

## **Εφαρμογή της καθοδηγούμενης διερευνητικής μεθόδου κατά τη διδασκαλία μιας εργαστηριακής άσκησης χημείας (αντιδράσεις απλής αντικατάστασης)**

**Δ. Βαϊνιάς, Μ. Βλάσση, Α. Καραλιώτα**

*Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Χημείας  
vainasdimi333@hotmail.com, mvlassi@yahoo.com*

**Περίληψη.** Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να περιγραφούν τα κύρια χαρακτηριστικά της διερευνητικής μεθόδου, να υλοποιηθούν τα επιμέρους στάδια κατά τη διδασκαλία εργαστηριακών ασκήσεων Χημείας και να αξιολογηθούν. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της μεθόδου είναι ότι βασίζεται στον αναλυτικό τρόπο σκέψης. Κατά τη μετάβαση από την διερεύνηση στην καθοδηγούμενη διερεύνηση χρησιμοποιείται το αξίωμα της ελάχιστης βοήθειας του Zech, σύμφωνα με το οποίο γίνεται ταξινόμηση της παρεχόμενης δυνατής βοήθειας του δασκάλου προς το μαθητή. Η καθοδηγούμενη διερευνητική μέθοδος εφαρμόστηκε σε μαθητές Α΄ Λυκείου στην ενότητα «Αντιδράσεις απλής αντικατάστασης». Οι μαθητές χωρίστηκαν σε 4 ομάδες των πέντε ατόμων, εφαρμόστηκε η διδασκαλία και συμπληρώθηκε φύλλο εργασίας υπό μορφή ερωτηματολογίου. Παρατηρήθηκε μεγάλος ενθουσιασμός των μαθητών, ομαδικότητα και συνεργασία. Η πραγματοποίηση των αντιδράσεων έγινε με επιτυχία και τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η καθοδηγούμενη διερευνητική μέθοδος είναι αποτελεσματική για τη διδασκαλία της συγκεκριμένης ενότητας και άλλων εργαστηριακών ασκήσεων, γεγονός που επαληθεύεται και από άλλες σχετικές έρευνες.

### **ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ - Εισαγωγή**

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι:

- Να καταγραφούν τα επιμέρους στάδια και τα κύρια χαρακτηριστικά της διερευνητικής μεθόδου κατά τη διδασκαλία εργαστηριακών ασκήσεων Χημείας.
- Να προταθεί εργαστηριακή άσκηση βασισμένη στην καθοδηγούμενη διερευνητική μέθοδο, στα πλαίσια του μαθήματος της Χημείας της Α΄ τάξης του Λυκείου, να εφαρμοστεί και να αξιολογηθεί.

Οι επιμέρους στόχοι μετά την ολοκλήρωση της εργαστηριακής άσκησης είναι να μπορεί ο μαθητής:

- α) να κατασκευάσει μόνος του την (απλοποιημένη) σειρά ηλεκτροθετικότητας.
- β) να προσδιορίσει το είδος ενός άγνωστου μετάλλου (ταυτοποίηση), εφόσον του δίνεται η κανονική σειρά ηλεκτροθετικότητας.
- γ) να αξιοποιεί τις νεοαποκτηθείσες γνώσεις σε ασκήσεις μεταφοράς τους στην καθημερινή ζωή (τελική φάση της εργαστηριακής διδασκαλίας ως: Ασκήσεις εφαρμογής).

*Τι είναι διερεύνηση;*

Σύμφωνα με τον Dewey διερεύνηση είναι η «ενεργητική, επίμονη και προσεκτική θεώρηση κάθε αντίληψης ή υποτιθεμένου σχήματος γνώσης υπό το φως των τεκμηρίων που στηρίζεται και στα περαιτέρω συμπεράσματα στα οποία οδηγεί» (Dewey 1963, σελ. 9). Γενικά, η διερεύνηση έχει σκοπό τη θεμελίωση των πεποιθήσεων με τη χρήση της αιτιολόγησης, τεκμηρίων, συμπερασμάτων και γενικεύσεων. Οδηγείται κανείς να ασχοληθεί με τη διερεύνηση, όταν βρίσκεται αντιμέτωπος με μια «εναλλακτική κατάσταση» ή με ένα περίπλοκο

πρόβλημα, που προξενεί κάποια αμηχανία. Με αυτό τον τρόπο η σκέψη μεταφέρεται από μια κατάσταση αμφιβολίας ή σύγχυσης (την προ-ανακλαστική κατάσταση) σε μια κατάσταση που χαρακτηρίζεται από ικανοποίηση και κυριαρχία πάνω στις αρχικές συνθήκες που δημιούργησαν αμφιβολία και αμηχανία (τη μετα-ανακλαστική σκέψη), και μπορεί να διακριθεί κατά στάδια ως ακολούθως: (α) εισήγηση, (β) πνευματικοποίηση (intellectualization), (γ) υπόθεση, (δ) αιτιολόγηση και (ε) έλεγχος της υπόθεσης.

Η μέθοδος διδασκαλίας που στηρίζεται στη διερεύνηση είναι η διερευνητική μέθοδος.

#### *Θεωρητική προσέγγιση της διερευνητικής μεθόδου διδασκαλίας*

Στη διερεύνηση οι μαθητές μαθαίνουν να χρησιμοποιούν συστηματικά τους κανόνες της λογικής και της επιστήμης για την επαλήθευση εννοιών και ιδεών (Μασσιάλας, 1989, τόμος 1, σ.331).

Σε ένα ευρύτερο πλαίσιο, η διερεύνηση μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα διανοητικό (intellectual) σχήμα (ή σχήμα αναφερόμενο στην «αναλυτική σκέψη» του Bruner) που στοχεύει στο να βοηθήσει τους μαθητές να περάσουν, βήμα προς βήμα, από την υπόθεση στη συλλογή στοιχείων, στην επαλήθευση, στη γενίκευση κ.λπ. Στην ολοκληρωμένη λειτουργία της σκέψης, οι διαδικασίες της διερεύνησης χρησιμοποιούνται στις περισσότερο εξελιγμένες φάσεις της επαλήθευσης, παρά στις αρχικές περίπλοκες φάσεις του συλλογισμού. Μέσα σ' αυτό το πλαίσιο μπορούμε να δούμε τη διερεύνηση ως παραγωγική παρά ως εξελικτική (process oriented) διαδικασία. Τα χαρακτηριστικά της διερευνητικής μεθόδου φαίνονται στον πίνακα 1.

**Πίνακας 1:** Χαρακτηριστικά της διερευνητικής μεθόδου.

<b>Διερευνητική μέθοδος</b>
Βασίζεται στην αναλυτική σκέψη
Απαιτεί λογική ακολουθία
Γίνονται βαθμιαία βήματα
Υπάρχει πλήρης συνείδηση του σκοπού του κάθε βήματος
Έχει χαρακτήρα αντικειμενικό
Προϋποθέτει εξοικείωση με τους κανόνες της λογικής

#### *Μετάβαση από την Διερεύνηση στην Καθοδηγούμενη Διερεύνηση*

Σύμφωνα με τα παραπάνω χαρακτηριστικά προκύπτει ότι η διερευνητική μέθοδος απαιτεί την καθοδήγηση του δασκάλου. Ένα χρήσιμο εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην εφαρμογή της μεθόδου είναι το αξίωμα ελάχιστης βοήθειας. Ο Zech, στηριζόμενος σε προηγούμενες εργασίες των Eigler και Judith καθώς και του Riedel, προτείνει την παρακάτω ταξινόμηση της παρεχόμενης δυνατής βοήθειας του δασκάλου προς το μαθητή (Zech, 1986, σ. 287): Παροχή κινήτρων μάθησης, επισκόπηση των προηγούμενων, βοήθεια σε γενικές στρατηγικές, βοήθεια προσανατολισμένη σε στρατηγικές περιεχομένου, βοήθεια περιεχομένου.

*Στρατηγική της καθοδηγούμενης διερευνητικής μεθόδου*

Όσον αφορά τη διεξαγωγή της καθοδηγούμενης διερεύνησης προτείνεται από τη βιβλιογραφία (Ματσαγούρας, 2000, σ. 500 ) ένα ακόμα οργανόγραμμα που αποτελείται από διδακτικές δραστηριότητες οργανωμένες σε 8 φάσεις. Όπως τονίζεται και από τον ίδιο το συγγραφέα η σειρά των δραστηριοτήτων του οργανογράμματος που προτείνεται, έχει ενδεικτικό χαρακτήρα και η φύση του αντικειμένου και η φυσική εξέλιξη της επικοινωνίας δίνει τη δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να ακολουθήσει εναλλακτικές πορείες, συγχωνεύοντας ή αλλάζοντας τη σειρά ορισμένων δραστηριοτήτων, ακόμη και τροποποιώντας το οργανόγραμμα εκεί που ο ίδιος κρίνει σκόπιμο.

**Πίνακας 2:** Κύρια στάδια καθοδηγούμενης διερευνητικής μεθόδου

ΦΑΣΕΙΣ	ΣΤΑΔΙΑ
1η	ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΨΥΧΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΓΝΩΣΙΟΛΟΓΙΚΗ
2η	ΔΙΑΤΥΠΩΣΗ ΥΠΟΘΕΣΕΩΝ
3η	ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
4η	ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
5η	ΥΠΕΡΒΑΣΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
6η	ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ
7η	ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ
8η	ΜΑΘΗΣΙΑΚΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΓΝΩΣΤΙΚΗ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

**Η καθοδηγούμενη διερεύνηση ως διδακτική μέθοδος στο εργαστήριο Χημείας**

Σύμφωνα με τους Johnstone & Al-Shuaili (2001), δύο από τις μεθόδους που χρησιμοποιούνται στο εργαστήριο Χημείας είναι η διερευνητική ανοιχτού τέλους και η διερευνητική κλειστού τέλους ή επίλυσης προβλημάτων (problem solving). Η διαδικασία που ακολουθείται στην πρώτη μέθοδο είναι επαγωγική και το αποτέλεσμα μη προκαθορισμένο, ενώ στη δεύτερη η διαδικασία είναι παραγωγική και το αποτέλεσμα προκαθορισμένο. Και στις δύο περιπτώσεις η δραστηριότητα πραγματοποιείται από τους μαθητές με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού, όπου ακολουθείται ο αναλυτικός τρόπος σκέψης.

Η διερευνητική μέθοδος κατά την πραγματοποίηση εργαστηριακών δραστηριοτήτων στο μάθημα της Χημείας εφαρμόστηκε σε έρευνα στο Ισραήλ (Hofstein, 2004). Σε αυτή τη μελέτη πραγματοποιήθηκαν 100 πειράματα που είναι βασισμένα στην κατευθυνόμενη διερευνητική μέθοδο στη Β' και Γ' Λυκείου (11<sup>th</sup> και 12<sup>th</sup> grade) στο μάθημα της Χημείας. Όλες οι δραστηριότητες αφορούσαν στις βασικές έννοιες που διδάσκονταν στη Χημεία Λυκείου και συγκεκριμένα στα κεφάλαια οξέα και βάσεις, στοιχειομετρία, οξειδαναγωγικές αντιδράσεις, δεσμοί, μεταβολή ενέργειας κατά τις χημικές μεταβολές, χημική ισορροπία και απόδοση αντίδρασης. Τα πειράματα αυτά εφαρμόστηκαν στα σχολικά εργαστήρια Χημείας για χρονικό διάστημα 5 ετών.

Στις τυπικές εργαστηριακές ασκήσεις στο μάθημα της Χημείας οι μαθητές διενεργούν τα πειράματα κατά ομάδες (3-4 ατόμων) ακολουθώντας τις οδηγίες από τον εργαστηριακό

οδηγό (φυλλάδιο).

Το πρώτο στάδιο είναι το προ-διερευνητικό (pre-inquiry phase) κατά το οποίο οι μαθητές καλούνται να διεξάγουν το πείραμα ακολουθώντας συγκεκριμένες οδηγίες. Αυτή η φάση είναι κλειστού τύπου (close ended) αφού το προσδοκώμενο αποτέλεσμα είναι προκαθορισμένο και συνεπώς οι μαθητές έχουν σχετικά λίγα περιθώρια για διερεύνηση.

Κατά το δεύτερο στάδιο (διερευνητική φάση) οι μαθητές εμπλέκονται σε δραστηριότητες ανοιχτού τύπου και οι ενέργειες που πραγματοποιούνται από την πλευρά των μαθητών είναι οι εξής:

- υποβολή σχετικών ερωτήσεων
- δημιουργία υποθέσεων
- επιλογή μιας υπόθεσης για περαιτέρω διερεύνηση
- σχεδιασμός ενός πειράματος
- διεξαγωγή του πειράματος
- πραγματοποίηση παρατηρήσεων
- ανάλυση των αποτελεσμάτων
- εξαγωγή συμπερασμάτων

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το διερευνητικό στάδιο προσέφερε στους μαθητές τη δυνατότητα να βιώσουν τις φυσικές επιστήμες, αλλά και να κατανοήσουν σε μεγαλύτερο βαθμό βασικές έννοιες (Hofstein, 2004). Επιπλέον τους παρείχε τη δυνατότητα να οικοδομήσουν την γνώση μόνοι τους επιτελώντας έρευνα που στα βασικά της στοιχεία είναι επιστημονική. Αυτό επιβεβαιώνεται και από την άποψη του Baird ο οποίος είχε υποστηρίξει ότι «οι μεταγνωστικές δεξιότητες είναι τα αποτελέσματα της μάθησης που σχετίζονται με συγκεκριμένες ενέργειες οι οποίες διενεργούνται συνειδητά από το υποκείμενο κατά την διάρκεια μιας μαθησιακής δραστηριότητας». Η μεταγνώση αφορά στην εφαρμογή της αποκτηθείσας γνώσης και συνιστά διευρυμένη μάθηση. Συνεπώς οι μαθητές κατά τη διερευνητική μέθοδο βρίσκονται αντιμέτωποι με μαθησιακή κατάσταση που τους επιτρέπει να αναλάβουν πρωτοβουλίες και να χρησιμοποιήσουν τα αποτελέσματα των δικών τους ερευνών στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν τις βασικές έννοιες των φυσικών επιστημών.

Στη μελέτη του ο Hofstein κατέδειξε ότι μαθητές που συμμετείχαν σε εργαστηριακές δραστηριότητες στο μάθημα της Χημείας, με τρόπο διερευνητικό, ήταν σε θέση να διατυπώνουν περισσότερες και καλύτερες ερωτήσεις σχετικά με διάφορα χημικά φαινόμενα σε σχέση με την ομάδα μαθητών που δεν συμμετείχαν σε τέτοιες εργαστηριακές δραστηριότητες. Ακόμη από την έρευνα αυτή προκύπτει ότι οι μαθητές της πρώτης ομάδας ήταν σε θέση να υποβάλλουν ερωτήσεις και σε μη εργαστηριακές μαθησιακές διεργασίες, όπως είναι η ανάγνωση επιστημονικών άρθρων. Αυτό υποδηλώνει ότι οι μαθητές που συμμετείχαν σε διερευνητικές εργαστηριακές δραστηριότητες ανέπτυξαν μαθησιακές ικανότητες σε μεγάλο βαθμό καθώς και μεταγνωστικές ικανότητες.

Το 2005 δημοσιεύθηκε μια άλλη μελέτη (Deters, 2005) σχετικά με τις απόψεις μαθητών Λυκείου που συμμετείχαν σε εργαστηριακές ασκήσεις στο μάθημα της Χημείας, οι οποίες ήταν βασισμένες στη διερευνητική μέθοδο.

Στη μελέτη αυτή, επισημαίνονται τα μειονεκτήματα που προκύπτουν κατά τη χρησιμοποίηση της διερευνητικής μεθόδου, ενώ στο τέλος οι μαθητές καταθέτουν τα θετικά στοιχεία από τη χρήση της συγκεκριμένης μεθόδου. Μερικά από τα μειονεκτήματα είναι η απώλεια του ελέγχου από την πλευρά του εκπαιδευτικού, διάφορα θέματα ασφάλειας, η πιθανότητα να δημιουργηθούν παρανοήσεις στους μαθητές, η χρονοβόρα διαδικασία, ο φόβος από την πλευρά των μαθητών μπροστά στο να αποκτήσουν τον πλήρη έλεγχο.

Οι θετικές πλευρές της χρήσης της διερευνητικής μεθόδου είναι η ενθάρρυνση της αυτενέργειας, η μύηση στην επιστημονική μέθοδο, οι ικανότητες επικοινωνίας, η εξάσκηση στην οργάνωση και τη λογική, η καλύτερη επίδοση σε εργαστηριακές δραστηριότητες που δε βασίζονται στη διερεύνηση, η μάθηση των εννοιών της Χημείας, η αύξηση της ικανότητας

διόρθωσης ή εξήγησης σφαλμάτων και αποτελεσμάτων καθώς και η αύξηση του ενδιαφέροντος.

### ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ: Εφαρμογή της καθοδηγούμενης διερευνητικής μεθόδου στην ενότητα «Αντιδράσεις απλής αντικατάστασης» Α' Λυκείου.

#### Μεθοδολογία

Το δείγμα αποτελούσαν 20 μαθητές Α' Λυκείου του Ε.Λ. Αίγινας. Η διδασκαλία πραγματοποιήθηκε το Μάιο του 2006 και διήρκησε δύο συνεχόμενες διδακτικές ώρες.

- Οι μαθητές χωρίστηκαν με ελεύθερο σχηματισμό κατά την κρίση τους σε 4 ομάδες των πέντε ατόμων.
- Εφαρμόστηκε καθοδηγούμενη διερευνητική μέθοδος.
- Συμπληρώθηκε φύλλο εργασίας (καταγραφή πειραματικών παρατηρήσεων, – απαντήσεις ερωτήσεων γνωστικού περιεχομένου - συμπεράσματά).
- Το φύλλο εργασίας υπό μορφή ερωτηματολογίου χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση της μεθόδου.

**Πίνακας 3:** Απαιτούμενα όργανα και αντιδραστήρια

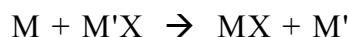
ΟΡΓΑΝΑ	ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ
Δοκιμαστικοί Σωλήνες	Διάλυμα $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ 0.1M ή στερεό $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$
Ογκομετρικές φιάλες των 50 ml	Διάλυμα $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 0.1M ή στερεό $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$
Zυγοί	Διάλυμα $\text{AgNO}_3$ 0.1M ή στερεό $\text{AgNO}_3$
Πίνακας με τις σχετικές μοριακές μάζες των στοιχείων	Διάλυμα $\text{HCl}$ 0.1M
	Έλασμα Χαλκού (Cu)
	Ράβδοι Ψευδαργύρου (Zn)
	Άγνωστο Νόμισμα X (Ag)
	Απιοντισμένο νερό

#### Στάδια υλοποίησης της καθοδηγούμενης διερευνητικής μεθόδου – Πειραματική διαδικασία

##### 1<sup>ο</sup> Βήμα: Φάση προετοιμασίας – Προβληματοποίηση

Σε αυτή τη φάση γίνεται αναφορά στο συμβολισμό των αλάτων (που έχουν ήδη διδαχθεί) με μεγάλη έμφαση στο γενικό τους τύπο  $\text{M}_\psi \text{X}_\chi$  και στο γεγονός ότι περιέχουν κατιόν μετάλλου  $\text{M}^{+\chi}$  και ανιόν αμετάλλου  $\text{X}^{-\psi}$ . Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στις αντιδράσεις απλής αντικατάστασης.

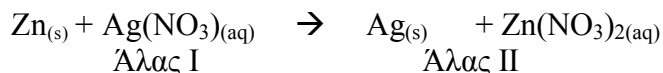
Κατά τις αντιδράσεις αυτές ένα στοιχείο αντικαθιστά ένα άλλο στοιχείο που βρίσκεται σε μια ένωση του. Έτσι, ένα μέταλλο M αντικαθιστά ένα άλλο μέταλλο M' ή το υδρογόνο, σύμφωνα με το γενικό σχήμα:



Τονίζεται ότι απαραίτητη προϋπόθεση για να γίνει η αντίδραση απλής αντικατάστασης είναι το M να είναι δραστικότερο του M' ή του υδρογόνου.

*Προβληματοποίηση.* Προκειμένου να δημιουργηθεί ενδιαφέρον αλλά και να τεθεί η διδακτική βάση της καθοδηγούμενης διερευνητικής στρατηγικής τίθεται στους μαθητές το εξής πρόβλημα:

«Σύμφωνα με αυτά που γνωρίζουμε μέχρι τώρα, μπορεί κάποιος στο εργαστήριό του να παρασκευάσει καθαρό ασήμι (μεταλλικό άργυρο) από κάποιο άλας του αργύρου (π.χ. από νιτρικό άργυρο) και ψευδάργυρο; Με άλλα λόγια πραγματοποιείται η παρακάτω αντίδραση;



*2<sup>ο</sup> Βήμα: Διατύπωση υπόθεσης*

Η υπόθεση που μπορεί να διατυπωθεί από τον εκπαιδευτικό και τους μαθητές είναι ότι είναι εφικτό να δημιουργηθεί μια σειρά ηλεκτροθετικότητας, προκειμένου να απαντώνται συστηματικότερα κάποια ερωτήματα που σχετίζονται με τη δραστηριότητα των μετάλλων, όπως του τύπου που εξετάστηκε παραπάνω.

*3<sup>ο</sup> Βήμα: Οργάνωση της κοινωνικής δομής της τάξης*

Οι μαθητές χωρίζονται σε 4 ομάδες των πέντε ατόμων.

*4<sup>ο</sup> Βήμα: Παρασκευή των διαλυμάτων*

Οι μαθητές, κατά ομάδες, καλούνται να παρασκευάσουν τα υδατικά διαλύματα των  $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ ,  $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{AgNO}_3$ , συγκέντρωσης 0,1 M. Για αυτό το σκοπό τους ζητείται να υπολογίσουν τη μάζα του στερεού που απαιτείται για κάθε περίπτωση, προκειμένου να παρασκευάσουν τα ζητούμενα διαλύματα τελικού όγκου 50 ml.

*5<sup>ο</sup> Βήμα: Πραγματοποίηση των αντιδράσεων*

Μετά την παρασκευή των διαλυμάτων καλούνται να πραγματοποιήσουν τις αντιδράσεις τοποθετώντας μικρό μέρος των διαλυμάτων που έχουν παρασκευάσει μέσα σε δοκιμαστικό σωλήνα και προσθέτοντας το μέταλλο (Cu ή Zn) μέσα σε αυτόν.

Το πρότυπο που μπορεί να ακολουθηθεί είναι το εξής :

	$\text{HCl}_{(aq)}$	$\text{AgNO}_3(aq)$	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2(aq)$	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3(aq)$
$\text{Cu}_{(s)}$				
$\text{Zn}_{(s)}$				

Στις κενές θέσεις του πίνακα που αντιστοιχούν σε κάθε αντίδραση μπορεί να σημειωθεί + εφόσον πραγματοποιήθηκε αντίδραση ή – σε περίπτωση που δεν πραγματοποιήθηκε αντίδραση.

Τα αποτελέσματα στα οποία καταλήγουν οι ομάδες είναι τα εξής:

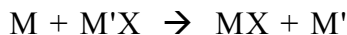
	$\text{HCl}_{(aq)}$	$\text{AgNO}_3(aq)$	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2(aq)$	$\text{Al}(\text{NO}_3)_3(aq)$
$\text{Cu}_{(s)}$	-	+	-	-
$\text{Zn}_{(s)}$	+	+	+	-

*6<sup>ο</sup> Βήμα : Ανακοίνωση - σύγκριση αποτελεσμάτων*

Σε αυτό το σημείο η κάθε ομάδα ανακοινώνει τα αποτελέσματα στα οποία καταλήγει, εξετάζονται και απαντώνται ενδεχόμενες αποκλίσεις και ερωτήσεις. Επίσης, είναι ανάγκη να ενοποιηθεί η τάξη σε κοινό διάλογο, προκειμένου να καταλήξουν όλες οι ομάδες σε κοινά αποτελέσματα. Η κοινωνική μορφή της τάξης σε ομάδες εργασίας θα επανέλθει κατά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων που είναι το επόμενο βήμα.

*7<sup>ο</sup> Βήμα: Επεξεργασία των αποτελεσμάτων*

Αναφέρεται ξανά ότι πρόκειται για αντιδράσεις απλής αντικατάστασης. Κατά τις αντιδράσεις αυτές ένα στοιχείο αντικαθιστά ένα άλλο στοιχείο που βρίσκεται σε μια ένωσή του. Έτσι, ένα μέταλλο Μ αντικαθιστά ένα άλλο μέταλλο Μ' ή το υδρογόνο, σύμφωνα με το γενικό σχήμα:



Τονίζεται ότι απαραίτητη προϋπόθεση για να γίνει η αντίδραση απλής αντικατάστασης είναι το Μ να είναι δραστικότερο του Μ' ή του υδρογόνου.

Σύμφωνα με την υπόθεση αυτή οι μαθητές καλούνται να κατατάξουν τα κατιόντα που συμμετέχουν στις παραπάνω αντιδράσεις με βάση την δραστικότητά τους.

Σε περίπτωση που δεν προκύπτει απάντηση, η βοήθεια που δίνει ο καθηγητής στους μαθητές υπαγορεύεται από το «αξίωμα ελάχιστης βοήθειας», όπως προαναφέρθηκε.

Έτσι, αφού εξαντληθούν τα πρώτα 4 στάδια, υποβάλλεται η εξής σειρά ερωτήσεων:

- Από ποιο μέταλλο είναι πιο δραστικός ο χαλκός σύμφωνα με τα αποτελέσματα των πειραμάτων;

Αναμενόμενη απάντηση: Μόνο από τον Ag, αφού πραγματοποιήθηκε η αντίδραση μεταξύ Cu και AgNO<sub>3</sub>.

Άρα αναμένεται από τους μαθητές να προτείνουν ότι ο Cu είναι πιο δραστικός από τον Ag.

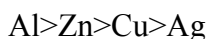
- Από ποια στοιχεία είναι πιο δραστικός ο ψευδάργυρος;

Αναμενόμενη απάντηση: από το χαλκό, από τον άργυρο και από τα υδρογονοκατιόντα, αφού πραγματοποιήθηκαν οι αντίστοιχες αντιδράσεις. Η ερώτηση αυτή πραγματοποιείται για να καθοδηγηθούν οι μαθητές να τροποποιήσουν τη σειρά δραστικότητας ως εξής: Zn>Cu>Ag

- Τι σημαίνει, ότι κανένα μέταλλο δεν αντέδρασε με το Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>;

Αναμενόμενη απάντηση: Ότι το αργίλιο είναι πιο δραστικό από όλα τα μέταλλα

Άρα ισχύει αντίστοιχα:

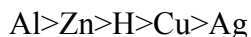


- Ο χαλκός δεν αντέδρασε με το οξύ, ενώ ο ψευδάργυρος αντέδρασε.

Τι συμπέρασμα βγάζετε για το κατιόν του οξέος (υδρογόνοκατιόν);

Αναμενόμενη απάντηση: Ότι όσον αφορά στη δραστικότητα, το υδρογόνο είναι μεταξύ του χαλκού και του ψευδαργύρου.

Συνεπώς οι μαθητές παρακινούνται να φτάσουν στο συμπέρασμα ότι η σειρά ηλεκτροθετικότητας είναι η εξής:

*8<sup>ο</sup> Βήμα: Εφαρμογή με ταυτόχρονη τελική αξιολόγηση και μεταφορά μάθησης στη καθημερινή ζωή*

Στη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία επιλέγεται η σύμπτυξη τριών σταδίων σε ένα, για λόγους ουσιαστικούς και πρακτικούς.

α) Ταυτοποίηση νομίσματος ως προς το είδος του μετάλλου

«Σύμφωνα με τη σειρά δραστικότητας που έχετε δημιουργήσει, να προσδιορίσετε αν το νόμισμα που σας δοθεί είναι κάλπικο ή αυθεντικό (από άργυρο)».

Σε περίπτωση που δεν προκύπτει απάντηση, υποβάλλεται η εξής σειρά ερωτήσεων:

- Εάν το νόμισμα είναι αυθεντικό (από άργυρο), τότε με την επίδραση οξέος θα παρατηρήσουμε αντίδραση;

Αναμενόμενη απάντηση: Όχι γιατί σύμφωνα με την σειρά δραστικότητας που προέκυψε από το προηγούμενο βήμα, το υδρογόνο είναι περισσότερο δραστικό από τον άργυρο. Συνεπώς δεν πραγματοποιείται αντίδραση.

Με πραγματοποίηση του πειράματος παρατηρεί κανείς ότι δεν πραγματοποιείται αντίδραση. Συνεπώς πρόκειται για ένα μέταλλο που βρίσκεται δεξιότερα στην σειρά δραστηκότητας από το υδρογόνο και συνεπώς είναι πιθανό να είναι άργυρος.

### β) Πρόβλεψη χημικής αντίδρασης και επαλήθευση της πρόβλεψης

- Να τυλίξετε το ασημένιο νόμισμα με αλουμινοχαρτο. Τι περιμένετε να συμβεί με την επίδραση οξέος; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.  
.....  
.....  
.....
- Να πραγματοποιήσετε το πείραμα. Συμφωνεί η πρόβλεψή σας με τα πειραματικά δεδομένα;

### Συμπεράσματα – Επίλογος

Κατά τη διάρκεια του πειράματος οι μαθητές συμπλήρωναν φύλλο εργασίας όπου κατέγραφαν τις πειραματικές παρατηρήσεις και απαντούσαν σε ερωτήσεις γνωστικού περιεχομένου όπου κατέγραφαν τα συμπεράσματά τους. Αυτό το φύλλο εργασίας είχε τη μορφή ερωτηματολογίου και χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση της μεθόδου.

Κατά τη διεξαγωγή της συγκεκριμένης εργαστηριακής διδασκαλίας ως προς τα γενικά χαρακτηριστικά της πειραματικής διδασκαλίας παρατηρήθηκαν τα εξής:

- Κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας παρατηρήθηκε σχετικά μεγάλος ενθουσιασμός των μαθητών όσον αφορά στον ενεργό ρόλο που είχαν να διαδραματίσουν.
- Η λειτουργία των ομάδων ήταν ομαλή και γενικά υπήρξε συνεργασία κατά την πραγματοποίηση των διαδικασιών, την υλοποίηση των παρατηρήσεων την εξαγωγή των συμπερασμάτων και τη συμπλήρωση των φύλλων εργασίας.
- Η πραγματοποίηση των ζητούμενων αντιδράσεων έγινε με επιτυχία, με την παρατήρηση ότι δαπανήθηκε σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα, απόρροια της μη εξοικείωσης των μαθητών με το εργαστήριο.
- Όλες οι ομάδες που εργάστηκαν παράλληλα, κατέληξαν στα ίδια πειραματικά αποτελέσματα, όπως φάνηκε και από τα φύλλα εργασίας.
- Η διεξαγωγή παρατηρήσεων όσον αφορά στις αντιδράσεις, πραγματοποιήθηκε από τους μαθητές. Χρησιμοποιήθηκαν εκφράσεις όπως: διαλύεται, μαυρίζει, μουχλιάζει, ελευθερώνεται H.
- Σχετικά με την καταγραφή των αντιδράσεων με χημικό συμβολισμό, οι περισσότερες ομάδες έκαναν αρκετά λάθη, κυρίως στους στοιχειομετρικούς συντελεστές και λιγότερα στην καταγραφή των προϊόντων.

Όσον αφορά στις διεργασίες καλλιέργειας γνωστικών ικανοτήτων υψηλού επιπέδου.

- Η υπόθεση σχετικά με την ύπαρξη σειράς δραστηκότητας των μετάλλων συστηματοποιήθηκε από τον εκπαιδευτικό.
- Οι τρεις από τις 4 ομάδες, χωρίς την επέμβαση του διδάσκοντα, κατέληξαν στη σωστή σειρά ηλεκτροθετικότητας, ενώ η μία είχε κάνει ένα μικρό λάθος, το οποίο και διορθώθηκε.
- Τα επιχειρήματα που χρησιμοποίησε κάθε ομάδα υποβάλλονταν σε κρίση και από τις υπόλοιπες, με καθαρά λογικά κριτήρια. Σε αυτό το σημείο παρουσιάστηκε ιδιαίτερη ενεργοποίηση από τους μαθητές και όλοι οι μαθητές που συμμετείχαν, μπορούσαν να υποστηρίξουν με λογικά επιχειρήματα τις θέσεις τους



- Ως προς τη μεταφορά της νεοαποκτηθείσας γνώσης στην καθημερινή ζωή, μέσα από τις απαντήσεις στις ερωτήσεις του έντυπου φύλλου εργασίας που συντάχτηκε για τις ανάγκες του σχεδίου διδασκαλίας, όλες οι ομάδες απάντησαν σωστά σχετικά με τη γνησιότητα του νομίσματος.
- Στο στάδιο «πρόβλεψη» και «επαλήθευση πρόβλεψης», όλες οι ομάδες ανταποκρίθηκαν με σωστό τρόπο, καθώς προέβλεψαν τη μεταβολή που θα συνέβαινε αν τύλιγαν ένα ασημένιο νόμισμα με αλουμινόχαρτο και επιδρούσαν με το συγκεκριμένο οξύ.
- Όπως φάνηκε και από τα φύλλα αξιολόγησης οι στόχοι της εργαστηριακής δραστηριότητας βασιζόμενη στη κατευθυνόμενη διερευνητική μέθοδο επιτεύχθηκαν σε μεγάλο βαθμό.

Το τελικό και γενικό συμπέρασμα που εξάγεται είναι ότι μπορεί να δημιουργηθεί μια σειρά ηλεκτροθετικότητας, προκειμένου να μπορούν να απαντώνται συστηματικότερα κάποια ερωτήματα που σχετίζονται με τη δραστικότητα των μετάλλων. Επίσης η διερευνητική μέθοδος είναι αποτελεσματική για τη διδασκαλία της ενότητας «αντιδράσεις απλής αντικατάστασης».

Γενικότερα, οι εκπαιδευτικοί που επιλέγουν να εργαστούν με τη διερευνητική μέθοδο θα πρέπει να γνωρίζουν ότι οι δυσχέρειες που εμφανίζονται κατά την εφαρμογή της, υπερκαλύπτονται από τα σημαντικά οφέλη των μαθητών. Συνεπώς, διερευνητικές εργαστηριακές δραστηριότητες μπορούν να εφαρμοστούν στο βαθμό που η εκάστοτε διδασκαλία το επιτρέπει, μετά από συνειδητή επιλογή μεταξύ των μεθόδων και αξιολόγηση του οφέλους που αναμένεται να θα προκύψει από την εφαρμογή τους.

Δεδομένου ότι ένας από τους στόχους των αναλυτικού προγράμματος της Χημείας είναι η διαμόρφωση πολιτών με αυξημένη κριτική ικανότητα, διάθεση για αυτενέργεια και ανάληψη πρωτοβουλιών, είναι επιβεβλημένη η έστω μερική αξιοποίηση της διερευνητικής μεθόδου στο σύγχρονο σχολείο και στο σύγχρονο εργαστήριο της Χημείας.

### Παραπομπές

- Ματσαγγούρας, Η. (2000). Στρατηγικές Διδασκαλίας (Η κριτική σκέψη στην πράξη), εκδ. 4<sup>η</sup>. Gutenberg, Αθήνα.
- Deters, K. (2005). Student opinions regarding inquiry-based labs. *Journal of Chemical Education*, Vol. 82, No 8 , August 2005
- Dewey, J. (1963). *How we Think: A restatement of the relation of reflective thinking to the education process*. Heath and Company, Boston, (μτφρ. Κατσάμπα), Αθήνα.
- Hofstein, A. (2004). The Laboratory in chemistry education: thirty years of experience with developments, implementation and research. *Chemistry Education: Research and Practice*, Vol. 5, No 3, pp 247-264.
- Johnstone, A., -Al-Shuaili H. (2001). Learning in the laboratory: Some thoughts from the literature. *U. Chem. Ed., The Royal Society of Chemistry*, pages 42-51.
- Massialas, B. (1989). *Παιδαγωγική Ψυχολογική Εγκυκλοπαίδεια*. Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.
- Zech, F. (1986). *Grundkurs Mathematikdidaktik*. Beltz Verlag, Weinhei und Basel.