράσεων. Ακολουθώντας θα προτείνω μέθοδο θεραπείας με τη χρήση των χημικών οντοτήτων.

#### **Μια συνηθισμένη μαθητική παρανόηση**

Συνηθίζω πάντα να ρωτάω τους μαθητές μου, όταν παρασκευάζουν κάποιο διάλυμα ή όταν πρόκειται να χρησιμοποιήσουν κάποια διαλύματα για την πραγματοποίηση χημικών αντιδράσεων: *"Τι υπάρχει μέσα σε αυτό το μπουκάλι;"* Η απάντηση έρχεται σχεδόν αμέσως. *"Υπάρχει υδροχλωρικό οξύ"* ή *"Υπάρχει διάλυμα υδροχλωρικού οξέος"*. Όμως τα πράγματα δυσκολεύουν αρκετά όταν προχωρώ στην αμέσως επόμενη ερώτηση: *"Ναι, αλλά ποια ξεχωριστά σώματα υπάρχουν μέσα σε αυτό μπουκάλι;"* Σε αυτό το ερώτημα η απάντηση έρχεται αργότερα και αφού έχει προηγηθεί μια συζήτηση για τα διαλύματα, τις ιδιότητες του νερού, τη σύσταση και τη διάσταση των οξέων. *"Πράγματι, μέσα σε αυτό το μπουκάλι υπάρχουν νερό, κατιόντα υδρογόνου και ανιόντα χλωρίου"*.

Από τα παραπάνω γίνεται φανερό ότι οι μαθητές (**οι δικοί μου τουλάχιστον**) αδυνατούν να αντιληφθούν τι συμβαίνει μέσα σ' αυτό το διαφανές υγρό που είναι κλεισμένο σ' ένα μπουκάλι που απ' έξω γράφει: *"Υδροχλωρικό οξύ"*.

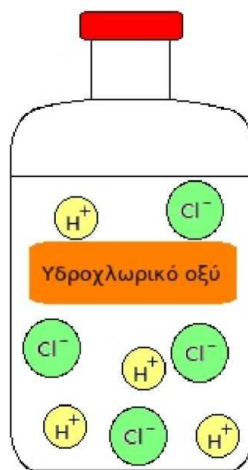
---

<sup>1</sup> Ή και υδροξειδία

Οι παρακάτω δύο εικόνες απεικονίζουν την εντύπωση που έχουν συνήθως οι μαθητές και μια πιο λειτουργική εντύπωση που θα πρέπει να έχουν.



**Εικόνα 1:** Οι μαθητές αντιλαμβάνονται αυτό που υπάρχει στο μπουκάλι απλά σαν ένα υγρό. Οι πιο φαγμένοι μαθητές μπορεί να αποδώσουν σ' αυτό τις γνωστές όξινες ιδιότητες.



**Εικόνα 2:** Μια πιο λειτουργική αντίληψη για το υγρό "υδροχλωρικό οξύ" που υπάρχει μέσα στο μπουκάλι. Η αντίληψη αυτή επιτρέπει να γίνουν λογικές συσχετίσεις βάσει κάποιων αρχών ή δεδομένων και να οδηγήσουν σε συμπεράσματα που μπορεί να επιβεβαιωθούν ή να διαψευστούν.

Η παραπάνω αντίληψη της εικόνας 2 πιστεύω ότι μπορεί να επιτευχθεί σχετικά εύκολα από τους μαθητές, εάν αυτοί έχουν συνδέσει στις διάφορες ουσίες που συμμετέχουν στο υγρό "υδροχλωρικό οξύ" μερικές ιδιότητες:

- νερό: υγρό που προκαλεί τη διάλυση και διάσπαση πολλών ουσιών.
- υδροχλώριο: αέριο που διίσταται στο νερό σε κατιόντα υδρογόνου και ανιόντα χλωρίου.  
κατιόν υδρογόνου: άτομο υδρογόνου που έχει χάσει ένα ηλεκτρόνιο και ως εκ τούτου έχει αποκτήσει ένα στοιχειώδες θετικό φορτίο.

ανιόν χλωρίου: άτομο χλωρίου που έχει κερδίσει ένα ηλεκτρόνιο και ως εκ τούτου έχει αποκτήσει ένα στοιχειώδες αρνητικό φορτίο.

## **Ένα ζήτημα στη διδασκαλία της Χημείας**

Στην αρχή των εγχειριδίων των μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών αφιερώνεται χώρος για την παρουσίαση της **Επιστημονικής Μεθόδου**. Όμως οι αρχές της επιστημονικής μεθόδου (παρατήρηση - υπόθεση - πείραμα - επαλήθευση) απουσιάζουν σε μεγάλο βαθμό από τη διδασκαλία της Χημείας. Η Χημεία διδάσκεται ως επί το πλείστον περιγραφικά και αξιωματικά. Κατανοώ βέβαια ότι οι χημικές δομές και διαδικασίες είναι αρκετά πολύπλοκες για να μπορέσουν μικροί μαθητές να ανταποκριθούν σε μια τέτοια προσέγγιση, αλλά αξίζει όπου είναι δυνατόν να δίνουμε στη Χημεία μια ευκαιρία να χαράζει σαφή διαχωριστική γραμμή με τα άλλα γνωστικά αντικείμενα, αλλά και να φαίνεται ότι η επιστημονική μέθοδος είναι ο συνδυετικός ιστός μεταξύ των επιστημών.

Παρακάτω θα προσπαθήσω με ένα σχέδιο διδασκαλίας να προσεγγίσω την παραπάνω αντίληψη με τη χρήση των χημικών οντοτήτων. Οι χημικές οντότητες θα πρέπει να οικοδομούνται εύκολα από προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών.

## **Σχέδιο διδασκαλίας: Η απλή αντικατάσταση (Χημεία Γ' Γυμνασίου)**

Σύμφωνα με το βιβλίο Χημείας της Γ' Γυμνασίου, στις αντιδράσεις απλής αντικατάστασης ένα μέταλλο αντικαθιστά κατιόντα υδρογόνου ή κατιόντα άλλου μετάλλου σε διαλύματά τους<sup>2</sup>. Κλασικά παραδείγματα η αντίδραση μαγνησίου και κατιόντων υδρογόνου και η αντίδραση σιδήρου και κατιόντων χαλκού. Για τις ανάγκες αυτού του σχεδίου διδασκαλίας θα χρησιμοποιήσω τη δεύτερη αντίδραση. Η διδασκαλία μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε από το διδάσκοντα, είτε υπό μορφή εργαστηριακής δραστηριότητας από τους μαθητές. Όποια όμως και να είναι η περίπτωση πρέπει να εκτελεστούν τα παρακάτω βήματα:

1. Συλλογή των υλικών που θα χρησιμοποιηθούν
2. Συζήτηση για τις ιδιότητες των ουσιών. Η συζήτηση αυτή είναι αναγκαία για να οικοδομηθούν στο μυαλό των μαθητών οι αναγκαίες χημικές οντότητες.
3. Εκτέλεση του πειράματος
4. Αναγνώριση των χημικών φαινομένων (χημικών αντιδράσεων)
5. Αναγνώριση καινούργιων χημικών οντοτήτων
6. Υπόθεση για την ερμηνεία των φαινομένων
7. Έλεγχος της υπόθεσης

---

<sup>2</sup> Σαν αντιδράσεις απλής αντικατάστασης θεωρούνται και άλλες περιπτώσεις αντιδράσεων

## Υλικά για το πείραμα

Θειϊκός χαλκός (ένυδρος)



Θειϊκός σίδηρος (ένυδρος)



Απιονισμένο νερό



Χάλκινα σύρματα ή χάλκινος σωλήνας



Σιδερένιο καρφί  
(φροντίζουμε να μην είναι σκουριασμένο)



Δύο ποτήρια ζέσεως



## Οικοδόμηση χημικών οντοτήτων

**Θειϊκός χαλκός (ένυδρος):** έχει μπλε χρώμα, είναι άλας, έχει κρυσταλλική μορφή, αποτελείται από ιόντα χαλκού ( $\text{Cu}^{+2}$ ) και ιόντα θειικά ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) και έχει εγκλωβισμένα στο κρυσταλλικό του πλέγμα μόρια νερού, διαλύεται εύκολα στο νερό με σύγχρονη καταστροφή του κρυστάλλου και απελευθέρωση των ιόντων. Πρέπει να γίνει αφυδάτωση και ενυδάτωση του ένυδρου θειικού χαλκού για να αντιληφθούν οι μαθητές ότι το μπλε χρώμα οφείλεται στην παρουσία του νερού.

**Θειϊκός σίδηρος (ένυδρος):** έχει πρασινωπό χρώμα, είναι άλας, έχει κρυσταλλική μορφή, αποτελείται από ιόντα σιδήρου ( $\text{Fe}^{+2}$ ) και ιόντα θειικά ( $\text{SO}_4^{-2}$ ) και έχει εγκλωβισμένα στο κρυσταλλικό του πλέγμα μόρια νερού, διαλύεται εύκολα στο νερό με σύγχρονη καταστροφή του κρυστάλλου και απελευθέρωση των ιόντων. Πρέπει να γίνει αφυδάτωση και ενυδάτωση του ένυδρου θειικού σιδήρου για να αντιληφθούν οι μαθητές ότι το πρασινωπό χρώμα οφείλεται στην παρουσία του νερού.



Στο σημείο αυτό πρέπει να γίνει μια συζήτηση με τους μαθητές για να γίνει κατανοητό ότι το χρώμα των αλάτων οφείλεται στην συνύπαρξη των μεταλλικών κατιόντων με το νερό και όχι των θειικών ανιόντων με το νερό (αυτά είναι παρόντα και στα δύο άλατα).

**Χαλκός:** έχει κεραμιδί χρώμα, είναι στερεός, είναι μέταλλο, αποτελείται από άτομα, τάση να οξειδώνεται. Υπενθυμίζουμε στους μαθητές ότι όταν ένα μέταλλο οξειδώνεται, τα άτομά του χάνουν ηλεκτρόνια και μετατρέπονται σε κατιόντα ( $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{+2} + 2\text{e}$ ).

**Σίδηρος:** έχει σταχτί χρώμα, είναι στερεός, είναι μέταλλο, αποτελείται από άτομα, έχει τάση να οξειδώνεται. Υπενθυμίζουμε στους μαθητές ότι όταν ένα μέταλλο οξειδώνεται, τα άτομά του χάνουν ηλεκτρόνια και μετατρέπονται σε κατιόντα ( $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{+2} + 2\text{e}$ ).

**Νερό:** Διαφανές υγρό, έχει την ικανότητα να διαλύει πολλές ουσίες και μεταξύ αυτών τον ένυδρο θειικό χαλκό και τον ένυδρο θειικό σίδηρο.



Στο σημείο αυτό παρασκευάζουμε τα υδατικά διαλύματα θειικού χαλκού και θειικού σιδήρου τα οποία θα μας χρειαστούν αργότερα. Επειδή δημιουργήθηκαν δύο νέες χημικές οντότητες (τα διαλύματα θειικού χαλκού και θειικού σιδήρου) συζητάμε με τους μαθητές μας τα χαρακτηριστικά τους (ορατά και αόρατα).

**Διάλυμα θειικού χαλκού:** Έχει μπλε χρώμα, αποτελείται από νερό που μέσα του υπάρχουν κατιόντα χαλκού ( $\text{Cu}^{+2}$ ) και ανιόντα θειικά ( $\text{SO}_4^{-2}$ ). Το μπλε χρώμα οφείλεται στην παρουσία των ιόντων χαλκού στο διάλυμα.

**Διάλυμα θειικού σιδήρου:** Έχει πρασινωπό χρώμα, αποτελείται από νερό που του υπάρχουν κατιόντα σιδήρου ( $\text{Fe}^{+2}$ ) και ανιόντα θειικά ( $\text{SO}_4^{-2}$ ). Το πρασινωπό χρώμα οφείλεται στην παρουσία των ιόντων σιδήρου στο διάλυμα.

**Κατιόντα χαλκού ( $\text{Cu}^{+2}$ ):** πρόκειται για άτομα χαλκού που τους λείπουν δύο ηλεκτρόνια και ως εκ τούτου έχουν θετικό φορτίο που αντιστοιχεί στο φορτίο δύο πρωτονίων ( $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{+2} + 2\text{e}$ ). Η παρουσία κατιόντων χαλκού στο νερό δίνει στο διάλυμα μπλε χρώμα.

**Κατιόντα σιδήρου ( $\text{Fe}^{+2}$ ):** πρόκειται για άτομα σιδήρου που τους λείπουν δύο ηλεκτρόνια και ως εκ τούτου έχουν θετικό φορτίο που αντιστοιχεί στο φορτίο δύο πρωτονίων ( $\text{Fe} \rightarrow \text{Fe}^{+2} + 2\text{e}$ ). Η παρουσία κατιόντων σιδήρου στο νερό δίνει στο διάλυμα πρασινωπό χρώμα.

**ΦΥΛΛΟ ΕΡΓΑΣΙΑΣ: ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΑΠΛΗΣ ΑΝΤΙΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ-  
ΔΡΑΣΤΙΚΟΤΗΤΑ ΜΕΤΑΛΛΩΝ**

**Όνοματεπώνυμο:**

**Ημερομηνία:**

1. Παρατήρησε το διάλυμα θειϊκού χαλκού. Από τι αποτελείται αυτό το διάλυμα; Τι χρώμα έχει; Που οφείλεται το χρώμα του;  
Αποτελείται από: .....  
Έχει χρώμα: .....  
Το χρώμα οφείλεται: .....
2. Παρατήρησε το διάλυμα του θειϊκού σιδήρου. Από τι αποτελείται αυτό το διάλυμα; Τι χρώμα έχει; Που οφείλεται το χρώμα του;  
Αποτελείται από: .....  
Έχει χρώμα: .....  
Το χρώμα οφείλεται: .....
3. Παρατήρησε το έλασμα του χαλκού. Από τι αποτελείται; Τι χρώμα έχει;  
Αποτελείται από: .....  
Έχει χρώμα: .....
4. Παρατήρησε το σιδερένιο καρφί. Από τι αποτελείται; Τι χρώμα έχει;  
Αποτελείται από: .....  
Έχει χρώμα: .....
5. Τοποθέτησε το σιδερένιο καρφί μέσα στο διάλυμα του θειϊκού χαλκού με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι μισό μέσα και μισό έξω.
6. Τοποθέτησε το έλασμα χαλκού μέσα στο διάλυμα του θειϊκού σιδήρου με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι μισό μέσα και μισό έξω.

7. Περίμενε 15 περίπου λεπτά και κατέγραψε τις παρατηρήσεις σου στο διάλυμα του θειϊκού χαλκού.

Τι έχει συμβεί στο καρφί; .....

Τι χρώμα απέκτησε το διάλυμα; .....

Τι υλικό έχει επικαθίσει στο καρφί;.....

Που οφείλεται το χρώμα του διαλύματος; .....

Έχει γίνει χημική αντίδραση; .....

8. Κατέγραψε τις παρατηρήσεις σου στο διάλυμα του θειϊκού σιδήρου.

Τι έχει συμβεί στο έλασμα χαλκού; .....

Τι χρώμα έχει το διάλυμα; .....

Έχει γίνει χημική αντίδραση;.....

8. Πρότεινε μια υπόθεση για την εξήγηση του φαινομένου.<sup>3</sup>

.....

.....

.....

.....

.....

9. Γράψε τη χημική εξίσωση της χημικής αντίδρασης που έγινε στο διάλυμα του θειϊκού χαλκού.

10. Γατί κατά τη γνώμη σου δεν μπορεί να γίνει αντίδραση στο διάλυμα του θειϊκού σιδήρου;<sup>4</sup>

.....

.....

.....

.....

.....

---

3 Εδώ **δεν αρκούμαστε** απλά στην υπόθεση "έγινε αντίδραση μεταξύ ιόντων χαλκού και σιδήρου", γιατί αυτό δεν είναι μια ερμηνευτική υπόθεση. Θέλουμε μια υπόθεση που να ερμηνεύει το "γιατί έγινε η αντίδραση". Θέλουμε να οδηγήσουμε τους μαθητές μας να αντιληφθούν την παραπάνω αντίδραση σαν αποτέλεσμα μεταφοράς ηλεκτρονίων από τον σίδηρο στα ιόντα χαλκού.

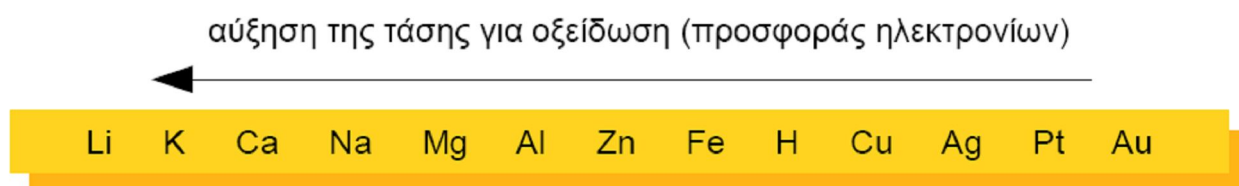
4 Πρόταση μιας συμπληρωματικής υπόθεσης.



## Έλεγχος υποθέσεων - Επαλήθευση

Προφανώς ο έλεγχος της υπόθεσης "έγινε μεταφορά ηλεκτρονίων από τα άτομα σιδήρου στα ιόντα χαλκού" είναι αδύνατον να πραγματοποιηθεί. Η κατασκευή γαλβανικού στοιχείου με το οποίο θα μπορούσε να γίνει ο έλεγχος, είναι πέρα από όρια της ύλης του Γυμνασίου και επί πλέον είναι ένα πείραμα διαφορετικό από αυτό που έγινε.

Ένας άλλος τρόπος για έλεγχο υποθέσεων είναι η συμφωνία με επιστημονικά συμπεράσματα. Στη συγκεκριμένη περίπτωση παρουσιάζουμε την ηλεκτροχημική σειρά των μετάλλων σαν μια σειρά όπου τα στοιχεία που βρίσκονται αριστερότερα έχουν μεγαλύτερη τάση να οξειδώνονται (δηλαδή να χάνουν ηλεκτρόνια) από αυτά που βρίσκονται δεξιότερα.



Η υπόθεση στην οποία πρέπει να οδηγηθούν οι μαθητές είναι: **"έγινε αντίδραση στο διάλυμα του θειικού χαλκού γιατί ο σίδηρος έδωσε ηλεκτρόνια στα κατιόντα του χαλκού, ενώ στο διάλυμα του θειικού σιδήρου δεν έγινε αντίδραση γιατί ο χαλκός δεν μπόρεσε να δώσει ηλεκτρόνια στα κατιόντα σιδήρου"**.<sup>5</sup>

Η παραπάνω υπόθεση ελέγχεται εύκολα με βάση την ηλεκτροχημική σειρά των μετάλλων γιατί ο σίδηρος έχει μεγαλύτερη τάση να δίνει ηλεκτρόνια απ' ό,τι ο χαλκός.

<sup>5</sup> Ή κάποια παρόμοια υπόθεση.