

Διδακτική

Σχέδια εργασίας



Προτεινόμενο Σχέδιο Μαθήματος για την «Πρώθηση» της Οξειδωσης – Αναγωγής στο Γυμνάσιο

Α. Σαραντινού*¹, Δ. Σταμπάκη-Χατζηπαναγιώτη²

¹ Μεταπτυχιακή φοιτήτρια του ΜΠΣ ΔιΧηΝΕΤ, Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ

² Αναπ. Καθηγήτρια Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ

Περίληψη

Η οξειδοαναγωγή, είναι ένα κεφάλαιο που ταξινομείται από καθηγητές και μαθητές ως ένα από τα πιο δύσκολα στα προγράμματα σπουδών (Onno De Jong, David Treagust 2002).

Στην παρούσα εργασία, προτείνεται ένα σχέδιο μαθήματος για την πρώθηση των εννοιών της οξειδωσης και της αναγωγής στο γυμνάσιο, με έναν ενοποιημένο τρόπο, ως δυο έννοιες οι οποίες είναι αλληλένδετες. Δίνεται έμφαση σε καθημερινές διαδικασίες, όπου συμβαίνει οξειδοαναγωγή, με απώτερο σκοπό να συνειδητοποιήσουν οι μαθητές ότι η οξειδοαναγωγή είναι παντού γύρω τους και ότι αξίζει τον κόπο να την μελετήσουν.

Εισαγωγή

Οι αντιδράσεις οξειδοαναγωγής είναι από τις «παρεξηγημένες», αν και εμφανίζονται σε άπειρες καθημερινές διαδικασίες : αντιδράσεις παραγωγής ενέργειας, καύσεις, αναπνοή, μεταβολισμός, διάβρωση, και πάρα πολλές άλλες διεργασίες είναι αντιδράσεις οξειδοαναγωγής.

Στο σχολικό εγχειρίδιο χημείας της Β' γυμνασίου (έκδοση Ε', 2000), στο 2^ο κεφάλαιο -Το φυσικό περιβάλλον-, στην ενότητα 2.1 -Ο ατμοσφαιρικός αέρας-, στην υποενότητα 2.1.1 -το οξυγόνο-, αναφέρεται ότι « τα περισσότερα στοιχεία αντιδρούν με το οξυγόνο και σχηματίζουν χημικές ενώσεις που ονομάζονται οξείδια. Κατά τις αντιδράσεις αυτές λέμε ότι τα στοιχεία οξειδώνονται». Επίσης, αναφέρεται ότι «οι οξειδώσεις των στοιχείων είναι συνήθως εξώθερμες αντιδράσεις. Όταν γίνονται με μεγάλη ταχύτητα, συνοδεύονται από εμφάνιση φλόγας. Αντιδράσεις αυτής της μορφής ονομάζονται καύσεις». Στο ίδιο κεφάλαιο, στην ενότητα 2.3 -Το έδαφος και το υπέδαφος-, στην υποενότητα 2.3.2 -η μεταλλουργία-, αναφέρεται ότι «η διαδικασία κατά την οποία μια οξυγονούχος ουσία αντιδρά με μια άλλη που δεσμεύει το οξυγόνο της, ονομάζεται αναγωγή». Επίσης αναφέρεται ότι «η αναγωγή είναι το ακριβώς αντίθετο της οξειδωσης» και ότι «οι ουσίες που προκαλούν την αναγωγή των οξυγονούχων ουσιών ονομάζονται αναγωγικές». Τέλος, σε διάφορες ενότητες του βιβλίου αυτού, αναφέρονται παραδείγματα από την καθημερινή ζωή, όπου εμπλέκονται οι έννοιες της οξειδωσης και της αναγωγής.

Στο σχολικό εγχειρίδιο Χημείας της Β' Γυμνασίου (έκδοση Α' 2007), στην γενική ενότητα:3 -Ατμοσφαιρικός αέρας-, στην ενότητα 3.2 -Οξυγόνο-, αναφέρεται ότι «όλα σχεδόν τα στοιχεία αντιδρούν με το οξυγόνο και σχηματίζουν χημικές ενώσεις, οι οποίες ονομάζονται οξειδία. Οι αντιδράσεις αυτές ανήκουν σε μια μεγάλη κατηγορία χημικών αντιδράσεων, τις οξειδώσεις». Επίσης αναφέρεται ότι «οι οξειδώσεις κατά τις οποίες εμφανίζεται φλόγα και εκλύεται θερμότητα ονομάζονται καύσεις». Τέλος, παρουσιάζεται η κυτταρική αναπνοή ως βιολογική καύση, ενώ δεν γίνεται καμία αναφορά στην έννοια της αναγωγής.

Αν και σήμερα οι έννοιες της οξειδωσης-αναγωγής συνδέονται με την μεταβολή του αριθμού οξειδωσης, ο ορισμός του σχολικού βιβλίου είναι «παραδοσιακός». Μια «μικρή» διαφοροποίηση στη διατύπωση μιας πρότασης, μπορεί να φέρει πιο κοντά τον ορισμό του βιβλίου στον ευρύτερα χρησιμοποιούμενο σήμερα, αριθμό οξειδωσης.

Έτσι, στην παρούσα εργασία, παρουσιάζεται ένα σχέδιο μαθήματος, το οποίο έχει ως κύριο σκοπό να παρουσιαστούν στους μαθητές οι έννοιες της οξειδωσης και της αναγωγής, με έναν ενοποιημένο τρόπο και να δειχθεί, με παραδείγματα και δραστηριότητες, πόσο διαδεδομένες είναι οι οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις, γύρω μας.

Το σχέδιο μαθήματος που παρουσιάζεται στηρίζεται στη χρήση εννοιολογικών χαρτών. Οι εννοιολογικοί χάρτες παρουσιάζουν το πλεονέκτημα, ότι παρέχουν μια οπτική εικόνα των θεμάτων υπό εξέταση, σε μια συνεκτική μορφή, στην οποία μπορεί να επικεντρώσει κανείς πολύ εύκολα. Μπορούν πολύ εύκολα να διαβαστούν με τη μορφή επανάληψης οποιαδήποτε στιγμή. Όπως γίνεται φανερό κατά αυτό τον τρόπο η εκμάθηση γίνεται μια ενεργή διαδικασία, καθόλου παθητική. Αξίζει να αναφερθεί ότι κατά την παρουσίαση εννοιολογικών χαρτών από το διδάσκοντα στο διδασκόμενο, ο πρώτος καλείται να μην υποχρεώνει το δεύτερο στην αποστήθιση υπαρχόντων ήδη τέτοιου είδους χαρτών.

Διδακτική πρόταση – Συζήτηση

Το σχέδιο μαθήματος χωρίζεται σε δύο διδακτικές ώρες. Στην 1^η εμφανίζεται η έννοια της οξειδωσης και στην 2^η η έννοια της αναγωγής. Χρησιμοποιείται, για την οξειδωση, ένας διαφοροποιημένος ορισμός του σχολικού εγχειριδίου (βλ. 1^ο στάδιο 1^{ης} διδακτικής ώρας), και ως αναγωγή, θεωρείται το αντίθετο της οξειδωσης. Έμφαση δίνεται περισσότερο στο «εφαρμοσμένο» των εννοιών παρά στον ορισμό.

Ο εννοιολογικός χάρτης είναι ταυτόχρονα και διάγραμμα ροής του μαθήματος. Το κάθε προτεινόμενο «στάδιο» μπορεί να αντιστοιχεί σε μία ή δύο φάσεις, ανάλογα με το επίπεδο και τα ενδιαφέροντα του ακροατηρίου.

Τα φύλλα εργασίας για τις δύο διδακτικές ώρες περιλαμβάνουν ερωτήσεις, οι οποίες εξυπηρετούν αφ' ενός τη συνεχή παρακολούθηση των μαθητών και αφ' ετέρου τη πορεία της καθοδήγησης, με βήμα-βήμα εξαγωγή απλών συμπερασμάτων .

Στόχοι

1^η Διδακτικής ώρας : Παρουσίαση της έννοιας της οξειδωσης

Στο τέλος αυτής της διδακτικής ώρας, επιδιώκεται ο μαθητής:

- 1) Να γνωρίσει τη πρόσληψη οξυγόνου ως οξείδωση.
- 2) Να διακρίνει κάτω από ποιες συνθήκες μια οξείδωση χαρακτηρίζεται καύση.
- 3) Να κατανοήσει ότι η οξείδωση συμβαίνει γύρω του, μέσω καθημερινά εμφανιζόμενων παραδειγμάτων.

2^η Διδακτικής ώρας : Παρουσίαση της έννοιας της αναγωγής

Στο τέλος αυτής της διδακτικής ώρας, επιδιώκεται ο μαθητής:

- 1) Να γνωρίσει την αποβολή οξυγόνου ως αναγωγή.
- 2) Να κατανοήσει ότι αναγωγική ουσία είναι αυτή που «τραβάει» το οξυγόνο από μια ένωση.
- 3) Να κατανοήσει ότι η αναγωγή είναι το αντίθετο της οξείδωσης.
- 4) Να κατανοήσει ότι η αναγωγή, συμβαίνει πάντα μαζί με την οξείδωση.

Διδακτική μεθοδολογία: Χρήση μονολόγου σε συνδυασμό με καθοδηγούμενη ανακάλυψη

Στρατηγικές μάθησης:

- Επίδειξη πειραμάτων
- Εννοιολογικοί χάρτες

Υλικά υποστήριξης της διδασκαλίας:

- Ανακλαστικός προβολέας
- Χρήση διαδικτύου
- Διαφάνειες

Διδακτικές ενέργειες

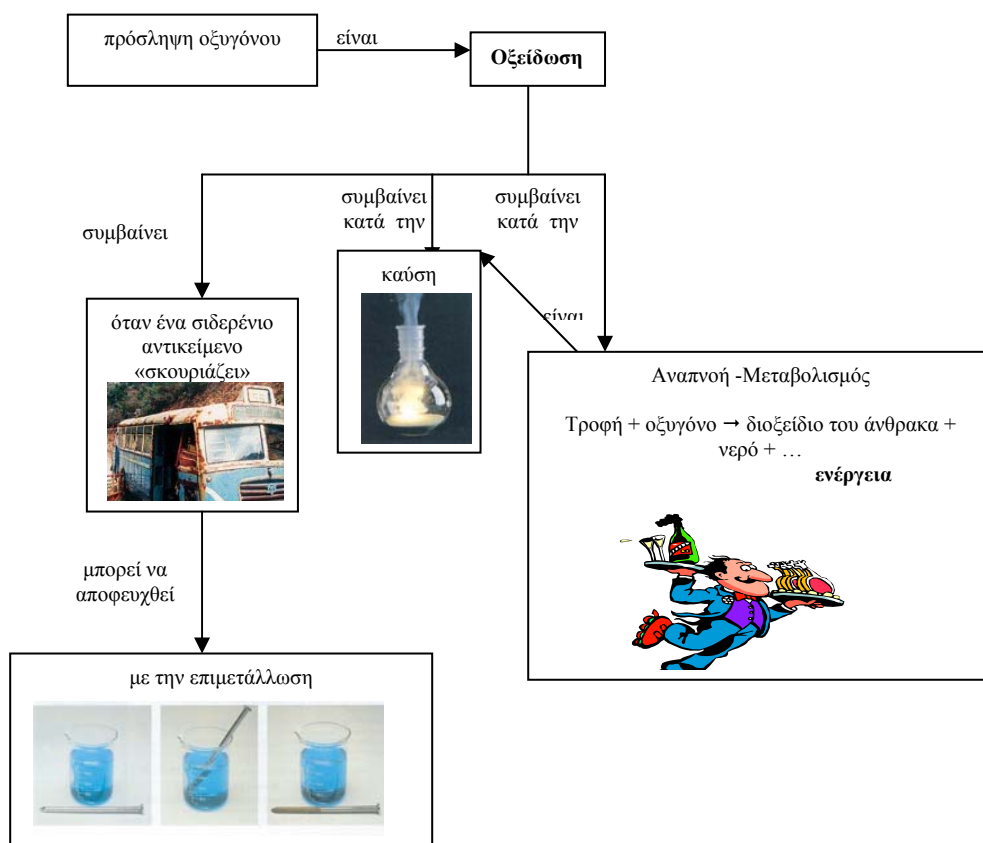
1^η Διδακτική ώρα

Στάδιο 1^ο : Γνωριμία με την έννοια της οξειδωσης.

Παρουσιάζεται στους μαθητές εννοιολογικός χάρτης για την έννοια της οξειδωσης.

Ένα άτομο μπορεί να χάσει την αποκλειστικότητα των ηλεκτρονίων του, πχ. να μοιραστεί τα ηλεκτρόνια του με ένα άλλο άτομο. Στο μάθημα αυτό θα εξεταστεί τι γίνεται όταν το άλλο αυτό άτομο είναι το οξυγόνο. Δηλαδή θα εξεταστούν αντιδράσεις με το οξυγόνο, που είναι οξειδώσεις.

Αναφέρονται στους μαθητές καθημερινά παραδείγματα, όπου συμβαίνει οξείδωση, με εικονίδια πάνω στον εννοιολογικό χάρτη.



Προβάλλεται διαφάνεια, στην οποία γίνεται μια ιστορική ανασκόπηση για την καύση των ουσιών και την ανακάλυψη του οξυγόνου.

Οι Αρχαίοι Έλληνες πίστευαν ότι όλα ήταν φτιαγμένα από φωτιά, νερό, αέρα και γη.

Λοιπόν τι συμβαίνει όταν κάτι καίγεται;

Η φωτιά απελευθερώνεται. Το νερό και ο αέρας διαφεύγουν. Η γη ή αλλιώς οι σπάντες.

Το 1600, οι επιστήμονες πίστευαν ότι η καύση εξαρτάται από τον αέρα και ότι αυτός ο αέρας ήταν μια μόνο ουσία.

Ο Robert Boyle θέρμανε ένα κομμάτι ψευδαργύρου σε μια σφραγισμένη φιάλη. Βρήκε ότι ο ψευδαργύρος ζύγιζε περισσότερο μετά τη θέρμανση από ότι πριν.

Ο Joseph Priestley θέρμανε υδράργυρο παρουσία αέρα, και παράγαγε μία κόκκινη ουσία. Όταν θέρμαινε την κόκκινη αυτή ουσία έπαιρνε ένα

Αυτό το αέριο επιτρέπει στις ουσίες να καίγονται πολύ λαμπρότερα από τις άλλες.

Ο Antoine Lavoisier ήταν ένας Γάλλος επιστήμονας, ο οποίος έκανε πειράματα μαζί με τη γυναίκα του.

Ο Lavoisier βρήκε ότι το θείο κέρδιζε βάρος όταν καιγόταν. Νόμιζε ότι ο αέρας ενωνόταν με το θείο. Ο Priestley επισκέφτηκε τον Lavoisier και τον βοήθησε να καταλάβει ότι το «καινούριο αέριο» ήταν το οξυγόνο.

Στάδιο2°: Οξειδωση με φλόγα (καύση) και χωρίς.

Παρουσιάζεται στους μαθητές διαφάνεια, με τις αντιδράσεις κάποιων στοιχείων και ενώσεων τους με το οξυγόνο, όπου εκτός από τις αντιδράσεις υπάρχουν και σχηματικές αναπαραστάσεις των μορίων (προσομοιώματα) για να αντιληφθούν οι μαθητές την πρόσληψη του οξυγόνου (οι μαθητές έχουν διδαχτεί σε προηγούμενο κεφάλαιο να αναπαριστούν απλές χημικές αντιδράσεις με προσομοιώματα μορίων και χημικές εξισώσεις). Επισημαίνεται στους μαθητές ότι όταν ένα

στοιχείο «οξειδώνεται» (προσλαμβάνει οξυγόνο), η ένωση που προκύπτει καλείται οξείδιο του αντίστοιχου στοιχείου.

Εξηγείται στους μαθητές ότι αντίδραση καύσης είναι η αντίδραση ενός στοιχείου με το μοριακό οξυγόνο (οξειδωση), προς σχηματισμό χημικών ενώσεων, (οι οποίες ονομάζονται οξείδια) και ενέργειας, η οποία εκδηλώνεται πολλές φορές με τη μορφή φλόγας. Επίσης, αναφέρεται στους μαθητές ότι οι χημικές ενώσεις που περιέχουν άνθρακα και υδρογόνο (οργανικές ενώσεις), όταν καίγονται δίνουν ως προϊόντα διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), νερό και ενέργεια. Συμπληρώνουν την ανάλογη ερώτηση του φύλλου εργασίας.

Ακολουθεί η δραστηριότητα 1, κατά την οποία οι μαθητές θα παρακολουθήσουν video με την καύση διάφορων στοιχείων και συγκεκριμένα την καύση του H_2 , του C, του Mg και του Fe. (Αν υπάρχει στο σχολείο το εκπαιδευτικό λογισμικό Chemistry Set 2000, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να παρουσιαστούν στους μαθητές οι καύσεις των στοιχείων που προαναφέρθηκαν. Αλλιώς παρουσιάζονται στους μαθητές οι καύσεις αυτών των στοιχείων μέσω του διαδικτύου). Συμπληρώνουν την ανάλογη ερώτηση του φύλλου εργασίας. Για να μπορέσουν οι μαθητές να διακρίνουν ποια είναι η σχέση οξειδωσης - καύσης, μετά την παρακολούθηση του video με την καύση του σιδήρου επιδεικνύεται καθημερινό υλικό (π.χ. σύρμα κουζίνας), το οποίο θα έχει βραχεί με νερό και θα έχει μείνει για αρκετές ώρες στον αέρα, με αποτέλεσμα να έχει σκουριάσει.

Στάδιο 3^ο : Σύνδεση οξειδωσης με την καθημερινή ζωή.

A) Διάβρωση.

Από τη τελευταία επίδειξη μπορεί να ζητηθεί από τους μαθητές να πουν ποιοι είναι οι παράγοντες που ευθύνονται για την εμφάνιση της σκουριάς. Οδηγούνται να συμπεράνουν ότι είναι ο αέρας και το νερό. Στη συνέχεια, εξηγείτε στους μαθητές ότι η σκουριά οφείλεται στην **οξειδωση** του σιδήρου από το μοριακό οξυγόνο που υπάρχει στον αέρα και στην υγρασία (νερό) προς σχηματισμό του οξειδίου του σιδήρου ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$), (ανάλογη ερώτηση φύλλου εργασίας). Αναφέρεται στους μαθητές ότι γενικά η «φθορά» των μετάλλων (καταστροφή της μεταλλικής επιφάνειας), η οποία είναι αποτέλεσμα της χημικής προσβολής που υφίστανται τα μέταλλα από το περιβάλλον, ονομάζεται **διάβρωση**. Εξηγείται στους μαθητές ότι ένας τρόπος αντιμετώπισης της διάβρωσης, είναι η επιμετάλλωση, δηλ. η επικάλυψη του μετάλλου που επιδιώκεται να προστατευτεί, με ένα άλλο μέταλλο, το οποίο είναι λιγότερο δραστικό και επομένως οξειδώνεται πιο δύσκολα.

B) Αναπνοή και μεταβολισμός. Αναφέρεται στους μαθητές ότι μια άλλη διαδικασία, η οποία παίζει πολύ σημαντικό ρόλο για την ζωή των

ανθρώπων, και στην οποία εμπλέκεται η έννοια της οξειδωσης, είναι η αναπνοή και ο μεταβολισμός. Εξηγείται στους μαθητές ότι κατά την αναπνοή προσλαμβάνεται μοριακό οξυγόνο, το οποίο μεταφέρεται στα σημεία που γίνεται ο μεταβολισμός δηλαδή εκεί όπου η τροφή αντιδρά με το μοριακό οξυγόνο για να σχηματίσει διοξείδιο του άνθρακα, νερό και ενέργεια. Ζητείται να συμπληρωθεί ερώτηση του φύλλου εργασίας, στην οποία οι μαθητές κατευθύνονται να συνδέσουν την αναπνοή με οξειδοαναγωγή.

Στάδιο 4^ο : Ανακεφαλαίωση.

Προβάλλεται στους μαθητές ο ίδιος αρχικός εννοιολογικός χάρτης, συνοψίζοντας τις βασικές έννοιες που εξυπηρετούν τους στόχους του μαθήματος.

2^η Διδακτική ώρα

Στάδιο 1^ο : Σύνδεση με την προηγούμενη διδακτική ώρα.

Γίνεται σύνδεση με την προηγούμενη διδακτική ώρα, προβάλλοντας στους μαθητές τον εννοιολογικό χάρτη, της 1^η διδακτικής ώρας.

Στάδιο 2^ο : Γνωριμία με την έννοια της αναγωγής.

Παρουσιάζεται στους μαθητές ένας νέος, αντίστοιχος του προηγούμενου, εννοιολογικός χάρτης για την έννοια της αναγωγής. Ορίζεται η αποβολή οξυγόνου ως αναγωγή.

Σε αυτό το σημείο γίνεται επίδειξη της δραστηριότητας:2, «Αναγωγή οξειδίου ενός μετάλλου από άνθρακα». Εξηγείται στους μαθητές τι συμβαίνει. Προβάλλεται διαφάνεια, όπου παρουσιάζεται σχηματικοποιημένη η αντίδραση που πραγματοποιείται, κατά τη δραστηριότητα:2. Επισημαίνεται ότι, ουσίες σαν τον άνθρακα, οι οποίες «τραβούν» το οξυγόνο από μια ένωση καλούνται αναγωγικές. Συμπληρώνουν ερώτηση του φύλλου εργασίας (ερώτηση συμπλήρωσης κενού) σχετική με την παραπάνω αντίδραση.

Στάδιο 3^η : Αναγωγή, το αντίθετο της οξειδωσης.

Στηριζόμενοι στην πρόταση ότι, η αναγωγή είναι το αντίθετο της οξειδωσης, υπενθυμίζεται στους μαθητές ότι η οξειδωση ορίζεται ως πρόσληψη οξυγόνου, ενώ η αναγωγή ως αποβολή οξυγόνου. Δηλαδή εξηγείται στους μαθητές ότι αυτές οι δυο έννοιες είναι «αντίθετες» και αλληλένδετες. Έτσι, μιλάμε για μια αντίδραση οξειδοαναγωγής κατά την οποία συμβαίνει συγχρόνως οξειδωση και αναγωγή, όπως για παράδειγμα κατά την αναγωγή ενός μετάλλου από άνθρακα.

Στάδιο 4^ο : Σύνδεση αναγωγής με την καθημερινή ζωή.

Γίνεται μια σύντομη ιστορική αναδρομή για την ύπαρξη μετάλλων σε ελεύθερη μορφή (χρυσός, άργυρος, χαλκός) και μεταλλευμάτων – ορυκτών. Προβάλλονται διαφάνειες με χρυσά αρχαία αντικείμενα και σχολιάζεται η διατήρηση και η μη οξείδωσή τους από το οξυγόνο του αέρα. Επισημαίνεται ότι νωρίς ο άνθρωπος χρησιμοποίησε χημικές μεθόδους – θέρμανση με άνθρακα – για να ανακτήσει τα μέταλλα από

τα ορυκτά τους. Σήμερα, είναι γνωστό ότι τα πετρώματα αυτά (διαφάνεια με ορυκτά) περιέχουν ενώσεις μεταλλικών ιόντων οι οποίες μπορούν να αναχθούν προς μέταλλα αντιδρώντας με ξυλάνθρακα. Εξηγείται στους μαθητές ότι η χημική κατεργασία στην οποία υποβάλλεται το μετάλλευμα για να παραχθεί το μέταλλο σε ελεύθερη κατάσταση, είναι το κυριότερο στάδιο της μεταλλουργίας και στην πράξη αυτό που γίνεται είναι αναγωγή. Τέλος, εξηγείται στους μαθητές ότι όπως το οξειδίο του χαλκού όταν θερμάνθηκε με κάρβουνο έδωσε χαλκό ως μέταλλο, έτσι γίνεται και με τα ορυκτά. Υφίστανται επεξεργασία ώστε να τα παραχθούν τα οξείδια, τα οποία στη συνέχεια πυρώνονται με κάρβουνο ή με μια άλλη αναγωγική ουσία και παράγεται το μέταλλο.

Στάδιο 5° : Ανακεφαλαίωση.

Προβάλλεται στους μαθητές ο ίδιος εννοιολογικός χάρτης, με αυτόν που τους προβλήθηκε κατά την δεύτερη φάση του μαθήματος.

Στάδιο 6° : Αξιολόγηση.

Γίνεται συμπλήρωση του φύλλου αξιολόγησης από τους μαθητές και για τις 2 διδακτικές ώρες. Η αξιολόγηση μπορεί να γίνει με ερωτήσεις στηριζόμενες στους αρχικούς διδακτικούς στόχους, για να ελεγχθεί το επίπεδο κατανόησης της σύνδεσης των «χημικών» εννοιών με τη καθημερινή πρακτική.

Συμπεράσματα

Θεωρούμε ότι το προτεινόμενο σχέδιο μαθήματος είναι χρονικά εφαρμόσιμο στη σχολική τάξη. Ανταποκρίνεται στο επίπεδο των μαθητών γιατί χρησιμοποιεί έννοιες του σχολικού βιβλίου και άλλες καθημερινά εμφανιζόμενες. Έχοντας ως κύριο στόχο την απομυθοποίηση της δυσκολίας της έννοιας της οξειδοαναγωγής, συνδέει θέματα που βρίσκονται σκόρπια στα σχολικά βιβλία, αλλά που μπορούν να κινήσουν το ενδιαφέρον των μαθητών.

Βιβλιογραφία

1. Γεώργιος Τσαπαρλής (2000). Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Διδακτική της Χημείας. Θέματα σε μεταπτυχιακό επίπεδο. ΕΠΕΑΕΚ, Ιωάννινα.
2. D. Warren (2001). Chemists in a social and historical context. Royal Society of Chemistry.
3. Ηλίας Γ. Μатσαγγούρας (2004). Στρατηγικές Διδασκαλίας. Θεωρία και πράξη της διδασκαλίας, τόμος Β', Gutenberg, Αθήνα.
4. Onno De Jong, David Treagust (2002). The teaching and learning of electrochemistry. Chemical Education: Towards Research-based Practice, 317-337, Kluwer Academic Publishers.
5. Σ. Αβραμιώτης, Β. Αγγελόπουλος, Γ. Καπελώνης, Π. Σινιγάλιας, Δ. Σπαντίδης, Α. Τρικαλίτη, Γ. Φίλος (2007). Χημεία Β' Γυμνασίου. Ο.Ε.Δ.Β, Έκδοση: Α', Αθήνα.
6. Τ. Γεωργιάδου, Κ.Καφετζόπουλος, Ν.Προβής, Ν.Σπυρρέλης, Δ. Χηινιάδης (2000). Χημεία Β' Γυμνασίου. Ο.Ε.Δ.Β, Έκδοση: Ε', Αθήνα.
7. Τ. Γεωργιάδου, Κ.Καφετζόπουλος, Ν.Προβής, Ν.Σπυρρέλης, Δ. Χηινιάδης (1999). Εργαστηριακός οδηγός χημείας Β' Γυμνασίου. Ο.Ε.Δ.Β, Έκδοση: Γ', Αθήνα.
8. http://www.e-yliko.gr/htmls/physyliko/sxedia/sx_chem.aspx
9. http://www.clab.edc.uoc.gr/hy402/teams/group20/Concept_Maps.doc

Οι Δυσκολίες των Μαθητών στην Κατανόηση της Χημικής Αντίδρασης και της Διατήρησης της Μάζας

Κατερίνα Σάλτα*¹

Χρύσα Τζουγκράκη¹

¹Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ, Πανεπιστημιόπολη – Ζωγράφου 157 71 Αθήνα,
ksalta@chem.uoa.gr, tzougraki@chem.uoa.gr

Περίληψη

Οι έννοιες χημική αντίδραση, διατήρηση της μάζας και διατήρηση των ατόμων είναι θεμελιώδεις έννοιες της Χημείας. Έχει, όμως, διαπιστωθεί ότι οι μαθητές χρησιμοποιούν τον όρο χημική αντίδραση χωρίς να κατανοούν την αναδιάταξη των ατόμων. Επιπλέον, έχουν δυσκολίες με τις παραπάνω έννοιες της διατήρησης καθώς αυτές ανήκουν στην κατηγορία των μη παρατηρούμενων. Δεν προέρχονται, δηλαδή, από τις αισθήσεις, αλλά πρέπει να κατασκευαστούν νοηματικά. Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προκύπτει η ανάγκη για διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τις χημικές μεταβολές και τη διατήρηση των ιδιοτήτων της ύλης. Η παρούσα εργασία περιγράφει τα αποτελέσματα έρευνας με την οποία ελέγχθηκαν οι ιδέες των μαθητών για τις παραπάνω έννοιες. Στην έρευνα συμμετείχαν 499 μαθητές της Γ' τάξης του Γυμνασίου και 624 μαθητές της Β' τάξης του Λυκείου από σχολεία των νομών Αττικής, Βοιωτίας, Ηρακλείου Κρήτης και Θεσσαλονίκης. Χρησιμοποιήθηκαν έξι ασκήσεις, δύο ασκήσεις κατανόησης με οπτικές αναπαραστάσεις μορίων, δύο ασκήσεις κατανόησης διατυπωμένες λεκτικά, οι οποίες ήταν σχετικές με καταστάσεις της καθημερινής ζωής των μαθητών, και δύο αλγοριθμικές ασκήσεις. Από την ανάλυση περιεχομένου των απαντήσεων των μαθητών διαπιστώθηκαν αρκετές παρανοήσεις σχετικά με τις χημικές αντιδράσεις, όπως οι αντιλήψεις ότι: (α) χημική αντίδραση είναι απλώς η αλλαγή μορφής ή φυσικής κατάστασης ενός από τα αντιδρώντα και (β) κατά την καύση μέρος του καυσίμου μετατρέπεται είτε σε θερμότητα είτε σε μηχανική ή κινητική ενέργεια. Από τη στατιστική ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών βρέθηκε ότι οι μαθητές έχουν καλύτερες επιδόσεις στις ασκήσεις με τις οπτικές αναπαραστάσεις ενώ δεν μπορούν να συνδέσουν τις γνώσεις Χημείας με τις καταστάσεις της καθημερινής τους ζωής.

Εισαγωγή

Στην καθημερινή τους ζωή οι μαθητές έρχονται σε επαφή με πολλές χημικές αντιδράσεις. Επίσης, στο μάθημα της Χημείας, μπορούν να δουν μεταβολές ωραίων χρωμάτων, εντυπωσιακές εκρήξεις και υλικά με ασυνήθιστες ιδιότητες, όπως μαλακά μέταλλα που μπορούν να

κοπούν με το μαχαίρι. Το στοιχείο της έκπληξης, που περικλείουν αυτές οι μεταβολές, κινεί το ενδιαφέρον των μαθητών για τη μελέτη των αντίστοιχων φαινομένων. Σκοπός του μαθήματος της Χημείας είναι να επιβάλλει κανονικότητες σε αυτήν την ποικιλομορφία. Από την εποχή των αλχημιστών, άλλωστε, οι χημικοί αναζητούσαν εκείνο που παραμένει αναλλοίωτο, μέσα από όλες τις παρατηρούμενες μεταβολές της ύλης.

Οι χημικές αντιδράσεις είναι οι διαδικασίες που μετατρέπουν τις ουσίες σε άλλες ουσίες. Σύμφωνα με την ατομική θεωρία του Dalton, «χημική αντίδραση είναι η αναδιάταξη των ατόμων που υπάρχουν στις ουσίες που αντιδρούν και η δημιουργία νέων συνδυασμών ατόμων στις ουσίες που σχηματίζονται κατά την αντίδραση» (Ebbing, 2002). Σε καμιά χημική αντίδραση δεν δημιουργούνται και δεν εξαφανίζονται άτομα. Το 1785 ο Antoine Laurent Lavoisier απέδειξε ότι κατά τη διάρκεια μιας χημικής αντίδρασης δεν υπάρχει μετρίσιμη μεταβολή στη μάζα, δηλαδή η μάζα των προϊόντων είναι ίση με τη μάζα των αντιδρώντων ουσιών (Pauling, 1970). Οι Hesse and Anderson (1992) αναφέρουν ότι, παρόλο που οι μαθητές χρησιμοποιούν τον όρο χημική αντίδραση στις ερμηνείες τους, δεν κατανοούν ότι κατά τις χημικές αντιδράσεις τα άτομα ανασυνδυάζονται.

Η θεωρία της νοητικής ανάπτυξης του Piaget προτείνει ότι, από πολύ νωρίς, τα νήπια χρειάζεται να οικοδομήσουν την έννοια του αμετάβλητου, δηλαδή της μονιμότητας των πραγμάτων, που τους επιτρέπει να αλληλεπιδρούν με την πραγματικότητα. Με τη νοητική ανάπτυξη τα παιδιά είναι ικανά να προχωρούν πέρα από την άμεση εμφάνιση, οικοδομώντας ποσοτικές έννοιες για τη διατήρηση. Η διατήρηση ποσοτήτων μάζας ή ουσίας, όπως μελετήθηκαν από τους Piaget και Inhelder (1974), μπορεί να εξαχθεί κατευθείαν από τις παρατηρήσεις. Υπάρχουν, όμως, πιο σύνθετα είδη διατήρησης τα οποία υφίστανται πέρα από τις παρατηρήσεις. Οι περισσότερες έννοιες διατήρησης στα μαθήματα των φυσικών επιστημών ανήκουν στην τελευταία κατηγορία των μη παρατηρούμενων διατηρήσεων, όπως για παράδειγμα η διατήρηση της ενέργειας. Δεν προέρχονται από τις αισθήσεις αλλά πρέπει να κατασκευαστούν νοηματικά. Οι μαθητές μπορούν με μεγάλη δυσκολία να εξηγήσουν πως τα πράγματα πέφτουν, καίγονται και διαλύονται, αν δεν λάβουν υπόψη τους την ύπαρξη βασικών μη παρατηρούμενων ιδιοτήτων που παραμένουν αμετάβλητες μετά την πτώση, την καύση και τη διάλυση των πραγμάτων (Gomez et al., 1995).

Η Χημεία είναι το επιστημονικό πεδίο στο οποίο η διατήρηση είναι βασική αρχή. Στο μάθημα της Χημείας, οι μαθητές πρέπει να κατανοήσουν τη διατήρηση των ιδιοτήτων της ύλης για να ερμηνεύσουν τις φυσικές και χημικές μεταβολές (DeMeo, 2001) καθώς και για τη διάκριση τους. Όταν η ύλη υφίσταται φυσικές μεταβολές, η

ουσία ή οι ουσίες που εμπλέκονται δεν μεταβάλουν τη μικροσκοπική τους δομή, και επομένως διατηρούν τις ταυτότητές τους. Ενώ, αντίθετα, μετά από μια χημική αντίδραση οι αρχικές χημικές ουσίες δεν διατηρούνται. Αυτό που συμβαίνει είναι μια αναδιοργάνωση στη μικροσκοπική δομή της ύλης, επομένως τα άτομα διατηρούνται, αλλά με μια διαφορετική οργάνωση και κατανομή.

Μελέτες που αφορούν τις ιδέες που έχουν οι μαθητές για τις χημικές αντιδράσεις έχουν γίνει σε πολλές χώρες του κόσμου. Παρά τις διαφορές στη γλώσσα και στο περιεχόμενο των φυσικών επιστημών που διδάσκονται στο σχολείο, οι μαθητές παρουσιάζουν κοινά χαρακτηριστικά στους τύπους των ιδεών που συναντάμε στους συλλογισμούς τους.

Ένα γενικό σχήμα, για τον τρόπο που κατανοούν οι μαθητές τις χημικές αντιδράσεις, έχει προταθεί από τον Anderson (1986), που υποστηρίζει ότι οι χαρακτηριστικές αντιλήψεις των μαθητών μπορούν να συνοψισθούν ως εξής:

1. *Τα πράγματα είναι έτσι όπως συμβαίνουν.* Όταν οι μαθητές δεν προβληματίζονται για το τι συμβαίνει σε μια χημική μεταβολή.
2. *Μετακίνηση.* Όταν οι μαθητές ισχυρίζονται ότι μια «νέα» ουσία εμφανίζεται, απλά επειδή αυτή έχει μετακινηθεί από κάπου αλλού: ο καπνός που σχηματίζεται, όταν καίγεται το ξύλο, φαίνεται να φεύγει (μετακινείται) από το ξύλο, με τη φλόγα.
3. *Μετατροπή.* Σε αυτή την περίπτωση, οι μαθητές θεωρούν ότι η νέα ουσία είναι η αρχική ουσία αλλά με άλλη μορφή. Μερικοί από τους μαθητές, που ρωτήθηκαν για το κάψιμο ενός κομματιού ξύλου, ισχυρίστηκαν ότι η στάχτη είναι κομμάτι του ξύλου, αλλά με διαφορετική μορφή.
4. *Μεταλλαγή.* Εδώ, η αρχική ουσία θεωρείται ότι μετασχηματίζεται σε μια εντελώς άλλη ουσία.
5. *Χημική αλληλεπίδραση.* Κατά την άποψη αυτή, οι ουσίες θεωρούνται ότι συνίστανται από άτομα διαφορετικών στοιχείων. Νέες ουσίες μπορούν να σχηματιστούν από το διαχωρισμό ή την επανασύνδεση των ατόμων των αρχικών ουσιών.

Αν και η άποψη της χημικής αλληλεπίδρασης είναι εκείνη που εισάγεται με τη διδασκαλία, φαίνεται ότι και οι άλλες απόψεις και ερμηνείες των χημικών μεταβολών είναι αρκετά διαδεδομένες στον τρόπο σκέψης των μαθητών.

Στα σχολεία μας τόσο η χημική αντίδραση όσο και η διατήρηση της μάζας και των ατόμων διδάσκεται στη Β' τάξη του Γυμνασίου και στην Α' τάξη του Λυκείου. Σκοπός της έρευνάς μας είναι να ελεγχθεί πως έχουν κατανοήσει οι μαθητές τις παραπάνω έννοιες.

Έρευνα και Αποτελέσματα

Η παρούσα έρευνα μπορεί να χαρακτηριστεί ως περιγραφική (Παρασκευόπουλος, 1993). Για τη διεξαγωγή της επιδιώχθηκε, καταρχήν, να οργανωθεί προσεκτικά ένα σύνολο ερωτήσεων, το οποίο θα μας έδινε σαφείς και πλήρεις νοήματος πληροφορίες για το πως κατανοούν οι μαθητές τη χημική αντίδραση. Οι ερωτήσεις οργανώθηκαν έτσι ώστε να εξασφαλισθεί: (α) η ψυχολογική αποφόρτιση, αφού απαντώντας ανώνυμα οι μαθητές δεν διατρέχουν κάποιο προσωπικό κίνδυνο που έχει σχέση με το βαθμό τους ή την προαγωγή τους, και (β) η σφαιρικότητα, με ερωτήσεις διαφόρων μορφών. Κατά τη σύνταξη των ερωτήσεων ακολουθήθηκαν οι γενικές αρχές - κανόνες που προτείνονται από τη βιβλιογραφία (Μυλωνάς, 1999, Παρασκευόπουλος 1993). Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε περιλαμβάνει τα παρακάτω στάδια:

A. Έλεγχος εγκυρότητας: Οι ερωτήσεις δόθηκαν σε δέκα κριτές (με ειδικές γνώσεις και εμπειρία στην εκπαίδευση) για τον έλεγχο της εγκυρότητας περιεχομένου και της εγκυρότητας της βαθμολόγησης.

B. Τη διεξαγωγή της έρευνας: Η έρευνα πραγματοποιήθηκε την Άνοιξη του 2004 με ερωτηματολόγια. Συμμετείχαν τετρακόσιοι ενενήντα εννέα (499) μαθητές ηλικίας 14-15 ετών της Γ' τάξης εννέα (9) Γυμνασίων και εξακόσιοι είκοσι τέσσερις (624) μαθητές ηλικίας 16-17 ετών της Β' τάξης οκτώ (8) Ενιαίων Λυκείων της χώρας. Όλοι οι μαθητές είχαν διδαχθεί τις έννοιες - στόχους της έρευνας.

Μετά την εφαρμογή των ερωτηματολογίων ακολούθησε ποσοτική ανάλυση όλων των απαντήσεων των μαθητών. Δόθηκε, επίσης, ιδιαίτερη προσοχή στην ανάλυση περιεχομένου και στην ερμηνεία των απαντήσεων των μαθητών που αποτέλεσαν το δείγμα της έρευνάς μας.

Από τις έξι ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν οι δύο (1, 2) περιλαμβάνουν σχέδια που αναπαριστούν μικροσκοπικά χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις (παράρτημα).

Συγκρίνοντας τα ποσοστά των μαθητών που απάντησαν σωστά στην κάθε μία ερώτηση, φαίνεται ότι ο μεγαλύτερος αριθμός σωματιδίων στην άσκηση που αναφέρεται στη σύνθεση της αμμωνίας δυσκολεύει τους μαθητές και για αυτό οι περισσότεροι απάντησαν σωστά στην ερώτηση διάσπασης του υδροχλωρίου.

Πίνακας 1. Ποσοστό μαθητών που απάντησαν ορθά στις ασκήσεις 1 και 2

	ΓΥΜΝΑΣΙΟ N=499		ΛΥΚΕΙΟ N=624	
1. Διάσπαση του υδροχλωρίου	406	81,4%	515	82,5%
2. Σύνθεση της αμμωνίας	353	70,7%	435	69,7%
Διάσπαση υδροχλωρίου + Σύνθεση αμμωνίας	333	66,7%	408	65,4%
Δεν απαντά	22	4,4%	27	4,3%

Η τρίτη άσκηση είναι άσκηση κατανόησης λεκτικά διατυπωμένη (παράρτημα), στην οποία το 22,4% των μαθητών του Γυμνασίου και το 21,2% των μαθητών του Λυκείου απάντησαν ότι δεν μπορούν να προβλέψουν τη μάζα των καυσαερίων. Μεγάλο επίσης είναι και το ποσοστό των μαθητών που δεν εξήγησε την επιλογή του (το 35,9% στο Γυμνάσιο και το 27,2% στο Λύκειο).

Πίνακας 2. Ποσοστό μαθητών που απάντησαν ορθά στην άσκηση τη σχετική με την αντίδραση καύσης

	ΓΥΜΝΑΣΙΟ N=499		ΛΥΚΕΙΟ N=624	
Η μάζα των καυσαερίων >50 Kg	79	15,8%	63	10,1%
Ερμηνεία σωστή	7	1,4%	13	2,1%
Δεν απαντά	35	7,0%	51	8,2%

Στο Γυμνάσιο το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών (157 - 31,5%) θεωρεί τη μάζα των καυσαερίων ίση με τη μάζα της βενζίνης. Στις εξηγήσεις που έδωσαν για την επιλογή τους 28 μαθητές ανέφεραν το νόμο διατήρησης της μάζας και 22 μαθητές χρησιμοποίησαν εκφράσεις που δείχνουν την αντίληψη ότι η βενζίνη αλλάζει απλώς μορφή και η μάζα της παραμένει ίδια. Μεγάλο είναι επίσης το ποσοστό των μαθητών (116 - 23,2%) που θεωρούν τη μάζα των καυσαερίων μικρότερη από τη μάζα της βενζίνης. Από αυτούς, οι 17 χρησιμοποίησαν εκφράσεις που φανερώνουν την αντίληψη ότι αλλάζει η φυσική κατάσταση (το υγρό γίνεται αέριο) και ελαττώνεται η μάζα καθώς τα αέρια έχουν μικρότερη ή και καθόλου μάζα και οι 37 έδωσαν την εξήγηση ότι δεν μετατρέπεται όλη η βενζίνη σε

καυσαέρια. Από τους 37 μαθητές οι οποίοι θεωρούν ότι δεν μετατρέπεται η βενζίνη μόνο σε καυσαέρια, ένας ισχυρίστηκε ότι δίνει και νερό, πέντε ότι μετατρέπεται και σε θερμότητα, πέντε ότι μετατρέπεται σε κινητική ή μηχανική ενέργεια, 11 ότι αφήνει και υπολείμματα και 15 δεν έδωσαν επιπλέον εξήγηση. Τέλος, από τους 79 μαθητές που απάντησαν σωστά ότι η μάζα των καυσαερίων είναι μεγαλύτερη από τη μάζα της βενζίνης μόνο 7 έδωσαν σωστή ερμηνεία. Στο Λύκειο το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών (292 – 46,8%) θεωρεί τη μάζα των καυσαερίων μικρότερη από τη μάζα της βενζίνης. Στις εξηγήσεις που έδωσαν για την επιλογή τους 23 μαθητές χρησιμοποίησαν εκφράσεις που φανερώνουν την αντίληψη ότι αλλάζει η φυσική κατάσταση (το υγρό γίνεται αέριο) και ελαττώνεται η μάζα καθώς τα αέρια έχουν μικρότερη ή και καθόλου μάζα και 172 μαθητές ότι δεν μετατρέπεται όλη η βενζίνη σε καυσαέρια. Από τους 172 μαθητές οι οποίοι θεωρούν ότι δεν μετατρέπεται η βενζίνη μόνο σε καυσαέρια οι 15 ισχυρίζονται ότι δίνει και νερό, οι 24 ότι μετατρέπεται και σε θερμότητα, οι 46 ότι μετατρέπεται σε κινητική ή μηχανική ενέργεια, οι 30 ότι αφήνει υπολείμματα και 57 μαθητές δεν έδωσαν επιπλέον εξήγηση. Αρκετοί μαθητές (86 – 13,8%) θεωρούν ότι η μάζα των καυσαερίων είναι ίση με τη μάζα της βενζίνης. Στις εξηγήσεις που έδωσαν για την επιλογή τους 15 μαθητές ανέφεραν το νόμο διατήρησης της μάζας και 19 μαθητές χρησιμοποίησαν εκφράσεις που δείχνουν την αντίληψη ότι η βενζίνη αλλάζει απλώς μορφή και η μάζα της παραμένει ίδια. Τέλος, από τους 63 μαθητές που απάντησαν σωστά ότι η μάζα των καυσαερίων είναι μεγαλύτερη από τη μάζα της βενζίνης μόνο 13 μαθητές έδωσαν σωστή ερμηνεία.

Πίνακας 3. Παρανοήσεις σχετικές με την αντίδραση καύσης

Παρανόηση	Εκφράσεις μαθητών
Η βενζίνη αλλάζει απλώς μορφή και η μάζα της παραμένει ίδια	→ η βενζίνη μετατράπηκε σε καυσαέρια → η βενζίνη είναι σε υγρή μορφή και όταν γίνει καυσαέριο είναι σε αέρια μορφή → η βενζίνη εξατμίστηκε → αλλάζει μόνο η φυσική κατάσταση
Αλλάζει η φυσική κατάσταση (το υγρό γίνεται αέριο) και ελαττώνεται η μάζα καθώς τα αέρια έχουν μικρότερη ή και καθόλου μάζα	→ υπάρχει διαφορά μεταξύ υγρών και αερίων → το υγρό μετατράπηκε σε αέριο και το αέριο έχει μικρότερη μάζα → τα αέρια δεν έχουν βάρος

Η βενζίνη δεν μετατρέπεται όλη σε καυσαέρια	→ μετατρέπεται σε νερό → μετατρέπεται σε θερμότητα → μετατρέπεται σε κινητική και μηχανική ενέργεια → μένουν υπολείμματα
Εξαρτάται από άλλους παράγοντες	→ ανάλογα με την ταχύτητα → ανάλογα με την κατανάλωση ενέργειας → λόγω τριβών

Η τέταρτη άσκηση είναι, επίσης, άσκηση κατανόησης λεκτικά διατυπωμένη (παράρτημα), στην οποία το 17,0% των μαθητών του Γυμνασίου και το 18,3% των μαθητών του Λυκείου απάντησαν ότι δεν μπορούν να προβλέψουν τη μάζα του σκουριασμένου καρφίου. Μεγάλο επίσης είναι και το ποσοστό των μαθητών που δεν εξήγησε την επιλογή του (το 40,5% στο Γυμνάσιο και το 32,3% στο Λύκειο). Στο Γυμνάσιο, ένα μεγάλο ποσοστό των μαθητών (130 – 26,1%) θεωρεί τη μάζα του σκουριασμένου καρφίου μικρότερη. Πενήντα πέντε (55) μαθητές έδωσαν εξηγήσεις για την επιλογή τους που περιέχουν εκφράσεις οι οποίες φανερώνουν την αντίληψη ότι η σκουριά φθείρει.

Πίνακας 4. Ποσοστό μαθητών που απάντησαν ορθά στην άσκηση τη σχετική με τη μάζα του σκουριασμένου καρφίου

	ΓΥΜΝΑΣΙΟ N=499		ΛΥΚΕΙΟ N=624	
Η μάζα της σκουριάς > 10 g	138	27,7%	143	22,9%
Ερμηνεία σωστή	25	5,0%	47	7,5%
Δεν απαντά	49	9,8%	64	10,3%

Μεγάλο είναι επίσης το ποσοστό των μαθητών (97 –19,4%) που θεωρούν τη μάζα του σκουριασμένου καρφίου ίση με την αρχική μάζα. Από αυτούς, 15 ανέφεραν στο νόμο διατήρησης της μάζας και 21 χρησιμοποίησαν εκφράσεις που φανερώνουν την αντίληψη ότι ο σίδηρος μετατρέπεται σε σκουριά, αλλά η μάζα παραμένει σταθερή. Από τους 138 μαθητές (27,7%) που απάντησαν σωστά ότι η μάζα του σκουριασμένου καρφίου είναι μεγαλύτερη, 45 χρησιμοποίησαν εκφράσεις που φανερώνουν αντιλήψεις όπως: η σκουριά μεταφέρεται

από τον αέρα ή από το σίδηρο ή ότι ο σίδηρος μετασχηματίζεται σε σκουριά με μεγαλύτερη μάζα και μόνο 25 έδωσαν τη σωστή ερμηνεία.

Πίνακας 5. Παρανοήσεις σχετικές με το σκουριασμα του καρφιού

Παρανόηση	Εκφράσεις μαθητών
Η σκουριά μεταφέρεται από τον αέρα ή από το σίδηρο και μεγαλώνει η μάζα	→ θα μαζευτεί και η σκουριά → πάνω στο καρφί έχει πάει και τη σκουριά
Ο σίδηρος μετατρέπεται σε σκουριά αλλά η μάζα παραμένει σταθερή ή ότι ο σίδηρος μετατρέπεται σε σκουριά με μεγαλύτερη μάζα	→ όταν σκουριάζει δεν αλλάζει η μάζα του αλλά η κατάσταση του → αλλάζει μόνο η σύστασή του → η σκουριά δεν καταλαμβάνει ιδιαίτερη μάζα → η σκουριά έχει μεγαλύτερη μάζα από τον καθαρό σίδηρο
Η σκουριά φθείρει	→ η σκουριά θα φάει το σίδηρο → η σκουριά μικραίνει τη μάζα → αλλοιώνεται ο σίδηρος → η σκουριά διαβρώνει
Εξαρτάται από άλλους παράγοντες	→ δεν ξέρω πόση ώρα είναι εκτεθειμένο → εξαρτάται από το χρόνο

Στο Λύκειο, το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών (169 – 27,1%) ισχυρίσθηκε ότι η μάζα του σκουριασμένου καρφιού είναι μικρότερη. Η πλειονότητα αυτών (106 μαθητές) στις εξηγήσεις τους χρησιμοποίησαν εκφράσεις που φανερώνουν την αντίληψη ότι η σκουριά φθείρει. Αρκετοί είναι επίσης οι μαθητές (134 –21,5%) που θεωρούν τη μάζα του σκουριασμένου καρφιού ίση με την αρχική μάζα. Από αυτούς, 9 αναφέρονται στο νόμο διατήρησης της μάζας και 59 χρησιμοποίησαν εκφράσεις που φανερώνουν την αντίληψη ότι ο σίδηρος μετατρέπεται σε σκουριά αλλά η μάζα παραμένει σταθερή. Από τους 143 μαθητές (22,9%) που απάντησαν σωστά ότι η μάζα του σκουριασμένου καρφιού είναι μεγαλύτερη, 31 χρησιμοποίησαν εκφράσεις που φανερώνουν αντιλήψεις όπως: η σκουριά μεταφέρεται από τον αέρα ή από το σίδηρο ή ότι ο σίδηρος μετασχηματίζεται σε σκουριά με μεγαλύτερη μάζα και 47 έδωσαν σωστή ερμηνεία.

Οι δύο τελευταίες ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν (5, 6) περιλαμβάνουν αλγοριθμικές ερωτήσεις (παράρτημα). Από τους 175 μαθητές Γυμνασίου που έλυσαν σωστά το πρόβλημα της καύσης του υδρογόνου, οι 81 έλυσαν και το πρόβλημα της καύσης του μεθανίου. Το δεύτερο πρόβλημα το έλυσαν και 3 μαθητές που δεν είχαν λύσει το πρώτο. Από τους 284 μαθητές Λυκείου που έλυσαν σωστά το πρόβλημα της καύσης του υδρογόνου, οι 187 έλυσαν και το πρόβλημα της καύσης του μεθανίου. Το δεύτερο πρόβλημα το έλυσαν και 11 μαθητές που δεν είχαν λύσει το πρώτο.

Από τους 289 μαθητές που μπορούσαν να χαρακτηρίσουν και τα τρία σώματα που συμμετέχουν στην αντίδραση καύσης του υδρογόνου ως αντιδρώντα και προϊόντα μόνο οι 129 (44, 6%) μπορούσαν να λύσουν το πρόβλημα. Από τους 152 μαθητές που μπορούσαν να χαρακτηρίσουν και τα τέσσερα σώματα που συμμετέχουν στην αντίδραση καύσης του μεθανίου ως αντιδρώντα και προϊόντα μόνο οι 55 (36,2 %) μπορούσαν να λύσουν το πρόβλημα.

Πίνακας 6. Ποσοστό μαθητών που απάντησαν ορθά στις ασκήσεις 5, 6

	ΓΥΜΝΑΣΙΟ N=499		ΛΥΚΕΙΟ N=624	
5. Καύση υδρογόνου (36 g νερό)	175	35,1%	284	45,5%
Δεν απαντά	57	11,4%	54	8,7%
6. Καύση μεθανίου (16 g οξυγόνο)	84	16,8%	198	31,7%
Δεν απαντά	54	10,8%	39	6,3%
Καύση υδρογόνου + Καύση μεθανίου	81	16,2%	187	30,0%

Αντίστοιχα είναι τα αποτελέσματα των μαθητών του Λυκείου. Από τους 447 μαθητές που μπορούσαν να χαρακτηρίσουν και τα τρία σώματα ως αντιδρώντα και προϊόντα της αντίδρασης καύσης του υδρογόνου μόνο οι 248 (55,5 %) μπορούσαν να λύσουν το πρόβλημα. Και από τους 316 μαθητές που μπορούσαν να χαρακτηρίσουν και τα τέσσερα σώματα ως αντιδρώντα και προϊόντα της αντίδρασης καύσης του μεθανίου μόνο οι 149 (47,2 %) μπορούσαν να λύσουν το πρόβλημα. Ενδιαφέρον παρουσιάζει το ποσοστό των μαθητών του Λυκείου (61 μαθητές, περίπου 10%) που προσπάθησαν να λύσουν τις ασκήσεις με

στοιχειομετρικούς υπολογισμούς χρησιμοποιώντας την έννοια mole αν και δεν τους δίνονταν οι σχετικές ατομικές μάζες των στοιχείων. Από αυτούς, οι μισοί (31) έλυσαν σωστά την άσκηση της καύσης του υδρογόνου, ενώ μόνο 19 μαθητές έλυσαν σωστά την άσκηση της καύσης του μεθανίου.

Συμπεράσματα

Ένα σημαντικό ποσοστό μαθητών αντιλαμβάνονται την αντίδραση καύσης μάλλον ως μια διαδικασία μετατροπής του καυσίμου σε καυσαέριο (αλλαγή μορφής ή φυσικής κατάστασης) (Anderson, 1986). Υπάρχουν μαθητές, ιδιαίτερα στο Λύκειο, που ισχυρίζονται ότι κατά την καύση μέρος του καυσίμου μετατρέπεται είτε σε θερμότητα είτε σε μηχανική ή κινητική ενέργεια. Η αντίληψη αυτή έχει καταγραφεί σε φοιτητές αλλά και σε δασκάλους φυσικών επιστημών (Bodner, 1991; Chou Chi-Yang, 2002).

Οι μαθητές προκειμένου να εξηγήσουν τη μεταβολή στη μάζα ενός καρφιού που σκουριάζει χρησιμοποίησαν εκφράσεις οι οποίες αναδεικνύουν τις παρανοήσεις τους για τη χημική αντίδραση της οξειδωσης. Η παρανόηση που φαίνεται να έχει το μεγαλύτερο ποσοστό των μαθητών είναι ότι η σκουριά φθείρει. Οι μαθητές αυτοί αντιλαμβάνονται τη σκουριά περισσότερο ως αντιδρών που επιδρά στο σίδηρο και το διαβρώνει, παρά ως το προϊόν της αντίδρασης του σιδήρου με το οξυγόνο. Άλλη παρανόηση είναι αυτή που αφορά στην αντίληψη των μαθητών ότι σε μια χημική αντίδραση ένα από τα αντιδρώντα αλλάζει μορφή. Τέλος, ένα πολύ μικρό ποσοστό μαθητών είναι αυτοί οι οποίοι προβλέπουν σωστά την αύξηση της μάζας του καρφιού με την οξείδωσή του, αλλά έχουν αντιλήψεις όπως: η σκουριά μεταφέρεται από τον αέρα ή από το σίδηρο ή ότι ο σίδηρος μετασχηματίζεται σε σκουριά με μεγαλύτερη μάζα.

Στις δύο από τις έξι ασκήσεις που σχεδιάστηκαν για να μετρήσουν τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τη διατήρηση της μάζας χρησιμοποιήθηκαν εικόνες που αναπαριστούν μίγμα αντιδρώντων σωμάτων και μίγμα προϊόντων σε μικροσκοπικό επίπεδο. Από το μεγάλο ποσοστό σωστών απαντήσεων των μαθητών στις δύο αυτές ασκήσεις φαίνεται ότι η μικροσκοπική αναπαράσταση των σωματιδίων βοηθά στην κατανόηση του νόμου της διατήρησης. Η οπτικοποίηση των ατόμων διευκολύνει τους μαθητές στην καταμέτρησή τους πριν και μετά την αντίδραση και επομένως, στην ορθή εφαρμογή του νόμου της διατήρησης. Η έλλειψη, όμως, εξοικείωσης των μαθητών με τέτοιες αναπαραστάσεις έχει ως αποτέλεσμα να αυξάνει το ποσοστό αποτυχίας τους με την αύξηση της πολυπλοκότητας των μορίων και του αριθμού των σωματιδίων που περιέχονται στην αναπαράσταση (αμμωνία - μόριο τεσσάρων ατόμων σε σχέση με το υδροχλώριο - μόριο δύο ατόμων).

Πίνακας 6. Ποσοστά ορθών απαντήσεων ανά ομάδα ασκήσεων

ΑΣΚΗΣΕΙΣ	ΓΥΜΝΑΣΙΟ N=499		ΛΥΚΕΙΟ N=624	
Ερωτήσεις κατανόησης με οπτικές αναπαραστάσεις	333	66,7%	408	65,4%
Ερωτήσεις κατανόησης λεκτικά διατυπωμένες	18	3,6%	12	1,9%
Αλγοριθμικές ερωτήσεις	81	16,2%	187	30,0%

Όπως έχει καταγραφεί και στη βιβλιογραφία (Gabel and Bunce, 1994; Mason et al., 1997; Nakhleh, 1993; Zoller et al., 1995), οι αλγοριθμικές ασκήσεις φάνηκαν πιο εύκολες στους μαθητές από τις λεκτικές ασκήσεις κατανόησης. Στις αλγοριθμικές ασκήσεις που χρησιμοποιήθηκαν δίνονται όλα τα σώματα που συμμετέχουν στις αντιδράσεις, καθώς και οι μάζες κάποιων από αυτά, και καλούνται οι μαθητές, αφού πρώτα χαρακτηρίσουν τα σώματα ως αντιδρώντα και προϊόντα, να εκτελέσουν αλγοριθμικούς υπολογισμούς με τις μάζες που δίνονται εφαρμόζοντας το νόμο διατήρησης της μάζας. Από τις απαντήσεις των μαθητών φαίνεται ότι η γνώση των αντιδρώντων και προϊόντων μιας αντίδρασης είναι αναγκαία, αλλά όχι και ικανή συνθήκη για να μπορέσουν οι μαθητές να λύσουν ένα πρόβλημα εφαρμογής του νόμου διατήρησης της μάζας. Μεγάλο ρόλο παίζει και ο αριθμός των βημάτων (πράξεων) που πρέπει να εκτελέσει ο μαθητής για την επίλυση του προβλήματος, καθώς διαπιστώθηκε ότι όσα περισσότερα βήματα χρειάζεται η επίλυση του προβλήματος, τόσο μικρότερο είναι το ποσοστό επιτυχίας των μαθητών.

Οι δύο λεκτικές ασκήσεις κατανόησης που χρησιμοποιήθηκαν διαφέρουν μεταξύ τους γιατί στη μία αναφέρεται μόνο το ένα αντιδρών (καύσιμο) και απαιτείται να γνωρίζουν οι μαθητές το άλλο (οξυγόνο), ενώ στην άλλη αναφέρονται όλα τα αντιδρώντα (σίδηρος και οξυγόνο). Στις ασκήσεις αυτές φαίνεται ότι οι παρανοήσεις που έχουν οι μαθητές για τη χημική αντίδραση τους εμποδίζουν να φθάσουν σε σωστές λύσεις εφαρμόζοντας το νόμο διατήρησης της μάζας. Στην άσκηση με την αντίδραση οξειδωσης, όπου στην εκφώνηση αναφέρεται ότι ο σίδηρος με το οξυγόνο του αέρα σχηματίζει σκουριά, οι μαθητές που αντιλαμβάνονται τη σκουριά ως δραστική ουσία που καταστρέφει (εξαφανίζει) το σίδηρο αποτυγχάνουν να εφαρμόσουν ορθά το νόμο διατήρησης. Επίσης, αποτυγχάνουν όσοι αντιλαμβάνονται την αντίδραση ως αλλαγή μορφής του σιδήρου σε σκουριά ίσης μάζας ή σε σκουριά που λόγω διαφορετικής πυκνότητας έχει μικρότερη μάζα. Ομοίως, όσοι μαθητές αντιλαμβάνονται την αντίδραση καύσης μάλλον ως μια διαδικασία

μετατροπής (αλλαγή μορφής ή φυσικής κατάστασης) του καυσίμου σε καυσαέριο, ισχυρίζονται ότι η μάζα των καυσαερίων είναι ίση με τη μάζα του καυσίμου. Επιπλέον, ορισμένοι μαθητές που έχουν την παραπάνω αντίληψη για την καύση και την παρανόηση ότι τα αέρια δεν έχουν καθόλου μάζα ή ότι έχουν μικρότερη μάζα από τα υγρά, συμπεραίνουν ότι η μάζα των καυσαερίων είναι μικρότερη από αυτή του καυσίμου. Οι δύο τελευταίες ασκήσεις αναφέρονται σε καταστάσεις της καθημερινής ζωής των μαθητών. Η σύγκριση των επιδόσεων των μαθητών στις τρεις κατηγορίες ασκήσεων μας επιτρέπει να επισημάνουμε ότι ούτε οι μαθητές του Γυμνασίου, αλλά ούτε και του Λυκείου μπορούν να χρησιμοποιούν τις όποιες γνώσεις Χημείας έχουν για να εξηγούν σχετικά προβλήματα της καθημερινής ζωής.

Το γεγονός ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες με τη μάθηση της Χημείας έχει διεθνώς τεκμηριωθεί καλά (Gabel, 1998) και έχει αποδοθεί σε ποικίλους παράγοντες, όπως οι αφηρημένες έννοιες που περιλαμβάνει το αντικείμενο της διδασκαλίας (Herron, 1975) η μικρή εμπειρία των μαθητών με τη γλώσσα της Χημείας, και τα διαφορετικά επίπεδα αναπαραστάσεων που χρησιμοποιούν οι χημικοί (Gabel et al., 1985).

Η Χημεία εμπεριέχει την ερμηνεία των ευδιάκριτων (ορατών με γυμνό μάτι) μεταβολών της ύλης (π.χ. αλλαγές χρωμάτων, οσμές, φυσαλίδες) σε ένα συγκεκριμένο μακροσκοπικό ή εργαστηριακό επίπεδο με όρους δυσδιάκριτων μεταβολών στη δομή και διαδικασίες σε ένα «φανταστικό» μικροσκοπικό ή μοριακό επίπεδο. Αυτές οι μεταβολές αναπαριστώνται μετά σε ένα αφηρημένο συμβολικό επίπεδο με δύο τρόπους: ποιοτικά, χρησιμοποιώντας εξειδικευμένες παραστάσεις, γλώσσα, διαγράμματα και συμβολισμούς, καθώς και ποσοτικά, χρησιμοποιώντας μαθηματικά (εξισώσεις και γραφήματα). Η ανάγκη ενός μαθητή Χημείας να μετακινείται με ευχέρεια ανάμεσα στα τρία «επίπεδα σκέψης» είναι μία πρόκληση, ιδιαίτερα για τους αρχάριους μαθητές.

Βασικά, για να κατανοήσουν οι μαθητές τη χημική αντίδραση απαιτείται: (1) να έχουν κατανοήσει πλήρως την ιδέα της χημικής ουσίας (substance), (2) να έχουν αντιληφθεί ότι οι ουσίες διατηρούν την ταυτότητά τους κατά τη διάρκεια των μεταβολών της φυσικής τους κατάστασης, (3) να αναγνωρίζουν ότι κατά τη διάρκεια των χημικών μεταβολών (α) τα προϊόντα είναι διαφορετικές ουσίες από τα αντιδρώντα και (β) υπάρχει διατήρηση της ύλης σε ένα πιο θεμελιώδες επίπεδο. Η πλειονότητα των ερευνητών (Gabel, 1999) συμφωνεί ότι προϋπόθεση όλων αυτών είναι η κατανόηση της ατομικής θεωρίας. Πολλές από τις αποκαλούμενες παρανοήσεις των μαθητών σχετικά με τα αντιδρώντα ή τα προϊόντα, τις ερμηνείες των χημικών μεταβολών, τις μεταβολές της μάζας, τις μεταβολές της ενέργειας είναι εντελώς

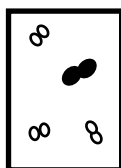
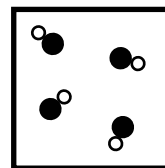
ασυμβίβαστες με την ατομική θεωρία, η οποία διαποτίζει όλη τη Χημεία (Valanides et al., 2003).

Βιβλιογραφία

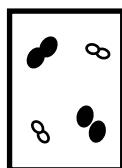
1. Andersson, B. (1986). Pupils' Explanations of Some Aspects of Chemical Reactions, *Science Education*, 70 (5), 549-563.
2. Bodner, G. M. (1991). I Have Found You an Argument, *Journal of Chemical Education*, 68 (5), 385-388.
3. Chou Chi-Yang (2002). Science Teachers' Understanding of Concepts in Chemistry, *Proceedings of the National Science Council, Republic of China. Part D: Mathematics, Science and Technology Education*, 2, (2), 73-78.
4. DeMeo, S. (2001). Making Assumptions Explicit: How the Law of Conservation of Matter Can Explain Empirical Formula Problems, *Journal of Chemical Education*, 78 (8), 1050-1052.
5. Ebbing, D. D. (2002). Gammon, D. S., *Γενική Χημεία*, μετ. Κλούρας Ν., εκδόσεις Τραυλός, Αθήνα.
6. Gabel, D.L., Samuel, K.V., Hunn, D. (1987). Understanding the Particulate Nature of Matter, *Journal of Chemical Education*, 64 (8), 695-697.
7. Gabel, D. L., and Bunce, D. M. (1994). Research on problem solving, in *Handbook of Research on science teaching and learning*, Gabel, D. L. ed., Macmillan, New York.
8. Gabel D. (1998). The complexity of Chemistry, in *International Handbook of Science Education*, Fraser B. J., Tobin K. G. eds., Kluwer Academic Publishers, Dordrecht,
9. Gabel, D. (1999). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future, *Journal of Chemical Education*, 76 (4), 548-554.
10. Gomez, M.A., Pozo, J.I., Sanz, A. (1995). Students' Ideas on Conservation of Matter: Effects of Expertise and Context Variables, *Science Education*, 79 (1), 77-93.
11. Herron, J. D. (1975). Piaget for chemist. Explaining what "good" students cannot understand, *Journal of Chemical Education*, 52 (3), 146-150.
12. Hesse, J. J. and Anderson, C. W. (1992). Students' conceptions of chemical change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (3), 277-299.
13. Mason, D. S., Shell, D. F., Crawley, F. E. (1997). Differences in Problem Solving by Nonscience Majors in Introductory Chemistry on Pair Algorithmic-Conceptual Problems, *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (9), 905-933.
14. Μυλωνάς, Κ. (1999). Θεωρητικές Έννοιες Μετρικής και Ψυχομετρίας, (Πανεπιστημιακές σημειώσεις), ΕΚΠΑ, Αθήνα.
15. Nakhleh, M.B. (1993). Are Our Students Conceptual Thinkers or Algorithmic Solvers? *Journal of Chemical Education*, 70 (1), 52-55.
16. Pauling, L. (1970). General Chemistry. 3rd ed. W.H. Freeman, San Francisco.
17. Piaget, J., Inhelder, B. (1974). *The Child's Construction of Quantities*, Routledge and Kegan Paul, London.
18. Παρασκευόπουλος Ι. (1993). Μεθοδολογία Επιστημονικής Έρευνας, Αθήνα.
19. Valanides, N., Nicolaidou, A., Eilks, I. (2003). Twelfth Grade Students' Understanding of Oxidation and Combustion: using action research to improve teachers' practical knowledge and teaching practice, *Research in Science and Technological Education*, 21 (2), 159-175.
20. Zoller, U., Lubezky, A., Nakhleh, M.B., Tessier, B., Dori, Y. (1995). Success on Algorithmic and LOCS vs. Conceptual Chemistry Exam Questions, *Journal of Chemical Education*, 72 (11), 987-989.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

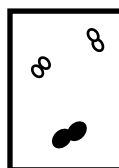
1. Η ποσότητα του υδροχλωρίου του διπλανού σχήματος διασπάται σε υδρογόνο και χλώριο. Ποιο από τα παρακάτω σχήματα απεικονίζει σωστά τα προϊόντα της αντίδρασης; **Βάλε σε κύκλο το γράμμα που αντιστοιχεί στο σχήμα που επέλεξες.**



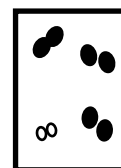
α



β

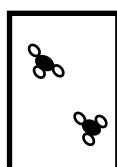
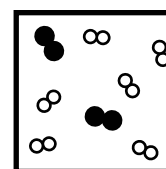


γ

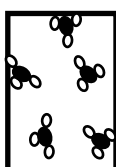


δ

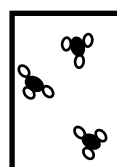
2. Οι ποσότητες του αζώτου και του υδρογόνου, του διπλανού σχήματος, αντιδρούν και σχηματίζουν αμμωνία. Ποιο από τα παρακάτω σχήματα απεικονίζει σωστά το προϊόν της αντίδρασης; **Βάλε σε κύκλο το γράμμα που αντιστοιχεί στο σχήμα που επέλεξες.**



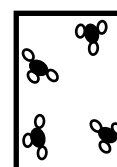
α



β



γ



δ

3. Γεμίζουμε το άδειο ρεζερβουάρ ενός αυτοκινήτου με 50kg βενζίνης. Το αυτοκίνητο κινείται μέχρι να αδειάσει το ρεζερβουάρ του. Πόση είναι η μάζα των καυσαερίων που εξέπεμψε το

αυτοκίνητο κατά τη διάρκεια της κίνησής του; **Σημείωσε μόνο ένα τετράγωνο.**

- ☐ ίση με 50kg
- ☐ μεγαλύτερη από 50kg
- ☐ μικρότερη από 50kg
- ☐ είναι αδύνατο να προβλέψω

Εξήγησε την επιλογή σου.

4. Ο σίδηρος με το οξυγόνο του αέρα σχηματίζει σκουριά. Όταν αφήσουμε ένα σιδερένιο καρφί μάζας 10g στον αέρα θα σκουριάσει. Πόση είναι η μάζα του σκουριασμένου καρφιού; **Σημείωσε μόνο ένα τετράγωνο.**

- ☐ ίση με 10g
- ☐ μεγαλύτερη από 10g
- ☐ μικρότερη από 10g
- ☐ είναι αδύνατο να προβλέψω

Εξήγησε την επιλογή σου.

Η αρχή διατήρησης της μάζας λέει:

«Σε μια χημική αντίδραση η συνολική μάζα των αντιδρώντων είναι ίση με τη συνολική μάζα των προϊόντων της αντίδρασης».

Χρησιμοποίησε την αρχή διατήρησης της μάζας για να απαντήσεις στα ερωτήματα:

5. Πόσα g νερού σχηματίζονται όταν 4g υδρογόνου αντιδράσουν πλήρως με 32g οξυγόνου;
6. Καίγονται 4g μεθανίου και σχηματίζονται 11g διοξειδίου του άνθρακα και 9g νερού. Πόσα g οξυγόνου αντέδρασαν;

Ποια από τα σώματα που συμμετέχουν στις χημικές αντιδράσεις του (α) και του (β) ερωτήματος χαρακτηρίζονται ως **αντιδρώντα** και ποια ως **προϊόντα**;

Σημείωσε το αντίστοιχο τετράγωνο για κάθε σώμα.

	Αντιδρών	Προϊόν
Υδρογόνο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Νερό	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Οξυγόνο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Μεθάνιο	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Διοξείδιο του άνθρακα	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Επισκόπηση απόψεων Χημικών και Χημικών Μηχανικών στις σύγχρονες τάσεις στη Διδακτική της Χημείας

Ξ. Βαμβακερός (*), Ε. Α. Παυλάτου², Ν. Σπυρέλλης³

Εργαστήριο Γενικής Χημείας, Σχολή Χημικών Μηχανικών,
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Ηρώων Πολυτεχνείου 9,
Πολυτεχνειούπολη Ζωγράφου, 157 80 Αθήνα.
xvambake@central.ntua.gr

Περίληψη

Κατά τη διάρκεια 2005-2006 πραγματοποιήθηκε έρευνα με σκοπό τη διερεύνηση των απόψεων των επιστημόνων Χημικών και Χημικών Μηχανικών στις σύγχρονες τάσεις στη Διδακτική της Χημείας. Το ερωτηματολόγιο της έρευνας σκόπευε στη διερεύνηση των απόψεων τόσο στο επίπεδο της απαιτούμενης έμφασης στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών της Χημείας (περιεχόμενο αλλά και διαδικασία διδασκαλίας και μάθησης), όσο και στις γενικότερες εκπαιδευτικές πεποιθήσεις και στις υποκείμενες επιστημολογικές προσεγγίσεις. Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται κάποια συνολικά ερευνητικά αποτελέσματα όπου διαπιστώνεται η προτίμηση των συμμετεχόντων στη διεπιστημονική-διαθεματική πλατφόρμα Φυσικές Επιστήμες/ Χημεία-Τεχνολογία-Κοινωνία-Περιβάλλον, στην οποία η έμφαση δίνεται στη συστημική μελέτη ολοκληρωμένων θεμάτων σε σχέση με το ευρύτερο κοινωνικό και περιβαλλοντικό πλαίσιο. Οι προτάσεις του ερωτηματολογίου της έρευνας διέπονται από διαφορετικές προσεγγίσεις που ολοκληρώνονται σε τρία ευρύτερα πλαίσια. Τα αποτελέσματα από τη βαθμολόγηση των προτάσεων έδειξαν ότι το ευρύ πλαίσιο που βασίστηκε στη προσέγγιση του κριτικού Επιστημονικού Ρεαλισμού επικράτησε, με την έννοια ότι συγκέντρωσε μέσο όρο βαθμολογίας σημαντικά υψηλότερο από τις άλλες προσεγγίσεις και από το γενικό μέσο όρο. Ακολούθησε η Ακαδημαϊκή προσέγγιση με μέτρια αποτελέσματα και μέσο όρο χαμηλότερο από το γενικό, και τελευταία ήταν η Κονστрукτιβιστική προσέγγιση με σημαντικά μικρότερο μέσο όρο. Οι απόψεις των συμμετεχόντων δεν εντάσσονται με αυστηρότητα σε ένα μόνο πλαίσιο προσέγγισης με εσωτερική συνέπεια και συνεκτικότητα. Διερευνήθηκαν οι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις των απόψεων μεταξύ τους, όπως και στη βάση των διαφορετικών δημογραφικών χαρακτηριστικών των συμμετεχόντων. Βρέθηκαν σημαντικές διαφοροποιήσεις στις απόψεις σε ποικίλες περιπτώσεις και ειδικά στις περιπτώσεις διαφορετικού

επιπέδου ή/και είδους μεταπτυχιακών σπουδών και διαφορετικής επαγγελματικής εμπειρίας-σταδιοδρομίας των συμμετεχόντων.

Εισαγωγή

Αναφορές από όλο τον κόσμο υπογραμμίζουν το πρόβλημα της έλλειψης σύνδεσης του μαθήματος της Χημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση με την καθημερινή ζωή και τα ενδιαφέροντα των μαθητών. Η Διδακτική των Φ.Ε. και της Χημείας, ακολουθώντας τις διεθνείς εξελίξεις και τάσεις, αναδεικνύει σαφώς μία τάση προς μία αναγκαία μεταρρύθμιση που σκοπεύει στην επίτευξη ενός κεντρικού στόχου, δηλαδή τον Επιστημονικό-Χημικό Αλφαριθμητισμό ή/και Εγγραμματισμό για όλους (AAAS 1993, Millar 1996, Millar and Osborne 1998, UNESCO 2000), παρά τις διαφορετικές προσεγγίσεις για το τι ακριβώς απαιτείται, τις αντιρρήσεις και τις σχετικές κριτικές (Shamos 1995, Jenkins 2000 στο Swartz et al 2005). Στις σύγχρονες τάσεις ο Επιστημονικός-Χημικός Αλφαριθμητισμός προσβλέπει, με μία ευρύτερη έννοια, στο να συμβάλλει στη διαμόρφωση ενεργών πολιτών, οι οποίοι θα συμμετέχουν στη δημοκρατική διαδικασία λήψης αποφάσεων για τα μεγάλα ζητήματα του 21^{ου} αιώνα και μάλιστα για αυτά που αφορούν το μέλλον του πλανήτη και την Περιβαλλοντική κρίση (Hodson 2003). Μεταρρυθμιστικές πρωτοβουλίες στη Διδακτική της Χημείας προσπαθούν να ανταποκριθούν σφαιρικά σε αυτά τα σύγχρονα προβλήματα επιχειρώντας μία ολιστική και συστημική προσέγγιση (Chemistry in context, Chemistry and Society, Chemistry and Environmental Education).

Η σχολική χημική εκπαίδευση ήταν παροδοσιακά, και είναι ακόμα σήμερα σε μεγάλο βαθμό, σε συμφωνία με τον κλασικό ακαδημαϊκό τρόπο διδασκαλίας και εκμάθησης των Φ.Ε., εξυπηρετώντας κυρίως τις ανάγκες των μαθητών που σκοπεύουν σε περαιτέρω επιστημονική σταδιοδρομία. Μεταρρυθμιστικές πρωτοβουλίες που σκόπευαν σε ένα ευρύ και πολυδιάστατο μοντέλο Φ.Ε. είχαν σε πολλές περιπτώσεις μικρή ή καθόλου επιτυχία. Πρόσφατες διεθνείς έρευνες διερεύννησαν τις αιτίες τέτοιων δυσχερειών και ανέφεραν τα ευρήματα τους για τους παράγοντες που παρεμποδίζουν και ακυρώνουν τις μεταρρυθμιστικές προσπάθειες (van Driel et al 2005, Swartz et al 2005). Ένα κοινό ερευνητικό εύρημα ήταν ότι οι σχεδιαστές μεταρρυθμίσεων και πολιτικών και οι λήπτες των αποφάσεων δεν ελάμβαναν προσεκτικά υπόψη τις απόψεις των ενδιαφερομένων μερών, ειδικά των εκπαιδευτικών οι οποίοι έπρεπε να τις εφαρμόσουν στην πράξη. Αντίθετα, προσπαθούσαν να επιβάλλουν τη δική τους προοπτική σαν τη μοναδική και αδιαμφισβήτητη σωστή. Κοινό συμπέρασμα όλων αυτών των αναφορών είναι ότι τέτοια πολιτική οδήγησε σε αποτυχία επειδή οι απόψεις και οι πεποιθήσεις που οι επιστήμονες διαμόρφωσαν

κατά τα χρόνια της δικής τους εκπαίδευσης τείνουν να είναι επίμονες και σταθερές (οι διδάσκοντες Χημεία στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση είναι συνήθως καλά κατηρτισμένοι επιστήμονες). Έχει επίσης υποστηριχθεί πειστικά ότι, η ταυτόχρονη παρουσία διαφορετικών και ασύμβατων μεταξύ τους προοπτικών στο ίδιο Πρόγραμμα Σπουδών και στις εκπαιδευτικές/επιστημολογικές προσεγγίσεις, προκαλεί σύγχυση στην εκπαιδευτική διαδικασία και παρεμποδίζει και ακυρώνει την όποια μεταρρυθμιστική πρωτοβουλία (Σκορδούλης 2005).

Τα προηγούμενα δύο χρόνια (2005-2006) πραγματοποιήθηκε έρευνα με σκοπό τη διερεύνηση των απόψεων των επιστημόνων Χημικών και Χημικών Μηχανικών στις σύγχρονες τάσεις στη Διδακτική της Χημείας. Το ερωτηματολόγιο της έρευνας σκόπευε στη διερεύνηση των απόψεων τόσο στο επίπεδο της απαιτούμενης έμφασης στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών της Χημείας (περιεχόμενο αλλά και διαδικασία διδασκαλίας και μάθησης), όσο και στις γενικότερες εκπαιδευτικές πεποιθήσεις και στις υποκείμενες επιστημολογικές προσεγγίσεις. Η έρευνα δεν απευθύνθηκε αποκλειστικά σε εκπαιδευτικούς αλλά και σε ενδιαφερόμενους να συμμετάσχουν Χημικούς και Χημικούς Μηχανικούς. Η επιλογή αυτή ήταν συνειδητή και σύμφωνη με τη γενικότερη προοπτική αυτής της εργασίας. Η πλατφόρμα Φ.Ε./Χημεία-Τεχνολογία-Κοινωνία-Περιβάλλον πρότεινε ότι πρέπει να ενταχθούν και να αφομοιωθούν στα επιστημονικά μαθήματα οι κοινωνικές τους διαστάσεις, κατά συνέπεια όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη στην κοινωνία πρέπει να εμπλακούν στην όποια πρωτοβουλία αλλιώς οι ίδιες αντινομίες και αντιξοότητες θα επαναληφθούν.

Το Θεωρητικό Πλαίσιο

Η Διδακτική της Χημείας εντάσσεται οργανικά στο ευρύτερο πλαίσιο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) και επομένως μπορεί να εκμεταλλεύεται και να αξιοποιεί τον πλούτο της έρευνας και του προβληματισμού που για δεκαετίες έχει αναπτυχθεί διεθνώς σε αυτό το χώρο. Οι ακόλουθες εκπαιδευτικές/παιδαγωγικές θεωρήσεις λήφθηκαν, κυρίως αλλά όχι αποκλειστικά, υπόψη ως θεωρητικό υπόβαθρο για αυτή την εργασία από το ευρύτερο πλαίσιο της Διδακτικής των Φ.Ε. (1-5) και ειδικότερα από το πλαίσιο της Διδακτικής της Χημείας (6-10):

1. Επιστημονική εκπαίδευση για όλους
2. Εκπαιδευτικός/παιδαγωγικός κονστρουκτιβισμός
3. Επιστημονικός Αλφαριθμητισμός/Εγγραμματισμός στον 21^ο αιώνα
4. Εκπαίδευση στις Φ.Ε. και η Ιδιότητα του Πολίτη
5. Φ.Ε./Χημεία-Τεχνολογία-Κοινωνία-Περιβάλλον
6. Συστημική προσέγγιση στη διδασκαλία και στην εκμάθηση της Χημείας

7. Χημικός Εγγραμματισμός
8. Η Χημεία στο ευρύτερο κοινωνικό και περιβαλλοντικό πλαίσιο
9. Πράσινη Χημεία
10. ΤΠΕ στη Διδακτική των Φ.Ε. και της Χημείας

Οι προτάσεις που περιλαμβάνονται στο ερωτηματολόγιο της έρευνας αντλούν ουσιαστικές έννοιες, οι οποίες έχουν αναπτυχθεί στο πλαίσιο των ανωτέρω θεωρήσεων. Επιπλέον, τα ζητήματα προσεγγίζονται και με την οπτική γωνία των υπόρρητων φιλοσοφικών/επιστημολογικών επιλογών. Η βαθύτερη κατανόηση της φύσης της επιστήμης έχει μεγάλη σημασία και επίδραση στα μαθήματα των Φ.Ε. και της Χημείας (Koulaidis and Ogborn 1988-1989-1995, Van Aalsvoort 2004, Earley 2004, Fouad 2005, Näpinen 2007).

Οι θεωρητικές συνιστώσες, οι οποίες αφορούν στην απαιτούμενη έμφαση στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών, στις γενικές εκπαιδευτικές πεποιθήσεις και στις υποκείμενες επιστημολογικές οπτικές, παρουσιάζονται συνοπτικά κατωτέρω με τις έννοιες να αναφέρονται επιγραμματικά .

Η απαιτούμενη έμφαση στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών:

α) Ακαδημαϊκή προσέγγιση, παραδοσιακό μάθημα Χημείας, αναλυτική μέθοδος, έμφαση στη διδακτέα ύλη, γραμμική πρόοδος όπου κάθε επιμέρους κεφάλαιο/ενότητα του μαθήματος θεωρείται προσ απαιτούμενο για το επόμενο.

β) Κονστрукτιβιστική προσέγγιση, μαθητοκεντρική, έμφαση στην ατομική και κοινωνική γνωστική ανάπτυξη των μαθητών μέσω ανοικτών διερευνήσεων ώστε να ανακαλύψουν μόνοι τους κανονικότητες στη φύση και να ανασυγκροτήσουν παρανοήσεις και εναλλακτικές ιδέες.

γ) Διαθεματική προσέγγιση με βάση την πλατφόρμα Φ.Ε./Χημεία-Τεχνολογία-Κοινωνία-Περιβάλλον, έμφαση στη διεπιστημονική μελέτη ολοκληρωμένων θεμάτων και κοινωνικό-επιστημονικών προβλημάτων σε άμεση σχέση με την καθημερινή ζωή και τα ζητήματα που θέτει προς εξέταση το αίτημα για Επιστημονικό Αλφαριθμητισμό.

Γενικές εκπαιδευτικές πεποιθήσεις:

α) Διαφορετικά μαθήματα ανά επιστημονικό πεδίο (Φυσική-Χημεία-Βιολογία), εξειδικευμένοι καθηγητές, σχεδιασμός ο οποίος σκοπεύει στην προετοιμασία των μαθητών για τις εξετάσεις εισαγωγής στο Πανεπιστήμιο, σχολικό πρόγραμμα και οργάνωση και λειτουργία του σχολείου που διευκολύνει αυτό το σκοπό. Εξυπηρετεί κυρίως τις ανάγκες των μαθητών οι οποίοι προσβλέπουν σε περαιτέρω

επιστημονικές σπουδές και σταδιοδρομία επιστήμονα, μηχανικού ή στα ιατρικά επαγγέλματα.

β) Ενιαίο μάθημα για τις Φ.Ε. βασισμένο στην κοινή επιστημονική μέθοδο, διδάσκοντες οι οποίοι στηρίζουν τους μαθητές στις διερευνήσεις τους χωρίς να τους καθοδηγούν, επομένως η εξειδίκευση των καθηγητών δεν είναι απαραίτητη ούτε σημαντική. Εργαστήρια και πειράματα με τη νοοτροπία «ο μαθητής κάνει όπως ο επιστήμονας». Ενιαία οργάνωση της λειτουργίας των χώρων διδασκαλίας, των εργαστηρίων των Φ.Ε. και των υπολογιστών ΤΠΕ. Εξυπηρετεί τις ανάγκες όλων των μαθητών και τους στόχους της Γενικής Παιδείας, αλλά δεν υπάρχουν στέρεα ερευνητικά συμπεράσματα ότι μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να έχουν καλά αποτελέσματα σε καθιερωμένα εξεταστικά τεστ στις Φ.Ε. .

γ) Ενιαίο μάθημα για τις Φ.Ε., διαθεματικό και επικεντρωμένο στη μελέτη ολοκληρωμένων προβλημάτων ή, διαφορετικά μαθήματα ανά επιστημονικό πεδίο αλλά με διεπιστημονικότητα και σε σχέση με το ευρύτερο κοινωνικό και περιβαλλοντικό πλαίσιο. Εξυπηρετεί τις σύγχρονες εκπαιδευτικές ανάγκες για επιστημονικό Αλφαριθμητισμό/Εγγραμματισμό όλων των μαθητών και τους στόχους της Γενικής Παιδείας.

Οι υποκείμενες επιστημολογικές οπτικές:

α) Λογικός θετικισμός, εμπειρισμός, ενιαία και μοναδική επιστημονική μέθοδος και αυστηρή λογικο-μαθηματική δομή, μοναδική φύση της επιστημονικής γνώσης. Ορθολογική επιστημονική πρόοδος μέσω συσσώρευσης νέων γνώσεων και την συνακόλουθη διαδοχή από νεωτερικές και καλύτερες θεωρίες. Αναλυτική προσέγγιση, επαγωγή, υποθετικο-παραγωγή, αναγωγισμός/φυσικαλισμός, χρηστικότητα/ωφελιμισμός, επιστημονική και τεχνολογική αισιοδοξία.

β) Κονστρουκτιβισμός, ατομική και κοινωνική κατασκευή της γνώσης, αντι-ρεαλισμός όσον αφορά την ύπαρξη ενός εξωτερικού ανεξάρτητου από το νου αντικειμενικού κόσμου και τη δυνατότητα να γνωσθεί μέσω των αισθήσεων. Συμβατισμός, σχετικισμός, πραγματισμός και εργαλειοκρατία. Μελέτη των κοινωνικών συνθηκών και της ιστορικής διαδικασίας που οδήγησε στις επιστημονικές ανακαλύψεις του παρελθόντος. Η επιστημονική γνώση θεωρείται πολιτισμικό προϊόν της ανθρώπινης κοινωνίας και επομένως ισότιμο με κάθε άλλο είδος γνώσης. Δεν υπάρχουν αντικειμενικά κριτήρια επιλογής ανάμεσα σε αντιμαχόμενες επιστημονικές θεωρίες ούτε ορθολογική επιστημονική πρόοδος, αλλά απότομες αλλαγές όπου νέα «Παραδείγματα» αντικαθιστούν τα παλαιά και ο νέος τρόπος αντίληψης των

επιστημονικών δεδομένων είναι ασύμμετρος και ασύμβατος με τον προηγούμενο.

Υ) Επιστημονικός Ρεαλισμός, πίστη στην ύπαρξη ενός εξωτερικού ανεξάρτητου από το νου αντικειμενικού κόσμου και των θεωρητικών οντοτήτων που προβλέπουν οι καλύτερες και επιτυχώς ελεγμένες επιστημονικές θεωρίες. Η επιστημονική γνώση θεωρείται πολιτισμικό προϊόν της ανθρώπινης κοινωνίας και για τον κριτικό και μετριοπαθή Επιστημονικό Ρεαλισμό όμως έχει ειδικά χαρακτηριστικά και αξία. Υπάρχουν λογικά υποστηρίξιμα κριτήρια επιλογής μεταξύ αντιμαχόμενων επιστημονικών θεωριών. Ο Επιστημονικός Ρεαλισμός, προερχόμενος στη Φιλοσοφία της Χημείας, υποστηρίζει ένα πλουραλισμό αναλυτικών αλλά και συνθετικών μεθόδων και μία συστημική-ολιστική-εξελικτική και διεπιστημονική προσέγγιση επικεντρωμένη στη λύση σφαιρικών προβλημάτων όπως π.χ. η περιβαλλοντική κρίση (Schummer 2003-2006).

Έρευνες απευθυνόμενες σε Χημικούς (ή και σε άλλους επιστήμονες Φ.Ε., κυρίως σε εκπαιδευτικούς Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης) οι οποίες έχουν διεξαχθεί προηγουμένως σε διάφορες χώρες (Ολλανδία, Αγγλία, Ισραήλ, Γερμανία, ΗΠΑ, Ελλάδα) ασχολήθηκαν με αυτά τα ζητήματα. Κάποιες από αυτές ανέφεραν αποτελέσματα σχετικά με τις απόψεις Χημικών σχετικά με την απαιτούμενη έμφαση στο Πρόγραμμα Σπουδών (van Driel et al 2005, Swartz et al 2005), άλλες συνδύασαν και τις γενικότερες εκπαιδευτικές πεποιθήσεις ή/και τις επιστημολογικές οπτικές (Koulaidis and Ogborn 1988-1989-1995, Develaki 2003, Fouad 2005). Σε κάθε περίπτωση οι επιμέρους θεματικές ενότητες αντιμετωπίστηκαν ανεξάρτητα και οι συσχετίσεις διερευνήθηκαν εκ των υστέρων.

Στο σχεδιασμό αυτής της έρευνας δημιουργήθηκαν δια-θεματικές ενότητες με σκοπό τη δυνατότητα μελέτης και σύγκρισης ευρέων πλαισίων με εσωτερική συνέπεια και συνεκτικότητα, τα οποία να συμπεριλαμβάνουν την έμφαση στο Πρόγραμμα Σπουδών, τις γενικές εκπαιδευτικές πεποιθήσεις και τις επιστημολογικές οπτικές, επιπρόσθετα από τη διερεύνηση κάθε ανεξάρτητης πρότασης στις επιμέρους θεματικές ενότητες. Γιαυτό το σκοπό, οι τρεις προαναφερθείσες συνιστώσες που είχαν κατηγοριοποιηθεί ως **α** ενοποιήθηκαν στο ολοκληρωμένο πλαίσιο ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ, οι τρεις προαναφερθείσες συνιστώσες που είχαν κατηγοριοποιηθεί ως **β** ενοποιήθηκαν στο ολοκληρωμένο πλαίσιο ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ και οι τρεις προαναφερθείσες συνιστώσες που είχαν κατηγοριοποιηθεί ως **γ** ενοποιήθηκαν στο ολοκληρωμένο πλαίσιο ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ. Μία τέτοια ολοκλήρωση μπορεί να θεωρείται θεμιτή αφού κάθε εκπαιδευτική θεώρηση

βασίζεται σε μία μαθησιακή θεωρία και η τελευταία έχει αναπόφευκτα ένα επιστημολογικό υπόβαθρο (Matthews 1994-1997). Είναι επίσης γεγονός ότι συγκεκριμένες επιλογές στην απαιτούμενη έμφαση στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών (προοπτικές, στόχοι, σκοποί, περιεχόμενο, παιδαγωγική/διαδικασίες διδασκαλίας) έχουν υπόρρητες επιστημικές ιδέες και οδηγούν αναπόφευκτα σε συμβατούς διακανονισμούς και ρυθμίσεις στην οργάνωση, τη λειτουργία και το πρόγραμμα του σχολείου.

Η μεθοδολογία της έρευνας

Η πρώτη εκδοχή του ερωτηματολογίου της έρευνας περιελάμβανε 42 προτάσεις. Οι προτάσεις αυτές διατυπώθηκαν μετά τη μελέτη των διεθνών τάσεων, της σχετικής βιβλιογραφίας, των δημοσιεύσεων, των ανακοινώσεων σε συνέδρια, των ερευνητικών συμπερασμάτων κλπ. Η πλειονότητα των εννοιών που αναπτύχθηκαν στις συνιστώσες του θεωρητικού πλαισίου εκφράστηκαν σαφώς στο ερωτηματολόγιο. Σαν άμεσες πηγές πρέπει να αναφερθούν οι εργασίες των Koulaidis and Ogborn 1988-1989-1995, Millar 1996, Millar and Osborne 1998, Develaki 2003, Osborne 2003, τα βιβλία των Cogan and Derricot 1998, Sears and Sorensen 2000, Bennet 2003 και τα υλικά του σεμιναρίου LEONIE 2004.

Το αρχικό ερωτηματολόγιο διανεμήθηκε (Απρίλιος 2005) σε μία ομάδα κριτών-αξιολογητών, κατά τεκμήριο ειδικών (ανταποκρίθηκαν 27 από τους 42 συνολικά) για λόγους πιλοτικής εφαρμογής και συγχρόνως αξιολόγησης. Με βάση τα ποσοτικά αποτελέσματα της πιλοτικής εφαρμογής και τις υποδείξεις των κριτών, δέκα από τις αρχικές προτάσεις απορρίφθηκαν ενώ κάποιες άλλες προτάσεις αναδιατυπώθηκαν και διευκρινίστηκαν. Διαμορφώθηκε με αυτό τον τρόπο ένα ερωτηματολόγιο τριάντα δύο προτάσεων (P01...P32) καταναμεμένο σε τρεις θεματικές ενότητες. Συγκεκριμένα:

A) Θέματα Εκπαίδευσης σε σχέση με την Επιστήμη, την Τεχνολογία, την Κοινωνία και το Περιβάλλον.

B) Θέματα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και της Χημείας.

Γ) Θέματα Μεθοδολογίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών και της Χημείας.

Οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να βαθμολογήσουν τις προτάσεις ως προς τη συμφωνία, όπως και οι κριτές, σε πενταβάθμια τακτική κλίμακα τύπου Likert (**1**: καθόλου **2**: λίγο **3**: αρκετά **4**: πολύ **5**: πλήρως). Ότι αφέθηκε κενό εκλήφθηκε ως η επιλογή ΔΓ/ΔΑ (βαθμός: **0**). Σε όλα τα θέματα δόθηκε η δυνατότητα να διατυπωθεί εναλλακτική πρόταση (βαθμός: **-1**), ή/και παρατηρήσεις/σχόλια. Οι συμμετέχοντες, όπως και οι κριτές, συμπλήρωσαν επίσης ανώνυμα δημογραφικά

στοιχεία και προσωπικά στοιχεία για στατιστικούς λόγους.

Οι προτάσεις του ερωτηματολογίου κατηγοριοποιήθηκαν επίσης σε τρεις δια-θεματικές ενότητες και ποσοτικοποιήθηκαν στις εξής συνολικές μεταβλητές:

- ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ = Μέσος Όρος 12 προτάσεων (P01A01, P04A04, P0A05, P09B02, P10B03, P11B04, P13B06, P17B10, P23C02, P24C03, P28C07, P30C09)
- ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ = Μέσος Όρος 8 προτάσεων (P08B01, P12B05, P14B07, P15B08, P16B09, P26C05, P27C06, P29C08)
- ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ = Μέσος Όρος 12 προτάσεων (P02A02, P03A03, P06A06, P07A07, P18B11, P19B12, P20B13, P21B14, P22C01, P25C04, P31C10, P32C11)

Τα ερωτήματα της έρευνας

Οι προτάσεις που περιλήφθηκαν στο ερωτηματολόγιο επιλέχθηκαν μετά από συστηματική παρακολούθηση και μελέτη των διεθνών τάσεων με μεγάλη επιρροή, αφού το ζητούμενο ήταν οι απόψεις των Χημικών και Χημικών Μηχανικών να διερευνηθούν σε σχέση με ότι είναι σύγχρονο και σημαντικό. Η λογική που βρίσκεται πίσω από την επιλογή των συγκεκριμένων προτάσεων και των κατηγοριοποιήσεών τους σε ενότητες βασίστηκε στο θεωρητικό πλαίσιο και τα εξής κεντρικά ερωτήματα:

1. Ποιές είναι οι απόψεις των Χημικών και Χημικών Μηχανικών αναφορικά με τη διδασκαλία και τη μάθηση της Χημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση και η γνώμη τους για την απαιτούμενη έμφαση (περιεχόμενο και διαδικασία) στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών;
2. Ποιές είναι οι σχετικές με αυτές τις απόψεις γενικότερες εκπαιδευτικές πεποιθήσεις και οι υποκείμενες επιστημολογικές οπτικές;
3. Υπάρχουν σημαντικές συσχετίσεις των διαφόρων απόψεων ανάμεσα σε υποομάδες Χημικών και Χημικών Μηχανικών με διαφορετικά ατομικά και δημογραφικά χαρακτηριστικά (ητυχίο, φύλο, μεταπτυχιακές σπουδές, επαγγελματική απασχόληση κλπ) και σαφής διάκριση σε συνεπή και συνεκτικά συστήματα πεποιθήσεων;

Οι φάσεις και η διαδικασία της έρευνας

Η κύρια φάση της έρευνας ξεκίνησε το Δεκέμβριο του 2005 και ολοκληρώθηκε το Σεπτέμβριο του 2006. Παράλληλα (Μάιος-Ιούνιος 2006) πραγματοποιήθηκε επαναληπτική απαντητική διαδικασία από τους αρχικούς κριτές (ανταποκρίθηκαν 9 από τους 27) με

αποτελέσματα ταυτόσημα με τα αρχικά. Διάφοροι τρόποι χρησιμοποιήθηκαν για την προώθηση περίπου 1200 ερωτηματολογίων σε Χημικούς και Μηχανικούς, ανάλογα με την περίπτωση και τις αντικειμενικές δυσκολίες (απόσταση-διαθέσιμος χρόνος-οικονομικά μέσα). Από τα στοιχεία συμμετοχής και τα ποσοστά ανταπόκρισης προκύπτει σαφώς ένα γεγονός, διαπιστωμένο και από άλλες παρόμοιες έρευνες, δηλαδή ότι το ποσοστό ανταπόκρισης είναι ικανοποιητικό μόνο στην περίπτωση προσωποποιημένης επίδοσης των ερωτηματολογίων (Robson 1993).

Αποτελέσματα της έρευνας

Τα στοιχεία της έρευνας έδειξαν ότι η κεντρική τάση έχει διαμορφωθεί με μεγάλη αξιοπιστία (reliability, Cronbach $\alpha=0,818 > 0,80$). Θεωρήθηκε λοιπόν ότι τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί είναι αντιπροσωπευτικά του δείγματος. Ο συντελεστής συσχέτισης στην πλειονότητα των προτάσεων ήταν ικανοποιητικός, κυμαινόμενος σε μέτρια επίπεδα σημαντικότητας (0,2-0,4), η δε εγκυρότητα υποστηρίχθηκε από τα αποτελέσματα της επαναληπτικής απάντησης των κριτών (Μακράκης 2005).

Τα ερευνητικά αποτελέσματα των δια-θεματικών συνολικών μεταβλητών, οι οποίες αντιπροσωπεύουν και παραμετροποιούν τα αντίστοιχα πλαίσια προσέγγισης, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η προσέγγιση ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ συγκέντρωσε σημαντικά υψηλότερο Μ.Ο. βαθμολογίας (4,008), σημαντικά μεγαλύτερο από το γενικό Μέσο Όρο (3,46) και τα άλλα πλαίσια προσέγγισης. Ακολούθησε η ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ προσέγγιση με μέτρια αποτελέσματα (3,226) κάτω από το γενικό Μ.Ο. και η ΚΟΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ προσέγγιση ήταν τελευταία με μέτρια αποτελέσματα (2,988) σημαντικά χαμηλότερα από το γενικό Μ.Ο.

Συνολικές μεταβλητές	ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ 12 προτάσεις	ΚΟΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ 8 προτάσεις	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ 12 προτάσεις
Μ.Ο.	3,226	2,988	4,008
N	148	148	148
Std. Dev.	,5786	,6629	,5657

Πίνακας 1 Μ.Ο. των συνολικών δια-θεματικών μεταβλητών.

Η σημαντικά μεγαλύτερη αποδοχή του πλαισίου προσέγγισης ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ απαντά, μαζί με τα αποτελέσματα των προτάσεων στις θεματικές ενότητες, στο πρώτο κεντρικό ερώτημα της έρευνας. Η διαθεματική προσέγγιση με βάση την πλατφόρμα Φ.Ε./Χημεία-Τεχνολογία-Κοινωνία-Περιβάλλον, ως βασική συνιστώσα της επικρατέστερης προσέγγισης, είναι η επικρατέστερη άποψη για την απαιτούμενη έμφαση (περιεχόμενο/διαδικασία) στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών.

Αποτελέσματα και στατιστική ανάλυση

Παραγοντική ανάλυση

Οι συσχετίσεις μεταξύ των προτάσεων αναζητήθηκαν με τη διενέργεια παραγοντικής ανάλυσης (Factor analysis) με τη χρήση του λογισμικού πακέτου SPSS 13. Ο σκοπός αυτής της διερεύνησης ήταν να απαντηθεί κατά το δυνατόν το δεύτερο κεντρικό ερώτημα της έρευνας. Οι πρώτοι πέντε κύριοι παράγοντες που εξήχθησαν (Eigenvalues >1,0), οι οποίοι συνολικά εξηγούσαν περίπου το 45,5% της ολικής διακύμανσης των τιμών, χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία αντίστοιχων Υπερ-μεταβλητών. Οι Υπερ-μεταβλητές είναι ανεξάρτητες από κάθε αρχικό σχεδιασμό και προκύπτουν μόνο από την στατιστική ανάλυση των δεδομένων και των συσχετίσεων μεταξύ των τιμών των μεταβλητών. Από τις προτάσεις που απαρτίζουν κάθε Υπερ-μεταβλητή, είναι φανερό ότι οι απόψεις των συμμετεχόντων δεν εντάσσονται με αυστηρότητα σε ένα πλαίσιο προσέγγισης με εσωτερική συνέπεια και συνεκτικότητα.

Τα αποτελέσματα των Υπερ-μεταβλητών παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.

Υπερ-μεταβλητές	1	2	3	4	5
M.O.	4,090	3,133	3,316	2,589	4,001
N	148	148	148	148	148
Std. Deviation	,6998	,7581	,8197	,7772	,6914

Πίνακας 2 Μ.Ο. των δια-θεματικών υπερ-μεταβλητών.

Οι **Υπερ-μεταβλητές 1 και 5** αποτελούνται κυρίως από προτάσεις της προσέγγισης ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ μαζί με συσχετισμένες προτάσεις από τις άλλες προσεγγίσεις και έχουν σημαντικά μεγαλύτερο Μ.Ο. βαθμολογίας. Η **Υπερ-μεταβλητή 4** αποτελείται κυρίως από κονστρουκτιβιστικές και ακαδημαϊκές εκπαιδευτικές θέσεις

και έχει πολύ μικρό Μ.Ο.βαθμολογίας. Η **Υπερ-μεταβλητή 1**, η οποία περιέχει όλη τη θεματική ενότητα Α (Θέματα Εκπαίδευσης σε σχέση με την Επιστήμη, την Τεχνολογία, την Κοινωνία και το Περιβάλλον) και την αναγκαιότητα για «συστημική» προσέγγιση στη διδασκαλία της Χημείας, παρουσιάζει τον μεγαλύτερο Μ.Ο. βαθμολογίας και εξηγεί μόνη της περίπου το 12,5% της ολικής διακύμανσης των τιμών. Το ερευνητικό αυτό αποτέλεσμα δικαιολογεί την εξαγωγή του συμπεράσματος ότι: Η διαθεματική προσέγγιση, με βάση την πλατφόρμα Φ.Ε./Χημεία-Τεχνολογία-Κοινωνία-Περιβάλλον είναι η επικρατέστερη άποψη για την απαιτούμενη έμφαση (περιεχόμενο/διαδικασία) στο Πρόγραμμα Σπουδών.

Ανάλυση συσχετίσεων ανά ομάδες

Πραγματοποιήθηκαν μία σειρά T-tests για να ελεγχθούν οι στατιστικά σημαντικές διαφορές και συσχετίσεις ανάμεσα στις διαφορετικές υποομάδες του δείγματος με σκοπό να απαντηθεί το τρίτο κεντρικό ερώτημα της έρευνας. Ο έλεγχος για την ύπαρξη συσχετίσεων έγινε μεταξύ της βαθμολογίας των προτάσεων και των μεγάλων σε πλήθος δημογραφικών υποομάδων του δείγματος (βασικό πτυχίο, φύλο, επιπέδου και είδους μεταπτυχιακών σπουδών, τύπου επαγγελματικής δραστηριότητας, ηλικίας, επαγγελματικής δραστηριότητας στην εκπαίδευση ή εκτός κ.ά.) έτσι ώστε να τηρούνται οι προϋποθέσεις κανονικότητας ($N \geq 30$, Γιαλαμάς 2004). Τα κύρια δημογραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΑΡ.	ΕΠΙΠΕΔΟ / ΕΙΔΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ	ΑΡ.	ΕΙΔΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧ. ΣΠΟΥΔΩΝ	ΑΡ.
ΧΗΜΙΚΟΣ	108	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	42	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	25
		ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ		ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ	17
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ			26	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	6
				ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ	20
ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ	40	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	16	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	15
		ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ		ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ	1
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ			17	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	17
ΑΝΔΡΑΣ	94				
ΓΥΝΑΙΚΑ	54				
ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	58	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	40		
		ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ	18		
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ/ Υ.Δ.	43	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	23		
		ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ	20		
ΠΤΥΧΙΟ/ΔΙΠΛΩΜ Α	47				
ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ	58	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	38	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	33

ΕΚΠ/ΣΗ (49) ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΙΔΡΥΜΑΤΑ (9)				ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ	5
		ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ	16	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	16
				ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ	
		ΠΤΥΧΙΟ/ΔΙΠΛΩΜΑ	4	ΜΕΤΑΠΤΥΧ. ΦΟΙΤΗΤΕΣ	
ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠ/ΣΗ (73) ΚΑΙ ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΑ (5)	78	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	17	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	4
				ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ	13
		ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ	22	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	4
				ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ	18
		ΠΤΥΧΙΟ/ΔΙΠΛΩΜΑ	39		
ΙΔΙΩΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ	9	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	2	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	2
		ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ	4	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	3
				ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ	1
ΔΗΜΟΣΙΟΣ ΤΟΜΕΑΣ	3	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	1	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	1
		ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ	1	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ	1

Πίνακας 3 Γενικά δημογραφικά χαρακτηριστικά συμμετεχόντων

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης είναι ενδιαφέροντα. Μεγάλες υποομάδες του δείγματος δε δίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (άνδρες-γυναίκες, Χημικοί-Χημικοί Μηχανικοί, Τριτοβάθμια-Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, Αττική-υπόλοιπη Ελλάδα κ.ά.), παρά μόνο σε κάποιες επιμέρους περιπτώσεις οι οποίες όμως δεν επηρεάζουν σημαντικά τη διαμόρφωση των συνολικών προσεγγίσεων. Οι μόνοι παράγοντες που δίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, είναι το επίπεδο και το είδος των μεταπτυχιακών σπουδών, η επαγγελματική δραστηριότητα στην εκπαίδευση ή εκτός και μερικές φορές η ηλικιακή κατάταξη. Η ηλικία των συμμετεχόντων όμως συνδέεται περίπλοκα με την επαγγελματική τους θέση, το σύνολο της σταδιοδρομίας τους, τις μεταπτυχιακές τους σπουδές κ.ά. οπότε αναπτύσσονται, δύσκολα διευκρινίσιμες στατιστικά, τριγωνικές και πιθανά ψευδείς συσχετίσεις. Πάντως η νεώτερη ηλικιακή υποομάδα (22-29) παρουσιάζει σημαντική διαφορά στην ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ με μεγαλύτερο Μ.Ο. από άλλες ηλικιακές υποομάδες, και το γεγονός αυτό είναι ενδεικτικό της επίδρασης που έχει στις απόψεις των επιστημόνων η περίοδος της μόρφωσής τους

Τα αποτελέσματα που δείχνουν την επίδραση του επιπέδου και του είδους των μεταπτυχιακών σπουδών στο Μ.Ο. της βαθμολογίας των πλαισίων προσέγγισης, παρουσιάζονται στον Πίνακα 4. Οι συμμετέχοντες με διδακτορικό στο Επιστημονικό αντικείμενο αλλά και στη Διδακτική/Επιστημολογία παρουσιάζουν σημαντικά μικρότερο Μ.Ο. βαθμολογίας στην ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ. Το μεγαλύτερο Μ.Ο. βαθμολογίας στην ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ παρουσιάζουν οι συμμετέχοντες οι οποίοι έχουν μεταπτυχιακό ή είναι Υ.Δ. στο Επιστημονικό αντικείμενο. Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές

μεταξύ των κατόχων διδακτορικού διπλώματος, οι οποίοι αποτελούν μια πολυπληθή υποομάδα, και των άλλων υποομάδων του δείγματος επηρέασαν τη διαμόρφωση των συνολικών προσεγγίσεων.

ΕΠΙΠΕΔΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ	ΠΛΑΙΣΙΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ	ΕΙΔΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ	
		ΕΠΙΣΤΗΜΗ	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ
ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	3,2	3,0
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ/ Υ.Δ.	ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	3,4	3,1
ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	2,8	2,9
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ/ Υ.Δ.	ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	3,1	3,0
ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	4,0	4,0
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ/ Υ.Δ.	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	4,1	3,9

Πίνακας 4 Μ.Ο. βαθμολογίας των πλαισίων προσέγγισης ανάλογα με το επίπεδο/είδος των μεταπτυχιακών σπουδών.

Οι συμμετέχοντες που απασχολούνται επαγγελματικά εκτός του ευρύτερου εκπαιδευτικού τομέα (στη βιομηχανία/επιχειρήσεις, στο δημόσιο τομέα ή/και στα Ερευνητικά Ιδρύματα) παρουσιάζουν σημαντικά χαμηλότερο Μ.Ο. στην ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ επηρεάζοντας, παρά το σχετικά μικρό αριθμό τους στο δείγμα, τη διαμόρφωση των συνολικών προσεγγίσεων.

Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν διάφορες υποομάδες ειδικής σημασίας που είναι σε θέση να επηρεάζουν πολιτικές στη χημική εκπαίδευση, μεταρρυθμιστικές πρωτοβουλίες και τάσεις στη Διδακτική της Χημείας. Στις υποομάδες αυτές συγκαταλέγονται στελέχη από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο και το Κ.Ε.Ε., Εκπαιδευτικοί Σύμβουλοι, επικεφαλής Ε.Κ.Φ.Ε., μέλη των Δ.Σ. της Ε.Ε.Χ. και του Π.Σ.ΧΜ., συγγραφείς σχολικών εγχειριδίων Χημείας, διδακτικό προσωπικό του ΔΗΧΙΝΕΤ, συνολικά περίπου 35 συμμετέχοντες. Τα στατιστικά τους δεδομένα είναι δύσκολο να εκτιμηθούν γιατί κάποιες υποομάδες είναι μικρές σε πλήθος. Πάντως, επισημάνθηκαν σημαντικές διαφορές με την έννοια ότι τα στελέχη από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο και το Κ.Ε.Ε και οι συγγραφείς σχολικών εγχειριδίων Χημείας παρουσιάζουν συγκριτικά

μεγαλύτερο Μ.Ο. στην ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ, ενώ οι επικεφαλής Ε.Κ.Φ.Ε., οι Εκπαιδευτικοί Σύμβουλοι και οι διδάσκοντες στο ΔΗΧΙΝΕΤ παρουσιάζουν συγκριτικά μεγαλύτερο Μ.Ο. στην ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ.

Συμπεράσματα και συζήτηση αποτελεσμάτων

Οι Χημικοί και Χημικοί Μηχανικοί του δείγματος υποστήριξαν όλα τα πλαίσια προσέγγισης μέσω των επιλογών τους. Όμως η προσέγγιση ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ επικράτησε, με την έννοια ότι παρουσίασε σημαντικά μεγαλύτερο Μ.Ο. βαθμολογίας από τη μέση τιμή και από τις άλλες προσεγγίσεις, ανεξάρτητα από οποιαδήποτε διαίρεση σε υποομάδες με διαφορετικά δημογραφικά χαρακτηριστικά. Το γεγονός αυτό εξηγείται και από τα αποτελέσματα των επιμέρους προτάσεων οι οποίες συνθέτουν τις θεματικές ενότητες, τις συνολικές μεταβλητές και τις υπερ-μεταβλητές. Πράγματι, από τις δώδεκα προτάσεις (τέσσερις ανά θεματική ενότητα) που συγκροτούσαν το δια-θεματικό πλαίσιο προσέγγισης ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ, οι εννέα παρουσίασαν μεγάλο ($\geq 4,0$) Μ.Ο. βαθμολογίας. Αντίστοιχα μόνο δύο από τις δώδεκα προτάσεις στην ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ και δύο από τις οκτώ προτάσεις στην ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ παρουσίασαν μεγάλο ($\geq 4,0$) Μ.Ο. βαθμολογίας, ενώ κάποιες προτάσεις τους παρουσίασαν πολύ μικρές τιμές ($\leq 2,0$).

Οι προτάσεις και οι συνολικές προσεγγίσεις που συγκέντρωσαν μία σημαντική συναίνεση μπορούν να αποτελέσουν μία κοινά αποδεκτή βάση συνεννόησης και αφετηρία περαιτέρω έρευνας για τις αναγκαίες μεταρρυθμιστικές πρωτοβουλίες στη χημική εκπαίδευση. Τα ερευνητικά αποτελέσματα υποδεικνύουν μία στροφή των απόψεων προς τις σύγχρονες τάσεις στη Διδακτική της Χημείας, δηλαδή για μάθημα Χημείας σχετικό με τα ενδιαφέροντα και τις ανάγκες όλων των μαθητών, για τη διαμόρφωση ενεργών πολιτών στον 21^ο αιώνα, για το Χημικό Εγγραμματισμό κλπ. Όμως, εκφράστηκαν σαφώς (με την υψηλή βαθμολογία των σχετικών προτάσεων και συναφή σχόλια), σταθερές και επίμονες απόψεις για να εξυπηρετηθούν επίσης οι ανάγκες των μαθητών που σκοπεύουν σε μελλοντική επιστημονική σταδιοδρομία. Οι σταθερές αυτές απόψεις, οι οποίες δεν εκφράστηκαν μόνο από εκπαιδευτικούς αλλά συγκέντρωσαν γενικότερη συναίνεση, πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη γιατί καμία μεταρρυθμιστική πρωτοβουλία δεν είναι δυνατόν να εφαρμοσθεί με επιτυχία αγνοώντας τη γνώμη των ενδιαφερομένων μερών. Υποστηρίχθηκε όμως ότι η ταυτόχρονη παρουσία διαφορετικών προσεγγίσεων στο Πρόγραμμα Σπουδών δυσχεραίνει την εκπαιδευτική διαδικασία. Μία πιθανή πρόταση υπέρβασης θα μπορούσε να είναι η διαθεματική/διεπιστημονική πλατφόρμα Φ.Ε./Χημεία- Τεχνολογία- Κοινωνία-Περιβάλλον, η οποία προτιμήθηκε από τους συμμετέχοντες

στη έρευνα, να αποτελεί την κύρια προοπτική για όλους τους μαθητές, ενώ επιπρόσθετες ενότητες επιλογής ενταγμένες όμως στο ίδιο πλαίσιο προσέγγισης, να εξηγούν αναλυτικά το επιστημονικό μέρος, καλύπτοντας επαρκώς το αναγκαίο υπόβαθρο για περαιτέρω σπουδές.

Βιβλιογραφία

1. American Association for the Advancement of Science, Project 2061
2. American Chemical Society, (2000), Chemistry in Context: applying chemistry to society, Boston: McGraw-Hill.
3. Anastas, P. and Warner, J. (1998), GREEN CHEMISTRY: THEORY AND PRACTICE, Oxford University Press 2000, Greek edition:: Crete University Press 2006.
4. Bennet, J., (2003), Teaching and Learning Science, Continuum, London UK.
5. Cogan, J. and Derricot, R. (Eds.) (1998), Citizenship for the 21st Century. An international Perspective on Education, KOGAN PAGE, London, 12-15 & 77-80.
6. Earley, J. (2004), Would introductory chemistry courses work better with a new philosophical basis? Foundations of chemistry **6**: 137-160.
7. Fouad, A. (2005), Developing deeper of nature of science, Int. J. Sci. Educ., 2005, Vol. 27, No 1, 15-42.
8. Hodson, D., (2003), Time for action: science education for an alternative future. Int. J. Sci. Educ., 2003, Vol. 25, No 6, 645-670.
9. Koulaidis, V. and Ogborn, J. (1988), "Construction of systemic networks for the development of a questionnaire to elicit views of philosophy of science" International Journal of Science Education, 10 (5), 497-509.
10. Koulaidis, V. and Ogborn, J. (1989), "Teachers' views of philosophy of science" International Journal of Science Education, 11 (2), 173-184.
11. Koulaidis, V. and Ogborn, J. (1995), "Science teachers' philosophical assumptions: how well do we understand them?" International Journal of Science Education, 17 (3), 273-283.
12. Learning in Europe: Observatory on National and International Evolution, Seminar (2004), DELPHI survey Report, Lambrakis Research Foundation, Athens.
13. Matthews, M.R., (1994), Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science, Routledge, New York.
14. Matthews, M.R., (1997), Introductory Comments on Philosophy and Constructivism in Science Education, Science & Education, 6, 5-14.
15. Millar, R. & Osborne, J. (Eds.), (1998), Beyond 2000: science education for the future. London: King's College, London.
16. Millar, R., (1996), Towards a science curriculum for public understanding. SSR, Mar 1996, 77 (280), 7-18.
17. Näpinen, L. (2007), The need for the Historical understanding of nature in physics and chemistry, Foundations of chemistry **9**: 65-84.
18. Osborne, J., (2003), Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. Int. J. Sci. Educ., 2003, Vol. 25, No 9, 1049-1079.
19. Robson, C. (1993), Real World Research, Blackwell Publishers Ltd, reprinted 1999, Oxford UK.
20. Sears, J. and Sorensen, P. (eds.) (2000), issues in science teaching, Routledge Falmer, London UK.
21. Schummer, J., (2003), The philosophy of chemistry. Endeavour, vol. **27**, No **1**, March 2003, 37-41.
22. Schummer, J. (2006), THE PHILOSOPHY OF CHEMISTRY. From Infancy to Maturity, in Baird et al. (eds.), Philosophy of Chemistry, Springer, The Netherlands, 19-39.

23. Swartz, Y. et al. (2005), The importance of involving high-school chemistry teachers in the process of defining the operational meaning of "chemical literacy", *Int. J. Sci. Educ.*, 2005, Vol. 27, No 3, 323-344.
 24. UNESCO:Science 2000+ Curriculum, <http://www.ddc2000.com>
 25. van Driel, J et al (2005), the conceptions of chemistry teachers about teaching and learning in the context of a curriculum innovation, *Int. J. Sci. Educ.*, 2005, Vol. 27, No 3, 303-322.
 26. Van Aalsvoot, V. (2004), Logical Positivism as a tool to analyze the problem of chemistry's lack of relevance in secondary school chemical education, *Int. J. Sci. Educ.*, 2005, Vol. 26, No 9, 1152-1168.
 27. Γιαλαμάς, Β. (2004), ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΙΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ, Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα, 94-100.
 28. Δεβελάκη, Μ. (2003), Θεωρίες της Φυσικής – Εργαλεία μόνο ή και αλήθειες; εργασία στο 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φ.Ε. στη Διδασκαλία», ΕΚΠΑ-ΠΤΔΕ, Αθήνα.
 29. Μακράκης, Β. (2005), Ανάλυση δεδομένων στην Επιστημονική Έρευνα, εκδόσεις GUTENBERG, Αθήνα, 93-109.
- Σκορδούλης, Κ. και Σωτηράκου, Μ., (2005), *Περιβάλλον, Επιστήμη και Εκπαίδευση*, Αθήνα 2005, εκδόσεις Leader Books Α.Ε,

Ανάπτυξη Ενός Μοντέλου Ελέγχου της Καταλληλότητάς των Χημικών Αναπαραστάσεων στα Σχολικά Εγχειρίδια και Εφαρμογή του στο Βιβλίο Χημείας της Α΄ Λυκείου

Βασιλική Γκίτζια*¹ Κατερίνα Σάλτα¹ Χρύσα Τζουγκράκη¹

¹ Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ, Πανεπιστημιόπολη – Ζωγράφου 157 71 Αθήνα

Περίληψη

Η χημεία είναι μια επιστήμη που αναφέρεται εξίσου σε μακροσκοπικό, μικροσκοπικό και συμβολικό επίπεδο και η ουσιαστική κατανόησή της προϋποθέτει την ικανότητα σκέψης και στα τρία αυτά επίπεδα. Η διδασκαλία της χημείας θα πρέπει γίνεται ταυτόχρονα στα τρία παραπάνω επίπεδα και επιπλέον, να δίνει ιδιαίτερη έμφαση στο μικροσκοπικό, διότι οι μαθητές δυσκολεύονται να το αντιληφθούν.

Στην παρούσα εργασία περιγράφεται η ανάπτυξη ενός μοντέλου ελέγχου των χημικών αναπαραστάσεων που περιέχονται στα σχολικά εγχειρίδια, ώστε να μπορούμε να εξετάζουμε τη συμβολή τους στη μάθηση της χημείας. Το μοντέλο περιλαμβάνει επτά κριτήρια, με τα οποία ελέγχεται το είδος της κάθε αναπαράστασης, η σαφήνεια και η ερμηνεία των επιφανειακών της χαρακτηριστικών, η θέση της στο κείμενο και η συνάφειά της με τις αντίστοιχες έννοιες. Επίσης, το μοντέλο ελέγχει ξεχωριστά στις πολλαπλές αναπαραστάσεις, τα είδη των επιμέρους αναπαραστάσεων που αυτές περιλαμβάνουν και την αντιστοιχία μεταξύ των επιφανειακών τους χαρακτηριστικών.

Το παραπάνω μοντέλο εφαρμόστηκε στο σχολικό βιβλίο χημείας της Α΄ τάξης Ενιαίου Λυκείου και εξετάστηκαν οι 110 χημικές αναπαραστάσεις, που περιέχονται σε αυτό. Τα συμπεράσματα που προέκυψαν είναι τα ακόλουθα: Στο βιβλίο δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στο συμβολικό επίπεδο, κατόπιν στο μακροσκοπικό, ενώ λιγότερη έμφαση δίνεται στο μικροσκοπικό. Επίσης, περιέχεται μεγάλος αριθμός χημικών αναπαραστάσεων οι οποίες είναι συναφείς με το αντίστοιχο κείμενο, όμως δε δηλώνεται με σαφήνεια η ερμηνεία των επιφανειακών τους χαρακτηριστικών και δεν γίνονται απευθείας παραπομπές σε αυτές από το κείμενο, γεγονός που μπορεί να δυσκολεύει τους μαθητές στην κατανόηση των αναπαραστάσεων. Τέλος, δεν περιέχονται πολλαπλές αναπαραστάσεις και στα τρία επίπεδα της χημείας, παρά μόνο στα δύο από αυτά και μάλιστα χωρίς να επισημαίνονται οι αντιστοιχίες μεταξύ τους.

1. Εισαγωγή

Οι χημικοί προκειμένου να αναπαριστούν τα μοριακά και ιοντικά φαινόμενα έχουν επινοήσει ειδικά συμβολικά συστήματα, τα οποία τους βοηθούν να οπτικοποιούν τη χημεία και να σχηματίζουν εικόνες

στο νου, οι οποίες αποτελούν τη βάση για την επέκταση της γνώσης στο εσωτερικό της κοινότητας των χημικών. Προηγούμενες έρευνες έχουν εξετάσει το ρόλο που παίζει η οπτικοποίηση της χημείας μέσω των ειδικών συμβολικών συστημάτων (χημικές αναπαραστάσεις) στην ουσιαστική κατανόηση της χημείας και έχουν δείξει ότι διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο (Ben-Zvi et al., 1987; Ben-Zvi et al., 1988; Griffiths and Preston, 1992; Furio et al., 2000; Keig and Rubba, 1993; Kozma and Russell, 1997; Krajcik, 1991; Nakhleh, 1993; Tuckey et al., 1991). Στην παρούσα εργασία διαμορφώσαμε ένα μοντέλο με το οποίο να ελέγχουμε τις χημικές αναπαραστάσεις που περιέχονται στα σχολικά εγχειρίδια, ως προς το βαθμό που συνδράμουν στην κατανόηση της χημείας.

Οι οπτικοποιήσεις της χημείας μέσω των ειδικών συμβολικών συστημάτων ονομάζονται χημικές αναπαραστάσεις. Οι χημικές αναπαραστάσεις παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία, διότι τα συμβολικά συστήματα που χρησιμοποιούνται έχουν διαφορετικά επιφανειακά χαρακτηριστικά και έτσι, αναπαριστούν τις πληροφορίες και τα φαινόμενα με διαφορετικούς τρόπους. Τα επιφανειακά χαρακτηριστικά ενός συμβολικού συστήματος μπορούν να αναπαριστούν καλύτερα ορισμένα χαρακτηριστικά μιας πληροφορίας, συγκριτικά με ένα άλλο συμβολικό σύστημα το οποίο μπορεί να αναπαριστάνει καλύτερα κάποια άλλα χαρακτηριστικά της πληροφορίας. Για παράδειγμα, οι μοριακοί τύποι απεικονίζουν καθαρά το είδος και την αναλογία των ατόμων σε μια χημική ένωση, τα μοντέλα σφαίρας-ράβδου απεικονίζουν καθαρά τους χημικούς δεσμούς μεταξύ των ατόμων, ενώ τα χωροπληρωτικά μοντέλα αποδίδουν καλύτερα τον όγκο των ατόμων και του συνολικού μορίου στο χώρο. Χρησιμοποιώντας ως κριτήριο το είδος των συμβολικών συστημάτων που έχουν αναπτυχθεί, οι χημικές αναπαραστάσεις μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε τρία βασικά είδη: α) τις μακροσκοπικές, β) τις μικροσκοπικές και γ) τις συμβολικές αναπαραστάσεις.

Μακροσκοπικές Αναπαραστάσεις: Οι μακροσκοπικές αναπαραστάσεις απεικονίζουν τα φαινόμενα σύμφωνα με την ανθρώπινη οπτική αντίληψη. Πρόκειται για άμεσες εμπειρίες από εργαστηριακά πειράματα ή από την καθημερινή ζωή, για παρακολούθηση χημικών φαινομένων σε βίντεο και για εικόνες (φωτογραφίες ή σκίτσα σύμφωνα με το φωτογραφικό ρεαλισμό). Για παράδειγμα, η παρατήρηση ότι καταβυθίζεται στερεό σε ένα πείραμα είναι μακροσκοπική αναπαράσταση από εμπειρία σε εργαστήριο, ενώ η παρατήρηση ότι σχηματίζονται μπουρμπουλήθρες κατά το βρασμό του νερού είναι μακροσκοπική αναπαράσταση από εμπειρία της καθημερινής ζωής. Η σημασία των μακροσκοπικών αναπαραστάσεων έγκειται στο ότι συνδέουν την επιστημονική γνώση με την καθημερινή ζωή.

Μικροσκοπικές Αναπαραστάσεις: Οι μικροσκοπικές αναπαραστάσεις απεικονίζουν τη δομή και την κίνηση των υπαρκτών, αλλά μικροσκοπικών για να παρατηρηθούν, σωματιδίων της ύλης (άτομα, μόρια, ιόντα, ηλεκτρόνια κ.α.). Πρόκειται για εικόνες, για κινούμενα σχέδια (animation) στον υπολογιστή και για χειροπιαστά μοριακά μοντέλα. Οι εικόνες μπορούν να περιέχονται στα σχολικά εγχειρίδια, να παρουσιάζονται σε διαφάνειες ή να σχεδιάζονται από τον καθηγητή στον πίνακα. Τα κινούμενα σχέδια προβάλλονται στον υπολογιστή και προσομοιώνουν, εκτός από τη δομή, την κίνηση και την αλληλεπίδραση των σωματιδίων.

Τα συμβολικά συστήματα που χρησιμοποιούνται για να κατασκευαστούν οι μικροσκοπικές αναπαραστάσεις είναι τα μοριακά μοντέλα. Οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες μορφές των μοριακών μοντέλων είναι: το μοντέλο σφαίρας-ράβδου, το χωροπληρωτικό μοντέλο, το μοντέλο ράβδων και το μοντέλο σωλήνων. Η σημασία των μικροσκοπικών αναπαραστάσεων έγκειται στο ότι είναι το μόνο είδος χημικής αναπαράστασης που μπορεί να απεικονίσει το σωματιδιακό μοντέλο της ύλης, το οποίο παίζει κεντρικό ρόλο στη μελέτη και στην κατανόηση της χημείας. Στη βιβλιογραφία έχουν αναγνωριστεί πολλές παρανοήσεις σχετικές με το σωματιδιακό μοντέλο, οι οποίες είναι πιθανό να εμποδίσουν την εννοιολογική μάθηση της χημείας (Abraham et. al., 1992; Abraham et. al., 1994; Ben-Zvi et al., 1986; Ben-Zvi et al., 1987; de Vos and Verdonk, 1996; Hess and Anderson, 1992; Novick and Nussbaum, 1981). Οι μικροσκοπικές αναπαραστάσεις βοηθούν τους μαθητές να οπτικοποιήσουν και στη συνέχεια, να κατανοήσουν τη σωματιδιακή φύση της ύλης και έτσι, να αποφύγουν τις αντίστοιχες παρανοήσεις.

Συμβολικές Αναπαραστάσεις: Οι συμβολικές αναπαραστάσεις περιλαμβάνουν τα σύμβολα, τα γράμματα, τους αριθμούς και τα σήματα που χρησιμοποιούνται για να αναπαρασταθούν τα άτομα, τα μόρια, τα ιόντα, οι ουσίες και οι χημικές διαδικασίες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα συμβολικών αναπαραστάσεων είναι τα χημικά σύμβολα των στοιχείων, οι χημικοί τύποι των ενώσεων (μοριακοί, συντακτικοί, συνεπτυγμένοι συντακτικοί, στερεοχημικοί), οι προβολές (π.χ. Fischer, Newman), οι χημικές εξισώσεις, οι μηχανισμοί, τα σύμβολα Lewis, οι ηλεκτρονιακοί τύποι Lewis, οι γραφικές παραστάσεις, οι αλγεβρικές εξισώσεις κ.α. Να επισημάνουμε ότι οι συμβολικές αναπαραστάσεις απεικονίζουν με δισδιάστατο τρόπο τρισδιάστατα σωματίδια. Οι συμβολικές αναπαραστάσεις στοιχειοθετούν τη γλώσσα των χημικών, όπου ένας χημικός τύπος είναι το ανάλογο μιας λέξης (Hoffmann and Laszlo, 1991). Οι χημικοί χρησιμοποιούν τις συμβολικές αναπαραστάσεις για να επικοινωνούν και να περιγράφουν τα μικροσκοπικά και μακροσκοπικά φαινόμενα.

Ο Johnstone (1991, 1993) περιέγραψε τα τρία επίπεδα αναπαράστασης, καθώς και την πολυεπίπεδη σκέψη στη χημεία, με ένα ισόπλευρο τρίγωνο στο οποίο η κάθε κορυφή αντιστοιχεί σε ένα επίπεδο αναπαράστασης (σχήμα 1). Οποιοδήποτε σημείο στο εσωτερικό του τριγώνου αντιστοιχεί σε ένα ποσοστό μακροσκοπικού, μικροσκοπικού και συμβολικού επιπέδου που χρησιμοποιείται για κάποιο σκοπό, όπως για παράδειγμα για τη διδασκαλία της χημείας, για την επεξήγηση ενός φαινομένου κτλ.



Σχήμα 1. Τα τρία επίπεδα αναπαράστασης της χημείας, όπως τα περιέγραψε ο Johnstone.

Κατά τη διδασκαλία και τη μάθηση της χημείας, ζητείται από τους μαθητές να σκεφτούν σε μικροσκοπικό επίπεδο και με βάση τις αλληλεπιδράσεις των σωματιδίων να εξηγήσουν φαινόμενα τα οποία παρατηρούνται σε μακροσκοπικό επίπεδο. Σύμφωνα με τη γνωστική ψυχολογία και τις έρευνες στη διδακτική της χημείας (Bodner and Domin, 1996; Bowen, 1998; Wegner and Montana, 1993), η εννοιολογική κατανόηση στη χημεία και η επιτυχής επίλυση προβλημάτων περιλαμβάνει την ικανότητα σκέψης στο μακροσκοπικό, στο μικροσκοπικό και στο συμβολικό επίπεδο ταυτόχρονα, δηλαδή την ικανότητα αναπαράστασης και μετάφρασης των χημικών φαινομένων χρησιμοποιώντας μακροσκοπικές, μικροσκοπικές και συμβολικές μορφές αναπαράστασης. Η εννοιολογική κατανόηση των χημικών φαινομένων από τους χημικούς βρίσκεται στο κέντρο του τριγώνου του Johnstone.

Οι καθηγητές, συνήθως, υποθέτουν ότι οι μαθητές κατανοούν το ρόλο του κάθε επιπέδου αναπαράστασης, καθώς και τις μεταξύ τους σχέσεις, διότι οι ίδιοι μπορούν να χρησιμοποιήσουν όλα τα επίπεδα ταυτόχρονα. Επίσης, υποθέτουν ότι οι μαθητές μπορούν εύκολα να μεταφερθούν από το ένα επίπεδο στο άλλο (Kozma and Russell, 1997; Treagust et al., 2003). Το ερώτημα που τίθεται είναι εάν πράγματι κάτι τέτοιο συμβαίνει, δηλαδή, εάν οι μαθητές είναι σε θέση να σκέφτονται παράλληλα και στα τρία επίπεδα της χημείας και, επίσης,

κατά πόσο εκλαμβάνουν από τις αναπαραστάσεις το σωστό μήνυμα που αυτές μεταφέρουν.

Απάντηση στο προηγούμενο ερώτημα επιδιώκουν να δώσουν αρκετές έρευνες που έχουν διεξαχθεί στο πεδίο της διδακτικής της χημείας και οι οποίες έχουν αποκαλύψει ότι όχι μόνο οι μαθητές, αλλά και οι προπτυχιακοί φοιτητές, έχουν αρκετές και ποικίλες δυσκολίες και παρανοήσεις σχετικά με τις χημικές αναπαραστάσεις (Ben-Zvi et al., 1987; Ben-Zvi et al., 1988; Gabel, 1993; Griffiths and Preston, 1992; Furio et al., 2000; Keig and Rubba, 1993; Kozma and Russell, 1997; Krajcik, 1991; Nakhleh, 1993; Tuckey et al, 1991). Τις δυσκολίες αυτές τις έχουμε ταξινομήσει στις παρακάτω κατηγορίες:

1^η Δυσκολία: Οι μαθητές δυσκολεύονται να εξοικειωθούν με τη «γλώσσα» της χημείας και να κατανοήσουν εννοιολογικά τις συμβολικές και τις μικροσκοπικές αναπαραστάσεις. Στις αναπαραστάσεις βλέπουν μόνο αντικείμενα, σύμβολα και γράμματα και όχι τις γενικότερες αρχές και έννοιες της χημείας.

2^η Δυσκολία: Οι μαθητές δυσκολεύονται να αναπαραστήσουν τις χημικές έννοιες και τα χημικά φαινόμενα σε μικροσκοπικό και σε συμβολικό επίπεδο.

3^η Δυσκολία: Οι μαθητές δυσκολεύονται να οπτικοποιήσουν και να κατανοήσουν την αλληλεπιδραστική και δυναμική φύση των χημικών διαδικασιών από την παρατήρηση των συμβόλων και των χημικών εξισώσεων.

4^η Δυσκολία: Οι μαθητές δυσκολεύονται να κάνουν μεταφράσεις μεταξύ διαφόρων μορφών αναπαραστάσεων και δεν μπορούν να συνδέσουν διαφορετικές αναπαραστάσεις μεταξύ τους, ώστε να σχηματίσουν μια βαθύτερη κατανόηση, που να βασίζεται στις υποκείμενες χημικές έννοιες και όχι στα επιφανειακά χαρακτηριστικά των αναπαραστάσεων.

5^η Δυσκολία: Οι μαθητές δυσκολεύονται να σχηματίσουν τρισδιάστατες εικόνες στο νου τους από την παρατήρηση δισδιάστατων συμβολικών αναπαραστάσεων.

Συμπερασματικά, μπορούμε να πούμε ότι οι μαθητές έχουν παρανοήσεις που αφορούν στην κατανόηση και στην ερμηνεία των αναπαραστάσεων, στη μετάφραση μεταξύ των αναπαραστάσεων και στην κατασκευή των αναπαραστάσεων. Ενώ, παρανοήσεις υπάρχουν και σε τομείς της χημείας που είναι ιδιαίτερα οπτικοί και έχουν άμεσα ανάγκη τις αναπαραστάσεις για να γίνουν κατανοητοί.

2. Μοντέλο Ελέγχου Των Αναπαραστάσεων Στα Σχολικά Βιβλία

Προκειμένου να αντιμετωπιστούν οι παρανοήσεις σχετικά με τις χημικές αναπαραστάσεις έχουν διεξαχθεί αρκετές έρευνες (Ardac and Akaygun, 2004; Barnea and Dori, 1996; Bodner and Domin, 1996; Gabel, 1993; Keig and Rubba, 1993; Nakhleh and Krajcik, 1994; Noh

and Scharmann, 1997; Russell et al., 1997; Sanger, 2000; Smith and Metz, 1996; Wegner and Montana, 1993), των οποίων τα συμπεράσματα για τη διδασκαλία της χημείας συνοψίζονται ως εξής: Καταρχήν, η διδασκαλία της χημείας θα πρέπει να γίνεται ταυτόχρονα σε μακροσκοπικό, μικροσκοπικό και συμβολικό επίπεδο και να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο μικροσκοπικό. Επιπροσθέτως, οι μαθητές θα πρέπει να διδάσκονται ποιες είναι οι αντιστοιχίες μεταξύ των πολλαπλών αναπαραστάσεων και πως γίνεται η μετάφραση της μιας μορφής αναπαράστασης σε άλλη. Επομένως, οι συνδέσεις και οι αντιστοιχίες μεταξύ των πολλαπλών αναπαραστάσεων θα πρέπει να επισημαίνονται και να είναι σαφείς. Οι μαθητές θα πρέπει να διδάσκονται την ερμηνεία και το νόημα των συμβόλων τα οποία χρησιμοποιούνται στις οπτικές αναπαραστάσεις.

Από τα παραπάνω συνάγεται ότι η απλή παρουσία των χημικών αναπαραστάσεων στα σχολικά εγχειρίδια δεν εξασφαλίζει την επίτευξη των αντίστοιχων διδακτικών και μαθησιακών στόχων, αλλά θα πρέπει να πληρούνται ορισμένες προδιαγραφές. Καταρχήν, ο μαθητής θα πρέπει να τους δίνει την απαραίτητη προσοχή, δηλαδή να είναι σαφές ότι αποτελούν ζωτικό κομμάτι του βιβλίου και δεν παίζουν διακοσμητικό ή δευτερεύοντα ρόλο. Επίσης, ο μαθητής θα πρέπει να καταλαβαίνει με σαφήνεια το περιεχόμενο, το νόημα και το μήνυμα που μεταφέρουν. Τέλος, θα πρέπει να συσχετίζονται με σαφήνεια με τις αντίστοιχες χημικές έννοιες, αρχές ή φαινόμενα.

Με σκοπό να μπορούμε να εξετάζουμε κατά πόσο οι χημικές αναπαραστάσεις που περιέχονται στα σχολικά εγχειρίδια πληρούν τις παραπάνω προδιαγραφές, ώστε να ενισχύουν την επίτευξη των μαθησιακών στόχων και την αποφυγή των αντίστοιχων παρανοήσεων, αναπτύξαμε ένα μοντέλο ελέγχου που περιλαμβάνει επτά κριτήρια (πίνακας 1). Το μοντέλο αναπτύχθηκε λαμβάνοντας υπόψη τόσο όλα όσα αναφέρονται παραπάνω για τις χημικές αναπαραστάσεις όσο και τις προδιαγραφές για την εικονογράφηση των σχολικών εγχειριδίων (Britton et al., 1993; Καψάλης και Χαραλάμπους, 1995; Κουλαϊδής κ.α., 2002; Προδιαγραφές Εκπαιδευτικών Βοηθητικών Μέσων Τόμος I και II, 1999).

1^ο Κριτήριο (K1): Είδος Αναπαράστασης. Με το 1^ο κριτήριο ελέγχεται σε ποια επίπεδα της χημείας δίνει έμφαση το σχολικό εγχειρίδιο. Οι χημικές αναπαραστάσεις διακρίνονται σε: *μακροσκοπικές, μικροσκοπικές και συμβολικές*, ανάλογα με το αντίστοιχο επίπεδο της χημείας το οποίο απεικονίζεται. Ωστόσο, συναντήσαμε αναπαραστάσεις που δεν μπορούσαν να ταξινομηθούν σε κάποια από τις παραπάνω κατηγορίες και έτσι προέκυψε η ανάγκη εισαγωγής των υβριδικών και των μικτών αναπαραστάσεων. Ως *υβριδικές* χαρακτηρίζονται οι αναπαραστάσεις στις οποίες συνυπάρχουν χαρακτηριστικά από δύο ή και από τα τρία επίπεδα της χημείας, τα οποία λειτουργούν

συμπληρωματικά μεταξύ τους ώστε να συνθέσουν την αναπαράσταση. Ως *μικτές* χαρακτηρίζονται οι αναπαραστάσεις στις οποίες συνυπάρχουν χαρακτηριστικά από κάποιο επίπεδο της χημείας (μακροσκοπικό, μικροσκοπικό, συμβολικό) και χαρακτηριστικά από κάποιο άλλο είδος απεικόνισης (π.χ. αναλογία). Τέλος, οι αναπαραστάσεις στις οποίες απεικονίζεται ένα χημικό φαινόμενο ή μια έννοια με δύο ή περισσότερους τρόπους ταυτόχρονα χαρακτηρίζονται ως *πολλαπλές*. Για τα επιπλέον χαρακτηριστικά των πολλαπλών αναπαραστάσεων ακολουθεί το 2^ο κριτήριο.

2^ο Κριτήριο (K2): Πολλαπλές Αναπαραστάσεις. Με το 2^ο κριτήριο ελέγχεται στις υπάρχουσες πολλαπλές αναπαραστάσεις για ένα φαινόμενο ή μια χημική έννοια, το είδος των επιμέρους αναπαραστάσεων που περιλαμβάνουν. Να υπενθυμίσουμε ότι ως πολλαπλές θεωρούνται οι αναπαραστάσεις μόνο όταν παρουσιάζουν ένα φαινόμενο ή μια έννοια ολοκληρωμένα σε δύο ή τρία επίπεδα της χημείας και όχι όταν απλά συνυπάρχουν χαρακτηριστικά από δύο ή τρία επίπεδα, τα οποία μεμονωμένα δεν παρουσιάζουν ολοκληρωμένα το φαινόμενο.

3^ο Κριτήριο (K3): Επισήμανση Αντιστοιχίας στις Πολλαπλές Αναπαραστάσεις. Με το 3^ο κριτήριο ελέγχεται κατά πόσο δηλώνεται σαφώς η αντιστοιχία μεταξύ των επιφανειακών χαρακτηριστικών των πολλαπλών αναπαραστάσεων και με ποιο τρόπο. Δηλαδή, κατά πόσο καθίσταται σαφές ποια χαρακτηριστικά από διαφορετικές αναπαραστάσεις είναι αντίστοιχα μεταξύ τους και γιατί. Η επισήμανση της αντιστοιχίας θα χαρακτηρίζεται ως *επαρκής*, *ελλιπής* ή *ότι δεν υπάρχει*.

Πίνακας 1. Το μοντέλο ελέγχου των αναπαραστάσεων.

ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ
K1: Είδος Αναπαράστασης	<ul style="list-style-type: none"> • Μακροσκοπική • Μικροσκοπική • Συμβολική • Πολλαπλή • Υβριδική • Μικτή
K2: Πολλαπλές Αναπαραστάσεις (Π.Α.)	<ul style="list-style-type: none"> • Υπάρχουν • Δεν υπάρχουν
K3: Επισήμανση Αντιστοιχίας στις Π.Α.	<ul style="list-style-type: none"> • Επαρκής • Ελλιπής • Δεν υπάρχει
K4: Ερμηνεία Επιφανειακών Χαρακτηριστικών	<ul style="list-style-type: none"> • Επαρκής • Ελλιπής • Δεν υπάρχει
K5: Συνάφεια Κειμένου-Αναπαράστασης	<ul style="list-style-type: none"> • Απόλυτη • Μερική • Δεν υπάρχει
K6: Θέση Αναπαράστασης	<ul style="list-style-type: none"> • Ενσωματωμένη στο κείμενο • Παράλληλα με το κείμενο, στο περιθώριο της σελίδας

	<ul style="list-style-type: none"> • Πριν ή μετά το κείμενο 	
K7: Επικεφαλίδα ή Υπότιτλος	<ul style="list-style-type: none"> • Κανονική • Επιμέρους • Εσωτερική 	<ul style="list-style-type: none"> • Σαφής • Σύντομη • Περιεκτική • Προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση
	<ul style="list-style-type: none"> • Δεν υπάρχει 	

4^ο Κριτήριο (K4): Ερμηνεία Επιφανειακών Χαρακτηριστικών Αναπαράστασης. Με το 4^ο κριτήριο ελέγχεται κατά πόσο καθίσταται σαφές το νόημα μιας αναπαράστασης και κατά πόσο δηλώνεται η ερμηνεία των επιφανειακών της χαρακτηριστικών. Η δήλωση της ερμηνείας των επιφανειακών χαρακτηριστικών μιας αναπαράστασης χαρακτηρίζεται ως *επαρκής, ελλιπής* ή *ότι δεν υπάρχει*. Η δήλωση της ερμηνείας μπορεί να γίνεται στο κείμενο, στον υπότιτλο ή στην επικεφαλίδα ή εντός της αναπαράστασης με εσωτερικούς υπότιτλους. Γενικά, θεωρούμε ότι η δήλωση των επιφανειακών χαρακτηριστικών της αναπαράστασης είναι αναγκαία όταν εισάγεται για πρώτη φορά ένα είδος αναπαράστασης, ενώ θεωρείται δεδομένη όταν ο μαθητής έχει διδαχτεί τη συγκεκριμένη αναπαράσταση σε προηγούμενη ενότητα.

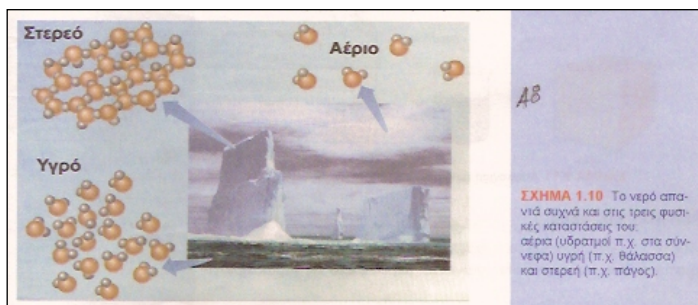
5^ο Κριτήριο (K5): Συνάφεια Κειμένου-Αναπαράστασης. Με το 5^ο κριτήριο ελέγχεται κατά πόσο μια αναπαράσταση είναι συναφής με το κείμενο και συνεπώς, με την αντίστοιχη χημική έννοια που περιγράφεται στο κείμενο. Η συνάφεια χαρακτηρίζεται ως *απόλυτη, μερική* ή *ότι δεν υπάρχει*. *Απόλυτη* θεωρείται η συνάφεια όταν το κείμενο αναφέρεται ακριβώς στο περιεχόμενο της αναπαράστασης. *Μερική* χαρακτηρίζεται όταν το κείμενο αναφέρεται στο ίδιο θέμα (π.χ. έννοια, φαινόμενο, κτλ.), αλλά χωρίς να αναφέρεται στο συγκεκριμένο περιεχόμενο της αναπαράστασης. Για παράδειγμα, η συνάφεια χαρακτηρίζεται ως μερική όταν το κείμενο περιγράφει μια γενική περίπτωση (π.χ. δομή του ατόμου) και η αναπαράσταση απεικονίζει ένα συγκεκριμένο παράδειγμα, χωρίς αυτό να περιγράφεται και να επεξηγείται στο κείμενο (π.χ. δομή συγκεκριμένου στοιχείου). Με το κριτήριο αυτό ελέγχεται, επίσης, εάν το κείμενο κάνει απευθείας παραπομπή στην αναπαράσταση. Ως *απευθείας παραπομπή* θεωρείται όταν το κείμενο παραπέμπει στην αναπαράσταση με φράσεις όπως «*βλέπε εικόνα*», «*όπως φαίνεται στην αναπαράσταση*» κτλ.. Στην περίπτωση των ενσωματωμένων αναπαραστάσεων στο κείμενο θεωρούμε ότι η απευθείας παραπομπή δεν είναι απαραίτητη. Να σημειώσουμε ότι προκειμένου να χαρακτηριστεί η συνάφεια μιας αναπαράστασης με το κείμενο ως απόλυτη, μερική ή ότι δεν υπάρχει δεν λαμβάνεται υπόψη εάν γίνεται απευθείας παραπομπή ή όχι.

6^ο Κριτήριο (Κ6): Θέση Αναπαράστασης. Οι αναπαραστάσεις προκειμένου να επιτελούν το σκοπό τους θα πρέπει να βρίσκονται στο κατάλληλο σημείο του βιβλίου, ώστε ο μαθητής να τις προσέχει, να τις διαβάσει και να τις συσχετίζει με το αντίστοιχο κείμενο, δηλαδή με τις αντίστοιχες χημικές έννοιες. Η θέση μιας αναπαράστασης χαρακτηρίζεται ως: ενσωματωμένη στο κείμενο, παράλληλη με το κείμενο στο περιθώριο της σελίδας ή θέση πριν ή μετά το κείμενο.

7^ο Κριτήριο (Κ7): Επικεφαλίδα / Υπότιτλος. Με το 7^ο κριτήριο ελέγχεται εάν μια αναπαράσταση έχει επικεφαλίδα ή υπότιτλο, τα οποία θεωρούνται απαραίτητα διότι καθιστούν σαφές το περιεχόμενο και το μήνυμα της αναπαράστασης, ενώ επισημαίνουν τα κρίσιμα σημεία της αναπαράστασης. Οι επικεφαλίδες και οι υπότιτλοι βοηθούν, επίσης, στην οργάνωση του βιβλίου και διευκολύνουν τη μελέτη, διότι δίνουν τη δυνατότητα στο μαθητή να καταλαβαίνει το περιεχόμενο μιας αναπαράστασης, χωρίς να αναγκάζεται να διαβάσει κάθε φορά το συναφές κείμενο. Ωστόσο, οι επικεφαλίδες και οι υπότιτλοι δεν αρκεί να υπάρχουν, αλλά θα πρέπει να είναι σαφείς, σύντομοι, περιεκτικοί και να προσδίδουν αυτοτέλεια στην αναπαράσταση. Εάν μια αναπαράσταση περιέχει επιμέρους ξεχωριστές αναπαραστάσεις, οι οποίες έχουν ξεχωριστούς υπότιτλους ή επικεφαλίδες, τότε αυτοί χαρακτηρίζονται ως επιμέρους υπότιτλοι ή επικεφαλίδες αντίστοιχα. Εάν μια αναπαράσταση περιέχει υπότιτλους εντός του πλαισίου της, τότε αυτοί χαρακτηρίζονται ως εσωτερικοί υπότιτλοι. Οι εσωτερικοί υπότιτλοι είναι ενσωματωμένοι στην αναπαράσταση και έχουν το ίδιο φόντο με αυτή.

Εφαρμογή Του Μοντέλου Στο Σχολικό Εγχειρίδιο Χημείας Της Α' Λυκείου

Το μοντέλο ελέγχου των αναπαραστάσεων εφαρμόστηκε στο σχολικό εγχειρίδιο: «Χημεία Α' Τάξης Ενιαίου Λυκείου», των Λιοδάκη Στ., Γάκη Δ., Θεωδορόπουλου Δ., Θεωδορόπουλου Π. και Κάλλη Α. Ενδεικτικά, παρουσιάζουμε την εφαρμογή του μοντέλου στην παρακάτω αναπαράσταση:



- *Είδος Αναπαράστασης:* Πολλαπλή, η οποία απεικονίζει μικροσκοπικά με τη χρησιμοποίηση μοριακών μοντέλων και μακροσκοπικά με μια φωτογραφία την αέρια, την υγρή και τη στερεή κατάσταση του νερού.
- *Επικεφαλίδα / Υπότιτλος:* Έχει υπότιτλο «**ΣΧΗΜΑ 1.10 Το νερό απαντά συχνά και στις τρεις φυσικές καταστάσεις του: αέρια (υδρατμοί π.χ. στα σύννεφα) υγρή (π.χ. θάλασσα) και στερεή (π.χ. πάγος).**», ο οποίος είναι σαφής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.
- *Θέση:* Ενσωματωμένη στο κείμενο.
- *Συνάφεια Κειμένου:* Μερική. Το κείμενο αναφέρεται γενικά στις τρεις φυσικές καταστάσεις της ύλης, χωρίς να αναφέρεται συγκεκριμένα στο νερό και χωρίς να κάνει απευθείας παραπομπή στην αναπαράσταση.
- *Ερμηνεία Επιφανειακών Χαρακτηριστικών:* Ελλιπής. Το μόνο χαρακτηριστικό που δηλώνεται είναι ποια μικροσκοπική αναπαράσταση αντιστοιχεί σε ποια φυσική κατάσταση του νερού. Δεν διευκρινίζεται ότι το κάθε μοριακό μοντέλο συμβολίζει ένα μόριο νερού.
- *Πολλαπλές Αναπαραστάσεις:* Παρουσιάζονται μικροσκοπικά και μακροσκοπικά οι τρεις φυσικές καταστάσεις του νερού.
- *Επισήμανση Αντιστοιχίας στις Π.Α.:* Ελλιπής. Επισημαίνεται μόνο η αντιστοιχία μικροσκοπικής και μακροσκοπικής αναπαράστασης για κάθε φυσική κατάσταση, με ένα βέλος. Δεν επισημαίνεται η αντιστοιχία των επιφανειακών χαρακτηριστικών, για παράδειγμα ότι στον πάγο τα μόρια βρίσκονται σε μικρές αποστάσεις μεταξύ τους κτλ.

Από την εφαρμογή του 1^{ου} Κριτηρίου του μοντέλου (είδος αναπαράστασης) προκύπτει η κατανομή των χημικών αναπαραστάσεων ανά διδασκόμενη χημική έννοια (Πίνακας 2) και η κατανομή τους ανά είδος αναπαράστασης (Πίνακες 3 και 4). Στους πίνακες οι μακροσκοπικές αναπαραστάσεις αναγράφονται ως «μακρο», ενώ οι μικροσκοπικές ως «μικρο». Στον Πίνακα 3 οι πολλαπλές αναπαραστάσεις παρουσιάζονται ως ξεχωριστή κατηγορία, ενώ στον Πίνακα 4 οι πολλαπλές αναπαραστάσεις έχουν αναλυθεί στις επιμέρους αναπαραστάσεις από τις οποίες αποτελούνται και οι επιμέρους αναπαραστάσεις έχουν προσμετρηθεί ως μεμονωμένες αναπαραστάσεις.

Πίνακας 2. Κατανομή αναπαραστάσεων ανά διδασκόμενη έννοια.

Χημική Έννοια	Είδη Αναπαραστάσεων	Πολλαπλές Αναπαραστάσεις
Άτομα - Μόρια	Μικρο – Συμβολική	Μικρο- Συμβολική
Ιόντα	Μακρο – Μικρο – Συμβολική	Μακρο – Μικρο – Συμβολική
Ατομικός - Μαζικός Αριθμός - Ισότοπα	Μικρο – Συμβολική	-
Καταστάσεις & Ιδιότητες της Ύλης	Μακρο – Μικρο – Συμβολική	Μακρο – Μικρο

Χημικά φαινόμενα	Μακρο – Μικρο	-
Καθαρές ουσίες - Μίγματα - Στοιχεία - Χημικές Ενώσεις	Μακρο – Μικρο	-
Διαλύματα	Μακρο – Συμβολική	-
Ηλεκτρονιακή Δομή	Μικρο – Συμβολική	Μικρο – Συμβολική
Περιοδικός Πίνακας	Μακρο – Μικρο – Συμβολική	Μακρο – Συμβολική
Ηλεκτρόνια Σθένους	Συμβολική	-
Ατομική Ακτίνα	Μικρο – Συμβολική	Μικρο – Συμβολική
Ετεροπολικός Δεσμός	Μακρο – Μικρο – Συμβολική	Μικρο – Συμβολική & Μακρο – Μικρο
Ομοιοπολικός Δεσμός	Μικρο – Συμβολική	Μικρο – Συμβολική
Αριθμός Οξειδωσης	Συμβολική	-
Οξέα	Μακρο – Μικρο – Συμβολική	-
Βάσεις, Άλατα	Μακρο – Συμβολική	-
pH	Μακρο – Συμβολική	-
Οξειδία	Συμβολική	-
Χημικές Αντιδράσεις	Μικρο – Συμβολική	Μικρο – Συμβολική
Οξειδοαναγωγικές & Μεταθετικές Αντιδράσεις	Μακρο – Συμβολική	-
Σχετική Ατομική & Μοριακή Μάζα	Συμβολική	-
Mol, Γραμμομοριακός Όγκος	Μακρο – Συμβολική	Μακρο – Συμβολική
Νόμοι των Αερίων	Μακρο – Μικρο – Συμβολική	-
Καταστατική Εξίσωση	Συμβολική	-
Συγκέντρωση Διαλύματος	Μακρο – Συμβολική	-
Αραίωση-Ανάμιξη Διαλύματος	Μακρο – Μικρο – Συμβολική	-

Η κατανομή των αναπαραστάσεων με βάση το είδος τους, σε μακροσκοπικές, μικροσκοπικές, συμβολικές και πολλαπλές, είναι ομοιόμορφη, χωρίς να φαίνεται κάποια ιδιαίτερη τάση να χρησιμοποιούνται πολλαπλές αναπαραστάσεις. Ωστόσο, από την κατανομή ανά διδασκόμενη έννοια φαίνεται ότι μόνο οι 7 από τις 26 χημικές έννοιες παρουσιάζονται και στα τρία επίπεδα της χημείας (μακροσκοπικό, μικροσκοπικό, συμβολικό), ενώ μόνο μία από αυτές (κρυσταλλική δομή) παρουσιάζεται ταυτόχρονα σε αυτά με πολλαπλή αναπαράσταση. Οι 14 από τις 26 έννοιες παρουσιάζονται σε δύο επίπεδα και μόνο οι 9 από αυτές παρουσιάζονται με ταυτόχρονες πολλαπλές αναπαραστάσεις σε αυτά. Τέλος, 5 από τις 26 έννοιες

παρουσιάζονται μόνο σε συμβολικό επίπεδο. Να επισημάνουμε, επίσης, ότι οι 24 από τις 26 έννοιες παρουσιάζονται σε συμβολικό επίπεδο και ίσως σε κάποιο ακόμη. Εάν λάβουμε υπόψη ότι το βιβλίο περιέχει μεγάλο αριθμό μοριακών τύπων (συμβολικές αναπαραστάσεις) ενδιάμεσα στο κείμενο που δεν συμπεριλήφθηκαν στην αριθμητική κατανομή, προκύπτει ότι στο βιβλίο δίνεται μεγαλύτερη έμφαση στο συμβολικό επίπεδο, κατόπιν στο μακροσκοπικό, ενώ λιγότερη έμφαση δίνεται στο μικροσκοπικό.

Πίνακας 3. Κατανομή αναπαραστάσεων ανά είδος.

	Μακρ ο	Μικρο	Συμβολικές	Πολλαπλές	Υβριδικές	Μικτές
<i>Αριθμός Αναπ/σεων (N=110)</i>	26	21	26	24	12	1
<i>Ποσοστό Αναπ/σεων</i>	23,6 %	19,1 %	23,6%	21,8%	10,9%	0,9%

Πίνακας 4. Κατανομή αναπαραστάσεων ανά είδος περιλαμβανομένων των επιμέρους αν/σεων των Π.Α.

	Μακρο	Μικρο	Συμβολικές	Υβριδικές	Μικτές
<i>Αριθμός Αναπ/σεων (N=135)</i>	43	33	45	13	1
<i>Ποσοστό Αναπ/σεων</i>	31,9%	24,4%	33,3%	9,6%	0,7%

Από την εφαρμογή του 2^{ου} Κριτηρίου (ύπαρξη ταυτόχρονων πολλαπλών αναπαραστάσεων) προκύπτει η κατανομή του Πίνακα 5, η οποία δείχνει ότι το 91,7% των πολλαπλών αναπαραστάσεων, που περιέχονται στο βιβλίο, περιλαμβάνουν μόνο δύο από τα επίπεδα της χημείας, με ιδιαίτερη προτίμηση στο συνδυασμό μακροσκοπικού-συμβολικού επιπέδου (45,8%), ενώ σε όλο το βιβλίο υπάρχει μόνο μία πολλαπλή αναπαράσταση και στα τρία επίπεδα της χημείας.

Από την εφαρμογή του 3^{ου} Κριτηρίου (επισήμανση αντιστοιχίας στις πολλαπλές αναπαραστάσεις), προκύπτει ότι στο 58,3% των πολλαπλών αναπαραστάσεων δεν υπάρχει καμία αντιστοιχία μεταξύ των επιφανειακών χαρακτηριστικών, στο 41,7% η αντιστοιχία είναι ελλιπής (απλώς είναι τοποθετημένες παράλληλα μεταξύ τους χωρίς να υπάρχουν συγκεκριμένες επισημάνσεις), ενώ σε καμία δεν υπάρχει επαρκής αντιστοιχία.

Πίνακας 5. Τα είδη των πολλαπλών αναπαραστάσεων.

	Π.Α. με 3 επίπεδα	Π.Α. με 2 επίπεδα			Π.Α. με 1 επίπεδο & υβριδική αν.
	Μακρο - Μικρο - Συμβολική ή	Μικρο - Συμβολική ή	Μακρο - Συμβολική	Μακρο - Μικρο	Μακρο - Υβριδική
Αριθμός (N=24)	1	7	11	4	1
Ποσοστό	4,2%	29,2%	45,8%	16,7%	4,2%
		91,7%			

Χρησιμοποιώντας το 4^ο Κριτήριο (ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών), προκύπτει ότι στο 22,7% των αναπαραστάσεων η ερμηνεία είναι επαρκής, στο 44,5% είναι ελλιπής και στο 32,7% δεν υπάρχει καμία ερμηνεία. Συνεπώς, δεν παρατηρείται συστηματική και σαφής δήλωση της ερμηνείας των αναπαραστάσεων.

Χρησιμοποιώντας το 5^ο Κριτήριο (συνάφεια κειμένου-αναπαράστασης), προκύπτει ότι το 68,2% των αναπαραστάσεων έχει απόλυτη συνάφεια με τις διδασκόμενες έννοιες, αρχές ή φαινόμενα, το 28,2% έχει μερική συνάφεια, ενώ μόνο το 3,6% δεν έχει καμία συνάφεια με αυτές. Οι αναπαραστάσεις που βρέθηκαν να έχουν μερική συνάφεια είναι κυρίως παραδείγματα μιας γενικής περίπτωσης που περιγράφεται στο κείμενο. Με το 5^ο Κριτήριο ελέγχεται, επίσης, η απευθείας παραπομπή του κειμένου σε μια αναπαράσταση, ώστε να είναι 100% σαφής η αναπαράσταση. Ωστόσο, θεωρούμε ότι οι απευθείας παραπομπές είναι απαραίτητες μόνο στις μη ενσωματωμένες αναπαραστάσεις, διότι οι ενσωματωμένες αναπαραστάσεις διαβάζονται ως συνέχεια του κειμένου. Βρέθηκε, λοιπόν, ότι από τις 110 αναπαραστάσεις, οι μη ενσωματωμένες είναι 66 και στο 93,9% αυτών δεν γίνεται απευθείας παραπομπή.

Χρησιμοποιώντας το 6^ο Κριτήριο (θέση αναπαράστασης) προκύπτει ότι το 40,0% των αναπαραστάσεων είναι ενσωματωμένες στο κείμενο, το 32,7% είναι παράλληλες με το κείμενο και το 27,3% βρίσκονται πριν ή μετά το κείμενο. Γενικά, η πλειοψηφία των αναπαραστάσεων βρίσκεται σε κατάλληλη θέση, δηλαδή κοντά στο αντίστοιχο κείμενο.

Το 7^ο Κριτήριο (ύπαρξη επικεφαλίδας ή υπότιτλου) χρησιμοποιήθηκε μόνο στις μη ενσωματωμένες αναπαραστάσεις, διότι οι ενσωματωμένες διαβάζονται ως συνέχεια του κειμένου το οποίο περιγράφει το περιεχόμενό τους και έτσι, δεν είναι απαραίτητη ή παρουσία επικεφαλίδας ή υπότιτλου. Από την εφαρμογή του 7^{ου} Κριτηρίου στις 66 μη ενσωματωμένες αναπαραστάσεις προκύπτει ότι το 83,3% αυτών έχουν επικεφαλίδα ή υπότιτλο, το 4,5% έχουν εσωτερικές

επικεφαλίδες ή υπότιτλους, ενώ το 12,1% δεν έχουν ούτε επικεφαλίδα ούτε υπότιτλο. Ωστόσο, ενώ το 87,8% (= 83,3% + 4,5%) των αναπαραστάσεων έχει επικεφαλίδα ή υπότιτλο, μόνο το 57,6% των αναπαραστάσεων έχει σωστή επικεφαλίδα ή υπότιτλο (δηλαδή είναι σαφείς, σύντομοι, περιεκτικοί και προσδίδουν αυτοτέλεια στην αναπαράσταση). Παρατηρείται, δηλαδή, ότι στις μισές περίπου αναπαραστάσεις χρησιμοποιούνται προβληματικές επικεφαλίδες ή υπότιτλοι, γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα να μην είναι σαφές το περιεχόμενο των αναπαραστάσεων και η ερμηνεία τους να γίνεται πιο δύσκολη.

3. Συμπεράσματα

Από την εφαρμογή του μοντέλου στο σχολικό βιβλίο χημείας της Α' Λυκείου εμφανίζεται η τάση να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο συμβολικό επίπεδο της χημείας, λιγότερη έμφαση στο μακροσκοπικό και ακόμη λιγότερη έμφαση στο μικροσκοπικό. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι έννοιες διδάσκονται στα δύο από τα τρία επίπεδα, και το ένα από αυτά είναι το συμβολικό, ενώ δεν παρατηρείται συστηματική τάση να χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα πολλές αναπαραστάσεις και στα τρία επίπεδα. Όσον αφορά στη συσχέτιση αυτών των αναπαραστάσεων με τις αντίστοιχες έννοιες, διαπιστώνεται ότι βρίσκονται σε κατάλληλη θέση στο βιβλίο και έχουν επικεφαλίδες ή υπότιτλο, όμως δεν δηλώνεται με σαφήνεια η ερμηνεία των επιφανειακών τους χαρακτηριστικών. Επίσης, δεν δηλώνεται με σαφήνεια η αντιστοιχία μεταξύ των επιφανειακών χαρακτηριστικών στις πολλαπλές αναπαραστάσεις και δεν γίνονται, γενικά, απευθείας παραπομπές στις αναπαραστάσεις. Συνεπώς, απαιτείται από τους μαθητές να συνδέουν μόνοι τους τις αναπαραστάσεις με τις αντίστοιχες έννοιες και να τις ερμηνεύουν, κάνοντας για παράδειγμα αναγωγή από τη γενική περίπτωση στην ειδική. Όπως φαίνεται από τη βιβλιογραφία, οι παραπάνω νοητικές διεργασίες είναι ιδιαίτερα απαιτητικές για τους μαθητές και έτσι, είναι αμφίβολο εάν οι μαθητές καταλαβαίνουν το μήνυμα που μεταφέρουν οι αναπαραστάσεις, εάν τις θεωρούν απλές εικόνες που διακοσμούν το βιβλίο ή εάν προσλαμβάνουν λάθος μήνυμα από αυτές.

4. Υποδείξεις Για Τη Διδασκαλία Της Χημείας

Η χημεία είναι μια επιστήμη που προσπαθεί να ανακαλύψει τι συμβαίνει στο μικρόκοσμο, ώστε να εξηγήσει τα φαινόμενα στο μακρόκοσμο και προκειμένου να περιγράψει μικρόκοσμο και μακρόκοσμο χρησιμοποιεί τα επιστημονικά σύμβολα. Εάν, λοιπόν, οι μαθητές δεν διδάσκονται τη χημεία και στα τρία επίπεδα, τότε είναι αναμενόμενο να μην αποκτούν σφαιρική και ολοκληρωμένη άποψη για

τα χημικά φαινόμενα και οι γνώσεις τους να είναι επιφανειακές, ασυνεχείς και με πολλά κενά (Nakhleh, 1993; Russell et al., 1997).

Επιπλέον, κατά τη διδασκαλία της χημείας θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στο σωματιδιακό επίπεδο της ύλης, το οποίο θα πρέπει να διδάσκεται μέσα από τις μικροσκοπικές αναπαραστάσεις. Οι μαθητές μπορούν εύκολα να καταλάβουν το μακροσκοπικό επίπεδο, διότι το αντιλαμβάνονται άμεσα με τις αισθήσεις τους, καθώς επίσης και το συμβολικό, όσον αφορά στο νόημα των συμβόλων και στις συμβάσεις που γίνονται. Ωστόσο, είναι πολύ δύσκολο να οπτικοποιήσουν το μικροσκοπικό επίπεδο, διότι πρέπει να χρησιμοποιήσουν τη φαντασία τους ώστε να φτιάξουν εικόνες στο νου τους, τις οποίες ο καθηγητής είναι δύσκολο να ελέγξει ως προς την ορθότητά τους (Gabel, 1993; Keig and Rubba, 1993; Nakhleh, 1993; Noh and Scharmann, 1997; Sanger, 2000).

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω καθώς και τα συμπεράσματα της έρευνάς μας μπορούμε να αξιοποιήσουμε καλύτερα τις χημικές αναπαραστάσεις του σχολικού βιβλίου της Α' Λυκείου αν:

- Συνδέουμε με το κείμενο τις αναπαραστάσεις που βρίσκονται σε απομακρυσμένα σημεία και ο μαθητής είναι πολύ πιθανό να τις προσπεράσει χωρίς να δώσει σημασία, καθώς έχει την τάση να διαβάζει μόνο τα «αναγκαία» και τίποτα περιττό.
- Επισημαίνουμε το νόημα των συμβόλων ιδιαίτερα όταν οι μαθητές διδάσκονται για πρώτη φορά το κάθε είδος αναπαράστασης.
- Συμπληρώνουμε τις προβληματικές επικεφαλίδες ή υπότιτλους με στόχο να γίνεται σαφές το περιεχόμενο των αναπαραστάσεων και η ερμηνεία τους να γίνεται πιο εύκολη.
- Προσπαθούμε να εντάξουμε καθημερινά, τόσο κατά τη διδασκαλία όσο και κατά την αξιολόγηση μικροσκοπικές αναπαραστάσεις, κυρίως με τη χρήση μοριακών μοντέλων.
- Ενσωματώνουμε στους διδακτικούς στόχους την απόκτηση δεξιότητας μετάφρασης της μιας μορφής αναπαράστασης σε άλλη.

Με τους παραπάνω τρόπους ίσως βοηθήσουμε τους μαθητές μας να κατανοήσουν ευκολότερα τις έννοιες, τις αρχές και τα φαινόμενα της χημείας.

Βιβλιογραφία

1. Abraham, M.R., Grybowski, E.B., Renner, J.W., Marek, E.A. (1992) Understanding and misunderstanding of eighth graders of five chemistry concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (2), 105-120.
2. Abraham, M.R., Williamson, V.M., Westbrook, S.L. (1994) A cross-age study of understanding five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Education*, 31 (2), 147-165.

3. Ardac, D., Akaygun, S. (2004) Effectiveness of Multimedia-Based Instruction That Emphasizes Molecular Representations on Students' Understanding of Chemical Change. *Journal of Research in Science Teaching*, 41 (4), 317-337.
4. Barnea, N., Dori, Y.J. (1996) Computerized molecular modeling as a tool to improve chemistry teaching. *Journal of Chemical Information and Computer Science*, 36, 629-636.
5. Ben-Zvi, R., Eylon, B., Silberstein, J. (1986) Is an Atom of Copper Malleable?, *Journal of Chemical Education*, 63 (1), 64-66.
6. Ben-Zvi, R., Eylon, B., Silberstein, J. (1987) Students' Visualization of a Chemical Reaction, *Education in Chemistry*, July 1987, 117-120.
7. Ben-Zvi, R., Eylon, B., Silberstein, J. (1988) Theories, principles and laws. *Education in Chemistry*, 89-92.
8. Bodner, G., Domin, D. (1996) The Role of Representations in Problem Solving in Chemistry. *On-Line Symposium, June 3 to July 19*.
9. Bowen, C. (1998) Item Design Considerations for Computer-Based Testing of Student Learning in Chemistry, *Journal of Chemical Education*, 75 (9), 1172-1175.
10. Britton, B., Woodward, A., Binkley, M. (1993) Learning From Textbooks, Theory and Practice. Lawrence Erlbaum Associates.
11. de Vos, W., Verdonk, A.H. (1996) The Particulate Nature of Matter in Science Education and in Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (6), 657-664.
12. Furio, C., Calatayud, M.L., Barcenas, S.L., Padilla, O.M. (2000) Functional fixedness and functional reduction as common sense reasonings in chemical equilibrium and in geometry and polarity of molecules. *Science Education*, 84 (5), 545-565.
13. Gabel, D. (1993) Use of the Particle Nature of Matter in Developing Conceptual Understanding. *Journal of Chemical Education*, 70 (3), 193-194.
14. Griffiths, A.K., Preston, K.R. (1992) Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (6), 611-628.
15. Hesse, J.J., Anderson, J.W. (1992) Students' Conceptions of Chemical Change. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (3), 277-279.
16. Hoffmann, R., Laszlo, R. (1991) Representation in Chemistry, *Angewandte Chemie*, 30, 1 - 16.
17. Johnstone, A.H. (1991) Why is Science Difficult to Learn? Things are Seldom What They Seem, *Journal of Computer Assisted Learning*, 7, 75-83.
18. Johnstone, A.H. (1993) The Development of Chemistry Teaching, *Journal of Chemical Education*, 70 (9), 701-705.
19. Keig, P., Rubba, P. (1993) Translation of Representations of the structure of Matter and its Relationship to reasoning, Gender, Spatial Reasoning, and Specific Prior Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (8), 883-903.
20. Kozma, R.B. & Russell, J. (1997) Multimedia and Understanding: Expert and Novice Responses to Different Representations of Chemical Phenomena, *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (9), 949-968.
21. Krajcik, J.S. (1991) Developing students' understanding of chemical concepts. In Y. S. M. Glynn, R. H. Yanny, & B. K. Britton (Eds.), *The psychology of learning science: International perspective on the psychological foundations of technology-based learning environments* (pp. 117-145). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
22. Nakhleh, M.B. (1993) Are our students conceptual thinkers or algorithmic problem solvers? *Journal of Chemical Education*, 70 (1), 52-55.
23. Nakhleh, M.B., Krajcik, J.S. (1994) Influence of Levels of Information as Presented by Different Technologies on Students' Understanding of Acid, Base, and pH Concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (10), 1077-1096.

24. Noh, T., Scharmann, L.C. (1997) Instructional Influence of a Molecular-Level Pictorial Presentation of Matter on Students' Conceptions and Problem-Solving Ability. *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (2), 199-217.
25. Novick, S., Nussbaum, J. (1981) Pupils' Understanding of the Particulate Nature of Matter: A Cross-Age Study. *Science Education*, 65 (2), 187-196.
26. Russel, J.W., Kozma, R.B., Jones, T., Wykoff, J., Marx, N., Davis, J. (1997) Use of simultaneous, synchronized macroscopic, microscopic and symbolic representations to enhance the teaching and learning of chemical concepts. *Journal of Chemical Education*, 74, 330-334.
27. Sanger, M.J. (2000) Using Particulate Drawings to Determine and Improve Students' Conceptions of Pure Substances and Mixtures. *Journal of Chemical Education*, 77 (6), 762-766.
28. Smith, K.J., Metz, P.A. (1996) Evaluating Student Understanding of Solution Chemistry through Microscopic Representations. *Journal of Chemical Education*, 73 (3), 233-235.
29. Treagust D.F., Chittleborough, G., Mamiala, T.L. (2003) The Role of Submicroscopic and Symbolic Representations in Chemical Explanations, *International Journal of Science Education*, 25 (11), 1353-1368.
30. Tuckey, H., Selvaratnam, M., Bradley, J. (1991) Identification and rectification of student difficulties concerning three-dimensional structures, rotation, and reflection. *Journal of Chemical Education*, 68 (6), 460-464.
31. Wegner, P.A., Montana, A.F. (1993) Dynamic Visualization of Chemical and Instructional Concepts and Processes in Beginning Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 70 (2), 151.
32. Καψάλης, Α., Χαραλάμπους, Δ., (1995) Σχολικά Εγχειρίδια, Θεσμική Εξέλιξη και Σύγχρονη Προβληματική. Αθήνα: Έκφραση.
33. Κουλαϊδής, Β., Δημόπουλος, Κ., Σκλαβενίτη, Σ., Χρηστίδου, Β. (2002) Τα κείμενα της Τεχνο-επιστήμης στον δημόσιο χώρο. Αθήνα: Εκδόσεις Μεταίχμιο.
34. Προδιαγραφές Εκπαιδευτικών Βοηθητικών Μέσων (1999), Τόμος Ι, Προδιαγραφές για την Έκδοση και Συγγραφή Διδακτικών Βιβλίων. Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.
35. Προδιαγραφές Εκπαιδευτικών Βοηθητικών Μέσων (1999), Τόμος ΙΙ, Προδιαγραφές για την Έκδοση και Συγγραφή Διδακτικών Βιβλίων. Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.

Αξιολόγηση – Επιστήμη – Κοινωνία – Τεχνολογία



Η διδασκαλία του φαινομένου του θερμοκηπίου: Μια διδακτική πρόταση βασισμένη σε ένα διαφοροποιημένο πρόγραμμα Επιστήμης – Κοινωνίας – Τεχνολογίας

Μπότση Σ.¹, Κουσαθανά Μ.², Παπαρηγοπούλου Μ.³

¹Μεταπτυχιακή φοιτήτρια ΠΜΣ ΔιΧηΝΕΤ

²Επιστημονική συνεργάτιδα ΠΜΣ ΔιΧηΝΕΤ, *Πειραματικό Σχολείο Πανεπιστημίου Αθηνών*

³Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Χημικό τμήμα, ΕΚΠΑ

Περίληψη

Η παρούσα εργασία εξετάζει κριτικά τις φιλοσοφικές και παιδαγωγικές θέσεις των προγραμμάτων Επιστήμη - Κοινωνία – Τεχνολογία αναδεικνύοντας τη σχέση τους με ιδεαλιστικές αντιλήψεις που επικρατούν στο τομέα της κοινωνιολογίας της επιστημονικής γνώσης οι οποίες ενισχύονται από αντίστοιχες θέσεις που προβάλλονται στο επίπεδο της διδακτικής από τον κονστρουκτιβισμό. Παράλληλα προτείνεται ένα διαφοροποιημένο πρόγραμμα 'Επιστήμη – Κοινωνία' που παρουσιάζει την διαλεκτική ενότητα της επιστήμης και των επιτευγμάτων της με την κοινωνία και το οποίο δεν αποκρύπτει τους κυρίαρχους παράγοντες που αποξενώνουν την επιστήμη από την κοινωνία. Το διαφοροποιημένο πρόγραμμα εφαρμόζεται ερευνητικά στη διδασκαλία του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και οι συζητήσεις για τις κλιματολογικές αλλαγές στον πλανήτη συνιστούν ζήτημα ευρύτερου κοινωνικού προβληματισμού. Τέτοια ζητήματα κινητοποιούν το ενδιαφέρον των μαθητών για επιστημονική διερεύνηση και εξήγηση του φαινομένου. Το συγκεκριμένο θέμα εμπεριέχει πλήθος πολύπλοκων και σύνθετων φαινομένων που τόσο η παραδοσιακή διδασκαλία όσο και η κονστρουκτιβιστική συνειδητά αγνοεί, όπως: ανάκλαση και απορρόφηση ακτινοβολιών φωτός, η διαφοροποίηση ανάμεσα στο κλειστό σύστημα όπως θεωρείται στατικά στη φυσική και στο κλειστό σύστημα όπως υφίσταται στην υλική πραγματικότητα που αφορά δυναμική αλληλεπίδραση μορφών ύπαρξης της ύλης, δηλαδή απορρόφηση και εκπομπή υπέρυθρης ακτινοβολίας από συγκεκριμένα μοριακά συστήματα κ.α. Η διδασκαλία του φαινομένου γίνεται με πειράματα όπου αναπαριστάται η υλική πραγματικότητα και προσομοιώσεις όπου αναπαρίσταται στατιστικά μοριακά συστήματα αυτής. Η εξέταση των πηγών επιβάρυνσης του περιβάλλοντος δεν εστιάζει μόνο στην ατομική ευθύνη και στην καλή καταναλωτική συμπεριφορά αλλά αναδεικνύει τις κυρίαρχες ευθύνες. Αυτή η ανάδειξη των κυρίαρχων ευθυνών και συμφερόντων σε συνδυασμό με την κριτική εξέταση διεθνών αποφάσεων δημιουργείται εκείνο το

ενεργό μαθησιακό περιβάλλον για την ανάπτυξη στάσεων για πραξιακή κοινωνική δράση που αμφισβητεί κυρίαρχες κοινωνικές δομές. Με αυτό τον τρόπο η επιστημονική γνώση γίνεται δύναμη δράσης όχι μόνο για την υπεράσπιση του περιβάλλοντος αλλά και για την καλυτέρευση της ζωής του Ανθρώπου.

Η επιστήμη ως ανθρώπινη δραστηριότητα

Η Επιστήμη ως ανθρώπινη δραστηριότητα συμμετέχει στη διαδικασία της κοινωνικής εξέλιξης, αλλά και επηρεάζεται από αυτή. Οποιαδήποτε προσπάθεια να δοθεί ένας ορισμός για την Επιστήμη θα αδικούσε και θα περιόριζε ιστορικά αυτό το κοινωνικό επίτευγμα, διότι η επιστήμη δεν είναι ένα στατικό όλο, εξελίσσεται ιστορικά και αναπτύσσεται μέσα από συγκρούσεις των δεδομένων με τις επικρατούσες θεωρίες και μέσα από διαμάχες για την φιλοσοφική τους θεμελίωση. Στην πορεία εξέλιξής της η Επιστήμη μετατράπηκε σε άμεση παραγωγική δύναμη, αποτέλεσε μορφή κοινωνικής συνείδησης και συνεπώς τμήμα της *ιδεολογίας*. Στην εποχή μας τόσο η Επιστήμη όσο και η έρευνα ολοένα και περισσότερο ιδιωτικοποιούνται και προσανατολίζονται για να υπηρετούν το κέρδος, γεγονός που αναιρεί τον κοινωνικό χαρακτήρα της επιστήμης και συνιστά πολλές φορές τροχοπέδη στην εξέλιξή της, ενώ παράλληλα η ανεξέλεγκτη χρησιμοποίηση των τεχνολογικών επιτευγμάτων της επιστήμης δημιουργεί περιβαλλοντικά, πολιτικά και ηθικά προβλήματα που αποτελούν απειλή για το μέλλον της ανθρωπότητας. Σε αυτό το 'σύγχρονο' κοινωνικοπολιτικό στάτους ακόμα και η αποτελεσματικότητα της εκμάθησης της Επιστήμης αντιμετωπίζεται και αξιολογείται ανάλογα με την οικονομική της απόδοση.

Όλα αυτά δημιουργούν έντονες συζητήσεις για τη σχέση Επιστήμης Κοινωνίας και πως παρουσιάζεται αυτή η σχέση στη σχολική πράξη, για σκοπό που πρέπει να εξυπηρετεί η εκπαίδευση, για το τι και πως διδάσκεται στο σχολείο, ζητήματα που συνδέονται άμεσα και έμμεσα με ιδεολογικές, πολιτικές και φιλοσοφικές θεωρήσεις (Κουσαθανά, 2006). Από την άποψη αυτή η Επιστήμη της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) θα πρέπει να αντιμετωπίσει ερωτήματα σχετικά με το κατά πόσο η διδασκαλία των Φ.Ε. αναδεικνύει τον ιστορικά καθορισμένο και ιδεολογικά φορτισμένο χαρακτήρα της Επιστήμης καθώς και να διερευνήσει την ιδεολογική και φιλοσοφική φόρτιση των μοντέλων διδασκαλίας. Διότι καμιά διδασκαλία, καμιά κατανόηση δεν είναι φιλοσοφικά και ιδεολογικά ουδέτερη. Επιπρόσθετα θα πρέπει να επαναπροσδιοριστούν οι 'σύγχρονες' 'εποικοδομητικές' μέθοδοι διδασκαλίας και να διερευνηθεί η πιθανή συμβολή τους στη διαμόρφωση κριτικής σκέψης ή στη δημιουργία επιστημολογικών εμποδίων στους μαθητές αναφορικά με την κατανόηση και εκμάθηση συγκεκριμένων επιτευγμάτων της Επιστήμης και της διαδικασίας

εξέλιξης της και της συμβολής της στο κοινωνικό γίνεσθαι (Κουσαθανά, 2006, 2007).

Στην παρούσα εργασία θα γίνει προσπάθεια να παρουσιαστεί το πρόγραμμα Επιστήμη – Κοινωνία – Τεχνολογία και να εξεταστούν κριτικά ορισμένες ασυνέπειες του, ενώ παρουσιάζεται περιληπτικά η διαφοροποιημένη διδασκαλία του φαινομένου του θερμοκηπίου στο ενιαίο πλαίσιο της επιστήμης των επιτευγμάτων της και της κοινωνικής της συνεισφοράς.

Τα προγράμματα Επιστήμη – Τεχνολογία – Κοινωνία (STS)

Ο επαναπροσδιορισμός της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών στις ΗΠΑ εμφανίζεται το 1957 με διχοτόμηση του ενιαίου χαρακτήρα της εκπαίδευσης, με αυτό τον τρόπο εμφανίζεται το ακαδημαϊκού προσανατολισμού πρόγραμμα PSSC και το HPPC που προωθούσε την ιδέα «η φυσική για όλους» που έδινε έμφαση στην ιστορική και πολιτισμική προσέγγιση της επιστήμης. Η ιδέα αυτή επεκτείνεται στην Αγγλία όπου κατασκευάζονται τα αναλυτικά προγράμματα *Science and Society* (επιστήμη και κοινωνία) και *Science in a Social Context* (επιστήμη σε κοινωνικό πλαίσιο). (Yager, 2001)

Το τελευταίο ήταν συμβατό με τα προγράμματα «Επιστήμης – Τεχνολογίας – Κοινωνίας», που αναπτύσσονται τέλη της δεκαετίας του 1970, τα οποία με τη σειρά τους ήταν αποτέλεσμα της επίδρασης των απόψεων της κοινωνιολογίας της επιστημονικής γνώσης στο χώρο της εκπαίδευσης. Πιο συγκεκριμένα τα προγράμματα αυτά εξέφραζαν τη νέα τάση της περιόδου που αναδείκνυε την «επιστήμη ως κουλτούρα» (*Science as Culture*) και επαναπροσδιόριζε τους στόχους της εκπαίδευσης των φυσικών επιστημών, η οποία θα έπρεπε να απευθύνεται σε όλους τους πολίτες (*Science for all*). (Σκορδούλης, 2003)

Τελικά, το πρόγραμμα *Science – Technology – Society* ή κοινώς το STS πρόγραμμα ξεπέρασε τα σύνορα των ΗΠΑ και Αγγλίας και άρχισε να συζητιέται σε διεθνείς συναντήσεις και συνέδρια και να αποτελεί κίνημα για τον επαναπροσδιορισμό της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών και των αναλυτικών προγραμμάτων. (Yager, 2001)

Κριτική θεώρηση της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών μέσω της STS πρότασης και μια διαφοροποιημένη πρόταση

Προκειμένου να κατανοήσουμε αυτά τα προγράμματα θα πρέπει να διερευνήσουμε τη φιλοσοφική τους θεμελίωση. Τα προγράμματα STS θεμελιώνονται άλλοτε στις αρχές του κοινωνικού και άλλοτε στις αρχές του κοινωνιολογικού κονστρουκτιβισμού. Σύμφωνα με τον κονστρουκτιβισμό, γνώση είναι η ταξινόμηση και η οργάνωση της εμπειρίας (ατομικής ή κοινωνικά οργανωμένης), η γνώση δεν μας παρέχει καμιά ένδειξη για τον τρόπο που ο κόσμος υφίσταται, ενώ ο

φυσικός κόσμος κατασκευάζεται από τις εμπειρίες μας. Με αυτό τον τρόπο η υλική πραγματικότητα έχει αντικατασταθεί από τα αισθήματα (εμπειρίες), δεν υφίσταται αντικειμενικά, ενώ στόχος της διδασκαλίας είναι η κατασκευή από τον κάθε μαθητή της προσωπικής (υποκειμενικής) του κοσμοθεωρίας. Αυτές οι θέσεις από τη φύση τους υποσκάπτουν εκ θεμελίων τη διδασκαλία της Επιστήμης. Διότι 'γνώση' δεν είναι η απλή ταξινόμηση των αισθημάτων όπως προκύπτουν μέσω των αισθήσεων (χρώμα, σχήμα, οσμή κλ.π), όπως υποστηρίζει ο κονστρουκτιβισμός, αλλά Επιστημονική γνώση είναι η αντανάκλαση των πραγματικών ουσιωδών ιδιοτήτων της υλικής πραγματικότητας που έχουν μετατραπεί σε κατηγορίες όπως ποιότητα, ποσότητα, δομή, προέλευση, αξία, κατηγορίες που προέκυψαν από τη επίπονη και μακροχρόνια συμμετοχή του ανθρώπου σε κοινωνικά εργασιακές δραστηριότητες και αναδεικνύουν αντικειμενικές σχέσεις τις φύσης (Κουσαθανά, 2005).

Το διδακτικό μοντέλο, που θεμελιώνεται στο πλαίσιο του κοινωνικού κονστρουκτιβισμού για τα STS προγράμματα, αναπαρίσταται με ένα τρίγωνο του οποίου τις τρεις κορυφές καταλαμβάνουν η επιστήμη, η τεχνολογία και η κοινωνία αντίστοιχα. Η απλή σχηματική αναπαράσταση δεν αναδεικνύει σε καμιά περίπτωση την ενότητα και τις αλληλεξαρτήσεις της επιστήμης των επιτευγμάτων της και της κοινωνίας. Στο κέντρο του τριγώνου οριοθετούνται οι ιδέες των μαθητών, από την άποψη ότι η STS διδασκαλία τροφοδοτείται και καθορίζεται από τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές κατανοούν το φυσικό, τεχνητό και κοινωνικό περιβάλλον. Το πρόβλημα αυτών των προγραμμάτων είναι ότι υπερτονίζουν τον πόλο κοινωνία στο τρίγωνο ενώ αδυνατίζουν τον πόλο επιστήμη δηλαδή την επιστημονική γνώση που πρόκειται να διδαχτεί στο σχολείο. Αυτό σε συνδυασμό με το φαινόμενο της 'αναπλαισίωσης' της γνώσης δηλαδή του μετασχηματισμού της επιστημονικής γνώσης οδηγεί στον εκχυδαισμό και στην παραποίηση της επιστημονικής γνώσης που διδάσκεται στο σχολείο. Άλλωστε οι στόχοι και το περιεχόμενο των προγραμμάτων STS φέρνουν σε αντιπαράθεση τις επιστημονικές γνώσεις και επιστημονικές δεξιότητες και τις αντικαθιστούν από ψευδοέννοιες και τις επιστημονικές δεξιότητες από 'βασικές κοινωνικές δεξιότητες' χρηστικού και ψευδοεπιστημονικού χαρακτήρα που θεωρούν ότι πρέπει να έχει ο πολίτης προκειμένου να συμμετέχει σε 'κοινωνικές δραστηριότητες' στο πλαίσιο του καλού καταναλωτή και 'συνετού' πολίτη.

Το μοντέλο διδασκαλίας της STS πρότασης, όπως και τα άλλα κονστρουκτιβίστικα μοντέλα, χαρακτηρίζεται ως μαθητοκεντρικό καθοριζόμενο σε μεγαλύτερο βαθμό από τους μαθητές (αυτενεργός μάθηση) και όχι από το δάσκαλο (Kouladis k.a, 1999). Θα μπορούσαμε να ισχυριστούμε ότι μάθηση μπορεί να πραγματοποιηθεί

αυθόρμητα ή τυχαία μέσα από τις πληροφορίες που παρέχουν επιστημονικά βιβλία, περιοδικά, διαδίκτυο ακόμα και από προσωπικές παρατηρήσεις. Αυτό το είδος της μάθησης, η αυτενεργός μάθηση, σχετίζεται με τις ανάγκες, τα ενδιαφέροντα και τα διαθέσιμα μέσα του μαθητή, επομένως όχι μόνο είναι ταξικά προσδιορισμένη, αλλά και το σημαντικότερο είναι ότι είναι λιγότερο αποτελεσματική διότι οι μαθητές μη έχοντας αναπτύξει ικανότητες επιλογής, ανακάλυψης ουσιαστικών σχέσεων ανάμεσα στα πράγματα καταλήγουν σε αποσπασματική, μη συστηματοποιημένη συσσώρευση πληροφοριών, ικανοτήτων και πρακτικών που προέρχονται μόνο από την ατομική τους εμπειρία. Επομένως οι απόψεις της αυτενεργού μαθητοκεντρικής μάθησης και 'ελεύθερης παιδαγωγικής' κάνουν ακόμα πιο ταξική την εκπαίδευση και υποβιβάζουν τη μάθηση στην αποσπασματική επιλογή πληροφοριών και στην ταξινόμηση της υποκειμενικής ή κοινωνικά οργανωμένης εμπειρίας (υποκειμενικός ιδεαλισμός) με άλλα λόγια στην αποσπασματική συσσώρευση σκόρπιων και μη έγκυρων 'γνώσεων' (Κουσαθανά, 2007). Προκειμένου να επέλθουν στοιχειώδη αλλά και ανώτερα επίπεδα μάθησης αναγκαιότητα αποτελεί η σκόπιμα οργανωμένη και προσανατολισμένη μάθηση, η οποία είναι μια διαδικασία 'λειτουργικής μετάδοσης' γνώσεων, δεξιοτήτων και πρακτικών από το δάσκαλο που κατέχει την επιστημονική γνώση. Αυτή η 'λειτουργική μετάδοση' δεν έχει καμιά σχέση με τη μετάδοση γνώσης που ισχύει στο παραδοσιακό σημερινό σχολείο, μιας μετάδοσης που έχει την μορφή μεταφοράς από χέρι σε χέρι και μετάγγισης γνώσεων. Από αυτή την άποψη η σχέση δασκαλου-μαθητή δεν είναι σχέση πομπού – δέκτη αλλά απαιτεί δραστηριότητα τόσο από το δάσκαλο όσο και από το μαθητή δηλαδή αμοιβαία αλληλεπίδραση ανάμεσα σε αυτόν που κατέχει τη γνώση και σε αυτόν που δέχεται τη γνώση.

Οι στόχοι των προγραμμάτων της STS πρότασης στο πλαίσιο του κονστρουκτιβισμού είναι συνέπεια της επιρροής ιδεαλιστικών απόψεων και στο χώρο της κοινωνιολογίας της επιστημονικής γνώσης. Οι κοινωνιολόγοι θεωρούν ότι ο επιστήμονας είναι φορτισμένος από τη θεωρία και δεν είναι ουδέτερος όταν εκτελεί πειράματα και καταλήγει σε συμπεράσματα και θεωρίες. Για να αποφευχθεί αυτό θα πρέπει να παρατηρούν τους επιστήμονες των φυσικών επιστημών οι κοινωνιολόγοι οι οποίοι ως ιθαγενείς θα αναλάβουν την 'αξιολόγηση' της εγκυρότητας της παραγόμενης επιστημονικής γνώσης. Αυτές είναι οι επιστημολογικές επιρροές της κοινωνιολογίας στην εξέλιξη των φυσικών επιστημών. Στον τομέα της διδακτικής είναι απαραίτητο να υποβαθμιστούν και ουσιαστικά να καταργηθούν στην διδακτική πράξη οι επιστημονικές και τεχνολογικές γνώσεις και να αντικατασταθούν από 'κοινωνικές' ψευτοδεξιότητες.

Εξετάζοντας κριτικά της βάσεις του προγράμματος STS στο πλαίσιο του κονστρουκτιβισμού, πραγματοποιήθηκε ένα διαφοροποιημένο πρόγραμμα που στηρίζεται σε διαμετρικά αντίθετες φιλοσοφικές και επιστημολογικές θεωρήσεις που αναδεικνύει τη αναπόσπαστη σχέση επιστήμης και των επιτευγμάτων της με τη κοινωνία που ενοποιεί τη θεωρία με την πράξη. Αυτό το πρόγραμμα εξετάζει με απλοποιημένο τρόπο ενιαία τα φαινόμενα, δεν τα παραποιεί, δεν διαχωρίζει τις μακροσκοπικές από τις ιδιότητες που εμφανίζουν τα στατιστικά μοριακά συστήματα και δεν κατασκευάζει ψευδοέννοιες. Μια τέτοια προσέγγιση αναβαθμίζει το περιεχόμενο της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Η πρόταση αυτή εφαρμόσθηκε για τη διδασκαλία του φαινομένου του θερμοκηπίου.

Η διδακτική πρόταση

Οι μαθητές διδάχθηκαν το φαινόμενο του θερμοκηπίου σύμφωνα με το Α.Π. και το σχολικό εγχειρίδιο. Ακολούθησε ένα διαγνωστικό τεστ με το οποίο ανιχνεύθηκαν οι λανθασμένες αντιλήψεις των μαθητών για το «φαινόμενο του θερμοκηπίου». Το τεστ αυτό αποτέλεσε ένα συγκρητικό μέγεθος για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της διδακτικής μεθόδου. Η πειραματική διδασκαλία περιελάμβανε δύο διδακτικές ώρες και στην έρευνα συμμετείχαν 42 μαθητές. Στην πρώτη διδακτική ώρα έγινε προσπάθεια να δοθεί η επιστημονική εξήγηση του «φαινομένου του θερμοκηπίου» ως φυσικού φαινομένου (τι είναι, που οφείλεται, που συντελεί κλπ.), και στη δεύτερη διδακτική ώρα μελετήθηκε η ενίσχυσή του εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας (αιτίες) καθώς και οι συνέπειες αυτής στην υπερθέρμανση του πλανήτη και παράλληλα έγινε προσπάθεια να διερευνηθούν οι υπεύθυνοι, και να εξεταστούν κριτικά οι λύσεις που έχουν προταθεί στην παγκόσμια κοινότητα για τον περιορισμό της ενίσχυσης του «φαινομένου του θερμοκηπίου».

Ακολουθήθηκε αυτή η διδακτική πορεία διότι θεωρούμε ότι για να εκφέρει κάποιος άποψη για οποιοδήποτε θέμα πρέπει πρώτα να κατέχει επιστημονικά αυτό το θέμα. Άρα οι μαθητές για μπορέσουν να διακρίνουν τους παράγοντες που ενισχύουν το «φαινόμενο του θερμοκηπίου» (Φ.Θ.) και να αξιολογήσουν τα μέτρα που έχουν ληφθεί ή να προτείνουν οι ίδιοι μέτρα θα πρέπει προηγουμένως να κατέχουν τις βαθύτερες σχέσεις που διέπουν το φαινόμενο, δηλαδή το μηχανισμό του. Έτσι η πρώτη διδακτική ώρα αφιερώνεται στην επιστημονική πλευρά του προς εξέταση φαινομένου. Κυρίαρχος σκοπός είναι να διαπιστώσουν ότι το «φαινόμενο του θερμοκηπίου» είναι μια φυσική διαδικασία που οφείλεται μεταξύ άλλων στην αλληλεπίδραση υπέρυθρης ακτινοβολίας και συγκεκριμένων αερίων στην τροπόσφαιρα και να κατανοήσουν την αναγκαιότητα του «φαινομένου του θερμοκηπίου» για την ύπαρξη ζωής στον πλανήτη.

Στη δεύτερη διδακτική ώρα οι μαθητές καλούνται να προβλέψουν, τους παράγοντες (αιτία) που το ενισχύουν (αποτέλεσμα), αφού πλέον αναγνώριζαν τις αιτιακές σχέσεις του φαινομένου. Παρουσιάζονται επίσημα δεδομένα που αφορούν την εκπομπή «αερίων του θερμοκηπίου» από διάφορες πηγές (π.χ. βιομηχανία, ενέργεια, μεταφορές) προκειμένου οι μαθητές να διακρίνουν και να αξιολογήσουν τις κυρίαρχες ευθύνες. Σκοπός είναι να διαπιστώσουν οι μαθητές ότι το «φαινόμενο του θερμοκηπίου» ενισχύεται από την ανθρώπινη δραστηριότητα αφού μέσω αυτής μεταβάλλεται η ποσότητα των «αερίων του θερμοκηπίου» στην τροπόσφαιρα και ότι η υπερθέρμανση του πλανήτη μπορεί να περιοριστεί μόνο αν ληφθούν καίρια μέτρα.

Για να επιτευχθούν οι διδακτικοί σκοποί πρέπει η διδασκαλία να είναι έτσι σχεδιασμένη ώστε να μην παρεκκλίνει, να μην έχει κενά και ταυτόχρονα να ενισχύει το ενδιαφέρον και τη συμμετοχή των μαθητών. Η διδακτική εφαρμογή ανταποκρίθηκε και στις τέσσερις κατευθύνσεις. Και στις δύο διδακτικές ώρες ξεκινήσαμε με ένα πείραμα επίδειξης, προκειμένου να αναπαρασταθεί ένα τμήμα της πραγματικότητας, κινητοποιώντας επιπρόσθετα το ενδιαφέρον των μαθητών. Έτσι στη πρώτη διδακτική ώρα, το θέμα της οποίας ήταν το φυσικό «φαινόμενο του θερμοκηπίου», παρουσιάστηκε πείραμα που να δείχνει ότι ένα «κλειστό» σύστημα αναπτύσσει μεγαλύτερη θερμοκρασία από ένα πανομοιότυπο «ανοιχτό», υπό τις ίδιες συνθήκες ακτινοβολίας (βλ. Παράρτημα: *σχήμα 1α και 1β*). Ακολούθησε η προβολή σχετικού βίντεο που εξηγούσε το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Με τη βοήθεια διαφανειών παρουσιάστηκε η σύσταση της τροπόσφαιρας και εξετάστηκε η καθοριστική της σημασία για τη μέση θερμοκρασία του πλανήτη.

Στη δεύτερη διδακτική ώρα εξετάστηκε η ενίσχυση του «φαινομένου του θερμοκηπίου». Πραγματοποιήθηκε πείραμα που δείχνει ότι ένα σύστημα «εμπλουτισμένο» σε διοξείδιο του άνθρακα αναπτύσσει μεγαλύτερη θερμοκρασία από ένα πανομοιότυπο «φτωχό» (*σχήμα 2α, 2β και 2γ*). Με τον κατάλληλο χειρισμό της υλικής πραγματικότητας (πείραμα) αναδείχθηκε η ποσοτική διάσταση της ενίσχυσης του φαινομένου. Με αυτό τον τρόπο έγινε προσπάθεια να διακριθεί το φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου που είναι αναγκαίο για τη ζωή από την διατάραξή του από την παρέμβαση του ανθρώπου μέσω την ποσοτικής αύξησης των αερίων του θερμοκηπίου που έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη που οδηγεί στο μαρasmus του πλανήτη. Προβάλλονται διαφάνειες σχετικά με την ποσότητα των «αερίων του θερμοκηπίου» στην τροπόσφαιρα και ακολουθεί συζήτηση για τις αιτίες αύξησης τους, με την ταυτόχρονη προβολή διαφανειών με τις ρυπογόνες πηγές. Στη

συνέχεια οι μαθητές συζητούν και αξιολογούν τις λύσεις που έχουν προταθεί μέχρι τώρα σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η αξιολόγηση της διδασκαλίας πραγματοποιήθηκε μέσα σε μία διδακτική ώρα και αποτελείτο από δύο μέρη. Στο 1^ο μέρος οι μαθητές απάντησαν σε 17 ερωτήσεις (16 πολλαπλής επιλογής και μια ανάπτυξης) και από τις απαντήσεις τους διαπιστώσαμε την επίτευξη των διδακτικών στόχων και την μετατόπιση τους σε σχέση με τις απόψεις τους πριν τη διδακτική εφαρμογή. Στο 2^ο μέρος σε μια μετααξιολόγηση οι μαθητές αξιολόγησαν τη διδακτική εφαρμογή καθώς και τη συνθήκη του Κιότο.

Συμπεράσματα

Μετά την πειραματική διδασκαλία οι μαθητές εξηγούν το φαινόμενο με πιο επιστημονικό τρόπο π.χ. δεν αποδίδουν το φαινόμενο γενικά και αόριστα στην ηλιακή ακτινοβολία αλλά στην υπέρυθρη ενώ τοποθετούν το φαινόμενο όχι γενικά και αόριστα στην ατμόσφαιρα αλλά στην τροπόσφαιρα. Ενώ πριν από την πειραματική διδασκαλία θεωρούν ότι το Φ.Θ. οφείλεται αποκλειστικά στην ανθρώπινη δραστηριότητα μετά τη διδασκαλία διακρίνουν τη φυσική σημασία του Φ.Θ. από την ενίσχυσή του από την ανθρώπινη παρέμβαση. Διακρίνουν αιτιακές σχέσεις και ενοποιούν τον ποιοτικό με τον ποσοτικό χαρακτήρα του φαινομένου. Η διδακτική μέθοδος βοήθησε τους μαθητές να ξεπεράσουν λανθασμένες αντιλήψεις που σχετίζοντας με το Φ.Θ. και που είχαν ανιχνευθεί στο διαγνωστικό τεστ, ενώ φαίνεται ότι η πλειοψηφία των μαθητών κατανόησε σε μεγάλο βαθμό τον πολύπλοκο μηχανισμό του φαινομένου. Η διδασκαλία βοήθησε τους μαθητές να αναγνωρίσουν τις ατομικές και συλλογικές ευθύνες για τη διατάραξη του φαινομένου, όμως δεν μπόρεσαν να τις ιεραρχήσουν.

Την επόμενη σχολική χρονιά έγινε μια μετααξιολόγηση προκειμένου να αξιολογηθεί η διδασκαλία από τους μαθητές, να ιεραρχηθούν οι ευθύνες και να αξιολογηθεί η συνθήκη του Κιότο. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν είναι:

Η πλειοψηφία των μαθητών θεωρεί ότι ο τρόπος διδασκαλίας του «φαινομένου του θερμοκηπίου» βοήθησε στην επιστημονική κατανόηση του φαινομένου. Αυτό αναδεικνύει τη συμβολή στη διδασκαλία εκπαιδευτικών μέσων όπως το πείραμα, το βίντεο, οι διαφάνειες, το εκπαιδευτικό λογισμό, όταν αυτά δε δημιουργούν παρανοήσεις και ασάφειες μέσω κατασκευής ψευδοεννοιών στους μαθητές. Επιπλέον, ενισχύεται η άποψη ότι οι μαθητές μπορούν να μάθουν και να καταλάβουν την επιστημονική αλήθεια και όχι σε μια εκχυδαϊσμένη παραποιημένη εκδοχή αυτής. Είναι αναγκαίο η διδασκαλία να γίνεται προγραμματισμένα, να ανιχνεύει τις λανθασμένες απόψεις των μαθητών, και να επιλέγει κατάλληλα

μαθησιακά έργα προκειμένου να ανατραπούν. Η διδασκαλία πρέπει να εξετάζει ενιαία τα φαινόμενα ώστε αναδεικνύει τη συνθετότητα τους να αναδεικνύει τον οργανικό δεσμό θεωρίας πράξης και να μη παρέχει στείρες αποσπασματικές γνώσεις γεγονόσ που είναι η αιτία της στείρας απομνημόνευσης και του πρακτικισμού.

Η πλειοψηφία των μαθητών θεωρεί ότι η κατανόηση του μηχανισμού ενός φαινομένου δηλαδή των αιτιακών σχέσεων του φαινομένου (και της ενίσχυσής του στην περίπτωση μας) βοηθά στην ανεύρεση αποτελεσματικών λύσεων για τον περιορισμό του. Άρα οι μαθητές «γνωρίζοντας» ολοκληρωμένα το «φαινόμενο του θερμοκηπίου», ιεραρχούν τους παράγοντες της ενίσχυσής του, αξιολογούν κριτικά τους λόγους της αναποτελεσματικότητας των μέτρων που λαμβάνονται σε διεθνείς συμβάσεις, αλλά παράλληλα αναγνωρίζουν όχι μόνο την αναγκαιότητα δράσης αλλά και τον τρόπο που η δράση αυτή είναι αποτελεσματική.

Βιβλιογραφία

- Vasilis Koulaidis, Vasilia Christidou (1999), "The Greenhouse Effect: children's perceptions of causes, consequences and cures", *Science Education*, 83 (5), 559-576.
- Robert E. Yager, *Vision of STS (counterpoints in science, technology and society studies)*, State University of New York Press, Albany, State University of New York, 2001.
- Κουσαθανά Μ.(2005), «Κονστρουκτιβισμός: παλιές απόψεις σε νέο περιτύλιγμα», *Θέματα Παιδείας*, 19-20, σ. 109-116, 2005.
- Κουσαθανά Μ. (2005), «Οντολογικές και επιστημολογικές όψεις του κονστρουκτιβισμού και οι επιρροές του στη διδασκαλία της Χημείας», *Χημικά Χρονικά*, 9, σ. 17-21, 2005.
- Κουσαθανά Μ. (2006) «Ιδεολογικοί και πολιτικοί στόχοι των νέων Αναλυτικών Προγραμμάτων», *Θέματα Παιδείας*, 26, σ. 110-127.
- Κουσαθανά Μ. (2007) «Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο Δημοτικό: Όταν η κουκουβάγια αντικαθίσταται από το γλαροπούλι», *Θέματα Παιδείας*, 27, σ. 76-88.
- Σκορδούλης Κ. (2003) «Για το 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο – Ιστορικές Αναφορές, Στόχοι, Προοπτικές». Υλικά 2^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου: «Η συμβολή της ιστορίας και της φιλοσοφίας στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών», Αθήνα, Μάιος 2003.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



Σχήμα 1α: Η πειραματική διάταξη του 1^{ου} πειράματος.



Σχήμα 1β:

Η φιάλη δεξιά στο σχήμα είναι «ανοιχτή», επειδή το θερμόμετρο δεν προσαρμόζει στο στόμιο της σφαιρικής, ενώ η φιάλη αριστερά στο σχήμα είναι «κλειστή», αφού το θερμόμετρο προσαρμόζει στο στόμιό της.



Σχήμα 2α:

Τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν για το πείραμα.



Σχήμα 2β:

Η παραγωγή και η συλλογή αέριου διοξειδίου του άνθρακα.



Σχήμα 2γ:

Η πειραματική διάταξη του 2^{ου} πειράματος

Ερωτήσεις Πλέγματος Δομημένων Πληροφοριών: Μία Εναλλακτική Μέθοδος Διαγνωστικής Αξιολόγησης

Δανίλη Ελένη

Σχολική σύμβουλος ΠΕ04, Φαναριωτών 25, 11471, Αθήνα

Περίληψη

Η διαγνωστική αξιολόγηση αποτελεί μία από τις πλέον δύσκολες και πολύπλοκες διεργασίες στη μάθηση και πρέπει να βασίζεται στην ιδέα ότι υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ γνώσης και κατανόησης. Η γνώση μπορεί να αποκτηθεί τμηματικά και βήμα-βήμα, και γενικώς να είναι σωστή ή λάθος. Η κατανόηση όμως μπορεί να συλληφθεί ως σύνολο και, βεβαίως, ενέχει πολλαπλές ερμηνείες. Οι ερωτήσεις πλέγματος δομημένων πληροφοριών είναι μία πολύ δυνατή και ευέλικτη μέθοδος κλειστού τύπου ερωτήσεων, η οποία μπορεί να προσαρμόζεται με σκοπό να αξιολογήσει το επίπεδο κατανόησης που έχουν οι μαθητές για ένα σύνολο εννοιών. Αποτελούν άριστο διαγνωστικό εργαλείο των δυσκολιών και των παρανοήσεων των μαθητών και έχουν χρησιμοποιηθεί από πολλούς ερευνητές του Κέντρου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών του Πανεπιστημίου της Γλασκόβης για την καταγραφή αυτών των παρανοήσεων. Στην παρούσα εισήγηση παρουσιάζονται: α) η φιλοσοφία και ο τρόπος δόμησης των ερωτήσεων πλέγματος δομημένων πληροφοριών και β) δύο παραδείγματα εφαρμογής της μεθόδου αυτής.

Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια η αναλογία μαθητών-καθηγητών έχει την τάση να αυξάνεται καθώς όλο και περισσότερο νέος κόσμος επιδιώκει να αποκτήσει τα πλεονεκτήματα που του παρέχονται μέσω του εκπαιδευτικού συστήματος. Η εξ' αποστάσεως μάθηση γιγαντώνεται, η εξάπλωση των αντικειμενικών μεθόδων αξιολόγησης-ιδιαίτερα των ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής ανθεί και σε πολλές περιπτώσεις κινδυνεύει να γίνει ο μοναδικός τρόπος αξιολόγησης από πάρα πολλά εκπαιδευτικά ιδρύματα και οργανισμούς. Οι ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής καλύπτουν την ανάγκη του σύγχρονου εκπαιδευτικού συστήματος για σύντομο, οικονομικό και αντικειμενικό τρόπο αξιολόγησης μεγάλου αριθμού μαθητών ακόμα και με τη χρήση του διαδικτίου. Όμως οι ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής δεν επιτρέπουν στους μαθητές να αναπτύξουν γνωσιακές ικανότητες που απαιτούν σκέψη ανώτερης τάξης. Ως εκ

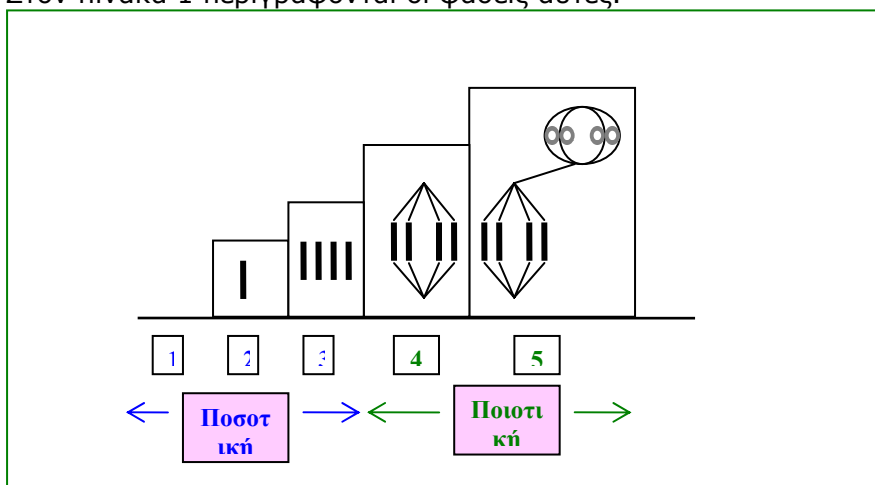
τούτου, προκύπτει η ανάγκη να μελετήσουμε με ποιους τρόπους μπορούμε να συνδυάσουμε την αύξηση του αριθμού των μαθητών, με μία ισοδύναμη αύξηση της ποιότητας της αξιολόγησης που να έχει τα πλεονεκτήματα των ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής και συνάμα να είναι εναρμονισμένη με τις σύγχρονες αντιλήψεις για τη μάθηση;

Ποσοτική ή ποιοτική αξιολόγηση;

Οι θεωρίες της αξιολόγησης ανέκαθεν ήταν επηρεασμένες από τις θεωρίες της μάθησης, εφόσον οι έννοιες μάθηση και αξιολόγηση είναι στενά συνδεδεμένες, τα αντικειμενικού τύπου κριτήρια αξιολόγησης βασίζονται στη θεωρία του συμπεριφορισμού και είναι εναρμονισμένα με την θεωρία που ισχυρίζεται ότι η γνώση είναι αντικειμενική. Σύμφωνα μ' αυτή την θεωρία ο μαθητευόμενος είναι ένα δοχείο το οποίο πρέπει να το γεμίσει ο δάσκαλος με γνώση, η οποία [γνώση] υπάρχει ανεξάρτητα από τον μαθητευόμενο και η κατανόηση μίας έννοιας σημαίνει να γνωρίσει ο μαθητευόμενος ότι ήδη υπάρχει και γνωρίζει ο δάσκαλος (Biggs, 1996). Η πολιτική των αντικειμενικών κριτηρίων αξιολόγησης, ασχολείται κυρίως με ποσοτικές μετρήσεις και ονομάζεται έτσι γιατί υπάρχει ένας αντικειμενικός τρόπος διόρθωσης (σωστό-λάθος). Όμως όπως ο (Ramsden, 1987) τονίζει η μάθηση πρέπει να ιδωθεί με σχετικιστικούς όρους διότι είναι μία λειτουργία όπου η ποιότητα της διδασκαλίας είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με το πλαίσιο στο οποίο αυτή συμβαίνει και με το περιεχόμενο αυτής. Σε έρευνα τους οι Danili και Reid (2005) έδειξαν ότι πιθανοί παράγοντες που επιδρούν στην επίδοση των μαθητών στο μάθημα της Χημείας είναι η μορφή και το περιεχόμενο ενός κριτηρίου αξιολόγησης καθώς επίσης και το είδος της αξιολόγησης. Διαφορετικές μορφές αξιολόγησης εξετάζουν διαφορετικές δεξιότητες-ικανότητες. Για παράδειγμα οι ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής θεωρούνται ότι μετράνε κυρίως την ικανότητά του εξεταζομένου να ανακαλεί και να αναγνωρίζει γεγονότα, τύπους, νόμους κλπ. Σε γενικές γραμμές εξετάζουν γνώση. Αλλά πόσο μετράνε κατανόηση; Γιατί υπάρχει μία ουσιαστική διαφοροποίηση μεταξύ γνώσης και κατανόησης. Η γνώση μπορεί να αποκτηθεί τμηματικά και βήμα-βήμα, και γενικώς να είναι σωστή ή λάθος. Αλλά η κατανόηση μπορεί να συλληφθεί σε σύνολο και ενέχει πολλαπλές ερμηνείες. Ο Μορέν αναφέρει χαρακτηριστικά: *Η φυσική ικανότητα του ανθρώπινου πνεύματος είναι να τοποθετεί όλες τις πληροφορίες του μέσα σε ένα πλαίσιο και μέσα σε ένα σύνολο.* Όμως υπάρχουν πολλά ερωτήματα σε σχέση με την αξιολόγηση της κατανόησης. Κάποια διατυπωμένα από διαφορετικούς ερευνητές είναι: «Μήπως η μορφή κατανόησης εξαρτάται από το πλαίσιο της αξιολόγησης; (Entwistle and

Entwistle, 1992)». «Πως μπορούμε να αξιολογήσουμε τη διαδικασία της σκέψης και του συλλογισμού; Πως μπορούμε να συμπεράνουμε το επίπεδο κατανόησης που έχουν οι μαθητές; Με ποιες γνωστικές δομές μπορούμε να μετρήσουμε διαφορετικές μορφές εργασίας, χρησιμοποιώντας διαφορετικά κριτήρια βαθμολογίας; (Kyoko 1997)»

Ένα είναι βέβαιο δεν έχουμε κανέναν σίγουρο τρόπο για να συλλάβουμε τη σκέψη του άλλου. Ο Unger (1993) σε έρευνα του σε μαθητές γυμνασίων στην ερώτηση *‘τι πραγματικά σημαίνει να κατανοεί κάτι κάποιος’* βρήκε μία ιεραρχία που περιλαμβάνει μία ευρεία κλίμακα από το *‘κατανοώ ενθυμούμενος’* μέχρι το *‘λειτουργώ και αποδίδω σε νέες καταστάσεις’*. Την ιεραρχική φύση της γνώσης πρώτος εξέτασε ο Bloom (1956), επισύροντας την προσοχή μας και τονίζοντας ότι οι σκοποί της εκπαιδευτικής αξιολόγησης δεν έχουν όλοι τον ίδιο χαρακτήρα, αλλά βάζουν διαφορετικές απαιτήσεις στους μαθητευόμενους (Johnstone, 2003). Έτσι ο Bloom (1956) επινόησε την ταξινόμηση των διδακτικών στόχων. Ο Biggs (1996) τα τελευταία χρόνια ευθυγραμμιζόμενος με την παράδοση των κονστρουκτιβιστών έχει αντικαταστήσει την ταξινόμηση κατά Bloom με την ταξινόμηση SOLO. Η Ταξινομία SOLO προέρχεται από τα αρχικά του *‘Structure of the Observed Learning Outcomes’* που σημαίνει *‘Δομή των Παρατηρούμενων Αποτελεσμάτων της Μάθησης’* και περιγράφει με συστηματικό τρόπο πώς οι ικανότητες των μαθητών αυξάνονται σε πολυπλοκότητα όταν γίνονται κάτοχοι ακαδημαϊκών θεμάτων. Ο Biggs (εικόνα 1) περιγράφει την ανάπτυξη των ικανοτήτων αρχικά με όρους ποσοτικούς οι οποίοι στη συνέχεια γίνονται ποιοτικοί. Στον πίνακα 1 περιγράφονται οι φάσεις αυτές.



Πίνακας Ι

Ταξινόμια SOLO	
Ποσοτική Φάση	<p>1^ο Επίπεδο: προ-δομικό (Prestructural): Χαμένα σημεία, ο μαθητής δεν έχει καταλάβει τη νέα γνώση (γιατί ο μαθητής δεν έχει καμία νοητική αναπαράσταση της έννοιας που διδάσκεται).</p> <p>2^ο Επίπεδο: μονο-δομικό (Unistructural) ο μαθητής αναγνωρίζει, κάνει απλές διαδικασίες γιατί ένα ή μερικά σημεία του θέματος έχουν κατανοηθεί και χρησιμοποιούνται από τον μαθητή (η κατανόηση είναι ονομαστική).</p> <p>3^ο Επίπεδο: πολύ-δομικό (Multistructural) Απαριθμεί, περιγράφει, καταγράφει, συνδυάζει, κάνει αλγοριθμικές πράξεις. Μερικά σημεία του θέματος έχουν κατανοηθεί αλλά χρησιμοποιούνται μεμονωμένα το ένα από το άλλο (ο μαθητής καταλαβαίνει κάτι στο περίπου)</p>
Ποιοτική Φάση	<p>4^ο Επίπεδο: συσχετιστικό (Relational): Συγκρίνει, αντιπαραβάλλει, επεξηγεί τις αιτίες (γνωρίζει και αιτιολογεί), αναλύει, συσχετίζει, εφαρμόζει. Τα αντικείμενα μάθησης ενσωματώνεται στο όλο με συνάφεια, με κάθε τμήμα του να συνεισφέρει στο σύνολο του νοήματος (κατανοεί και εκτιμά τις σχέσεις).</p> <p>5^ο Επίπεδο: εκτεταμένης θεώρησης (Extended abstract): Θεωρητικοποιεί, γενικεύει, υποθέτει, συλλογίζεται. Η νέα γνώση έχει ενσωματωθεί σε προϋπάρχουσα γνώση και αναπαριστάται εννοιολογικά σε ένα υψηλότερο αφηρημένο επίπεδο, που επιτρέπει γενίκευση του νέου θέματος.</p>

Οι ερωτήσεις πλέγματος δομημένων πληροφοριών μπορούν αφενός να καλύψουν την ανάγκη του σύγχρονου εκπαιδευτικού συστήματος για σύντομο, οικονομικό και αντικειμενικό τρόπο αξιολόγησης μεγάλου αριθμού μαθητών και αφετέρου την αξιολόγηση γνωσιακών ικανοτήτων που απαιτούν σκέψη ανώτερης τάξης. Ικανοτήτων που σύμφωνα με τη ταξινόμια SOLO ανάγονται στην ποιοτική φάση του μοντέλου αυτού. Αλλά τι ακριβώς είναι αυτός ο τρόπος αξιολόγησης; Στις παρακάτω παραγράφους σκιαγραφείται το θεωρητικό πλαίσιο των ερωτήσεων αυτών, ο τρόπος που δομούνται αυτές καθώς και παραδείγματα που έχουν κατά καιρούς χρησιμοποιηθεί από διαφορετικούς ερευνητές στο Κέντρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών του Πανεπιστημίου της Γλασκόβης.

Ερωτήσεις πλέγματος δομημένων πληροφοριών.

Το θεωρητικό πλαίσιο

Οι Ερωτήσεις Πλέγματος Δομημένων Πληροφοριών έχουν τα θεμέλια τους στις ψυχολογικές και φιλοσοφικές ιδέες του ολιστικού συστήματος σκέψης. Ο Egan την ονόμασε μία *‘διαδραστική τεχνική επικοινωνούντων γνώσεων’*. Ο Egan (1972) εργαζόμενος στο Κέντρο των Δομημένων Πληροφοριών (Centre for Structural Communication) του Kingston-upon Thames ανέπτυξε τον τρόπο αυτό αξιολόγησης στην προσπάθεια να εφεύρει τρόπους για να καταπολεμήσει ένα από τα επίμονα και διαρκή προβλήματα τα οποία φαίνεται να είναι εγγενή σε όλα τα μαζικά εκπαιδευτικά συστήματα: η ποσοτική αύξηση των μαθητών και η αναμενόμενη πίεση που αυτή ασκεί στο εκπαιδευτικό σύστημα, απειλεί συνεχώς την προσφερόμενη ποιότητα που διατίθεται γενικώς.

Στη σημερινή τους μορφή η δομημένη πληροφορία είναι μία εκπαιδευτική προσέγγιση που παρέχει μία απομίμηση διαλόγου μεταξύ του δημιουργού της ερώτησης και του μαθητή. Η ιδέα μεταφράζεται σε μία μέθοδο η οποία βασίζεται στη δομή και στην αμφίδρομη επικοινωνία μεταξύ του εξεταζομένου και του εξεταστή. Σε αυτή τη μέθοδο, η κατανόηση παράγεται από μία δραστηριότητα του μαθητή ο οποίος έχει να συνταιριάξει τι γνωρίζει με το τι δεν γνωρίζει. Το κάνει αυτό εμπλεκόμενος ενεργά σε μια αμφίδρομη διαδικασία μέσα από μία διασυνδεδετική διάταξη: για να δεχθεί πληροφορίες πρέπει να δώσει κάποιες. Στην ουσία διαπραγματεύεται την επικοινωνία που περιέχει και τα δύο στοιχεία: *‘της φόρμας και του περιεχομένου’*, ή *‘της πληροφορίας και της δομής’* ή *‘την πληροφορία γύρω από την πληροφορία’*. Αυτή του είδους η αποτελεσματική αμφίδρομη επικοινωνία εμπεριέχει αμοιβαία επιβεβαίωση της κατανόησης μέσα από σύγκριση της δομής.

Οι ερωτήσεις πλέγματος δομημένων πληροφοριών είναι μία πολύ δυνατή και ευέλικτη μέθοδος κλειστού τύπου αξιολόγησης η οποία μπορεί να προσαρμόζεται με σκοπό να αξιολογήσει απλή γνώση γεγονότων ή εννοιών, απλές σχέσεις μεταξύ αυτών, μέχρι τη δημιουργία *αντικειμενικά βαθμολογήσιμων εργασιών* (Johnstone, 2003). Σε μία ερώτηση πλέγματος δομημένων πληροφοριών μία διάταξη πληροφοριών παρουσιάζεται σε σειρά αριθμημένων τετραγώνων υπό μορφή πλέγματος και ζητείται από το μαθητή να ανταποκριθεί σε μία ερώτηση αφού πρώτα μελετήσει το περιεχόμενο κάθε τετραγώνου και μετά να αποφασίσει ποιο τετράγωνο ή ποιος συνδυασμός τετραγώνων συνθέτουν την πλέον κατάλληλη απάντηση στην ερώτηση. Σε κάποιες περιπτώσεις η σειρά με την οποία επιλέγεται το κάθε τετράγωνο (και ως εκ

τούτου οι πληροφορίες που περιέχονται σε αυτό) έχει μεγάλη σημασία. Τα τετράγωνα μπορεί να περιέχουν εικόνες, λέξεις, ιδέες, σχέσεις, τύπους, δομές, ορισμούς, αριθμούς και χειρισμούς. Το ίδιο τετράγωνο μπορεί να επιλεγεί σαν μέρος μίας απάντησης σε μία σειρά ερωτήσεων αν το πλέγμα είναι καλά δομημένο και έτσι παίζει διαφορετικό ρόλο για κάθε ερώτηση.

Η πρόβλεψη δεν υπεισέρχεται σε αυτό το είδος αξιολόγησης γιατί ο μαθητής δεν γνωρίζει πόσα τετράγωνα χρειάζονται ή ποια είναι η σειρά αυτών για να δώσει μία ικανοποιητική-επαρκή απάντηση (Johnstone, 2003). Αυτή είναι μια σημαντική διαφορά μεταξύ των ερωτήσεων πολλαπλής επιλογής όπου ο μαθητής ξέρει ότι μία από τις τέσσερις απαντήσεις είναι η σωστή και έτσι μπορεί να λειτουργήσουν σαν ένα παιγνίδι ρουλέτας. Ο τρόπος επιλογής των τετραγώνων του πλέγματος επιτρέπει στους μαθητές ένα μεγάλο βαθμό ελευθερίας στη σύνθεση της απάντησης τους ενώ ταυτόχρονα επιτρέπει στο συγγραφέα να κρατά τον πλήρη έλεγχο στις ερωτήσεις. Η απάντηση δε μπορεί να γίνει με απλή επιλογή μίας σειράς των έτοιμων απαντήσεων. Ούτε μπορεί να δομηθεί με κριτήριο το ναι ή όχι των σχετικών στοιχείων του προβλήματος, γιατί όταν τα επί μέρους στοιχεία συνδυάζονται τροποποιούν το ένα το άλλο μέσω σημασιολογικής ή εννοιολογικής αλληλεπίδρασης και ο τρόπος με τον οποίο τα στοιχεία συνδυάζονται τροποποιεί την εν δυνάμει σημασία των εναπομενόντων στοιχείων τα οποία ακόμα έχουν να ενσωματωθούν μέσα ή να απορριφθούν από την αναδυόμενη δομή του νοήματος.

Όμως υπάρχει ένα μειονέκτημα με το οποίο πρέπει να αναμετρηθούμε. Εάν δοθούν στους μαθητές μονάδες για κάθε σωστή επιλογή και δεν τιμωρηθούν για λάθος επιλογές μπορεί να απαντήσουν δίνοντας όλα τα τετράγωνα που περιέχει το πλέγμα σαν απάντηση σε κάθε ερώτηση. Υπάρχουν τέσσερις πιθανοί τρόποι να επιλέξουν οι μαθητές τα τετράγωνα (Johnstone, 2003):

- I.Ο μαθητής περιλαμβάνει όλες τις σχετικές πληροφορίες και παραλείπει όλες της άσχετες, δίνει σωστή και ολοκληρωμένη τη σειρά των τετραγώνων και τότε παίρνει το μέγιστο βαθμό (πλήρης μονάδες).
- II.Ο μαθητής περιλαμβάνει τις περισσότερες αλλά όχι όλες τις σχετικές πληροφορίες και καμία από τις άσχετες πληροφορίες, αυτό οδηγεί σε μικρότερη βαθμολογία.
- III.Ο μαθητής περιλαμβάνει μέρος ή όλες τις σχετικές πληροφορίες μαζί με κάποιες άσχετες πληροφορίες, έτσι παίρνει ακόμα μικρότερη βαθμό.

IV.Ο μαθητής παραλείπει όλες τις σχετικές πληροφορίες και περιλαμβάνει μόνο όλες τις άσχετες πληροφορίες τότε παίρνει αρνητικό βαθμό ή μηδέν

Οι Johnstone and Ambusaidi (2001) υιοθέτησαν το διορθωτικό τύπο του Egan για να συμπεριλάβουν όλες τις παραπάνω περιπτώσεις. Σύμφωνα με αυτόν τον τύπο το σύστημα βαθμολογίας είναι:

	Αριθμός σωστών τετραγώνων που επιλέχθηκαν	Αριθμός λάθος τετραγώνων που επιλέχθηκαν
Βαθμός	$= \frac{\text{Αριθμός σωστών τετραγώνων που διατίθενται}}{\text{Αριθμός σωστών τετραγώνων που επιλέχθηκαν}} - \frac{\text{Αριθμός λάθος τετραγώνων που διατίθενται}}{\text{Αριθμός λάθος τετραγώνων που επιλέχθηκαν}}$	

Ας υποθέσουμε ότι σε ένα πλέγμα με εννέα τετράγωνα οι σωστές απαντήσεις σε μία ερώτηση είναι 3 τετράγωνα

- ▶ Αν ένας μαθητής απαντήσει τα 3 σωστά τετράγωνα θα βαθμολογηθεί με $(3/3)-(0/6) = 1$
- ▶ Αν ένας μαθητής απαντήσει τα 2 σωστά τετράγωνα θα βαθμολογηθεί με $(2/3)-(0/6) = 0,7$ (δίνεται βαθμός για μερική γνώση)
- ▶ Αν όμως ένας μαθητής απαντήσει δίνοντας δύο σωστά και ένα λάθος τετράγωνο τότε ο βαθμός θα είναι $(2/3) - (1/6) = 0,5$.
- ▶ Ο μαθητής που πιθανόν να διαλέξει όλα τα τετράγωνα τότε ο βαθμός του θα είναι $(3/3) - (6/6) = 0$

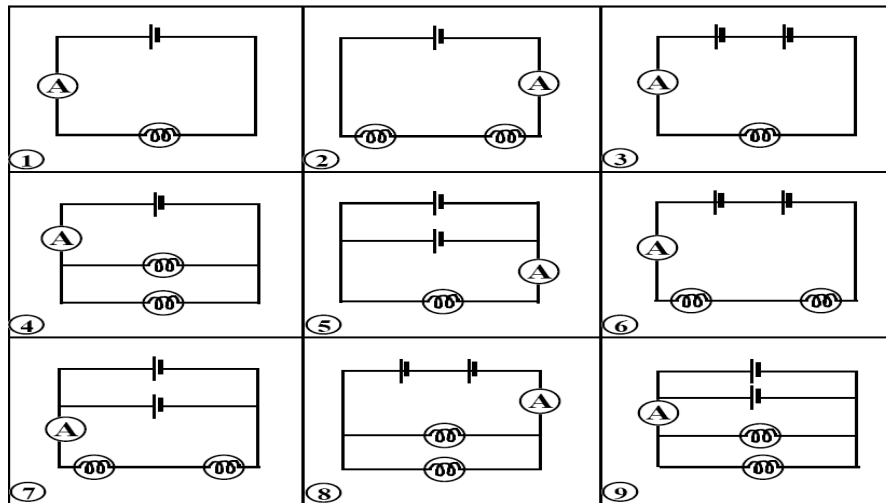
Σύμφωνα με αυτόν τον τύπο, οι βαθμοί των μαθητών κυμαίνονται από +1, 0 έως -1. Στην συνέχεια μπορούν να πολλαπλασιαστούν με κάποιο αριθμό για να δώσουν πιο αναγνωρισμένους βαθμούς. Για παράδειγμα να προσθέσουμε 1 στο αρχικό βαθμό έτσι ώστε να απαλλαγούμε από το αρνητικό πρόσημο και μετά να πολλαπλασιάσουμε με 5. Σε αυτή την περίπτωση η βαθμολογία θα κυμαίνεται μεταξύ 10 και 0. Αν και η διαδικασία υπολογισμού των βαθμών είναι λίγο επίπονη και κουραστική αν γίνεται με το χέρι μπορεί εύκολα να ξεπεραστεί αυτό το πρόβλημα με τη βοήθεια των υπολογιστών ή πινάκων.

Το κατάλληλο μέγεθος ενός πλέγματος σχετίζεται με την ηλικία των μαθητών. Για μαθητές της πρώτης και της δεύτερης τάξης του Γυμνασίου (ηλικίας 12 ετών) πλέγμα και μέχρι 12 τετραγώνων (4×3 ή 3×4) έχει με επιτυχία χρησιμοποιηθεί. Για μαθητές της πρώτης Λυκείου (ηλικίας 16 χρόνων) πλέγμα 16 τετραγώνων είναι κατάλληλο. Το μεγαλύτερο πλέγμα που έχει χρησιμοποιηθεί είναι 20 τετραγώνων με φοιτητές του Πανεπιστημίου. Οι ερωτήσεις πλέγματος δομημένων πληροφοριών έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς σε πολλά σχολεία σε διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα καθώς επίσης πολλοί ερευνητές τις χρησιμοποίησαν σαν διαγνωστική ή τελική αξιολόγηση στην έρευνα τους (Danili and Reid, 2005; Chen, 2004).

Για την καλύτερη κατανόηση της μεθόδου στις παρακάτω παραγράφους δίνονται δύο παραδείγματα, τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί από διαφορετικούς ερευνητές (Danili 2001; Chen, 2004) στο κέντρο της διδακτικής των φυσικών επιστημών του Πανεπιστημίου της Γλασκόβης.

Παράδειγμα 1: Ηλεκτρικά κυκλώματα

Στο παρακάτω πλέγμα υπάρχουν εννέα κυκλώματα. Σε κάθε κύκλωμα η τάση της μπαταρίας είναι ίδια, οι λαμπτήρες που χρησιμοποιούνται είναι ίδιοι και τα καλώδια δεν έχουν αντίσταση. Για να απαντήσετε τις παρακάτω ερωτήσεις κοιτάξτε με προσοχή τον πλέγμα. Κάθε ερώτηση μπορεί να έχει περισσότερες από μία απαντήσεις. Χρησιμοποιήστε το κάθε τετράγωνο όσες φορές θέλετε.












1. Επιλέξτε το τετράγωνο ή τα τετράγωνα στα οποία ο λαμπτήρας του φωτοβολεί ίδια με τον λαμπτήρα του τετραγώνου 1.
2. Επιλέξτε το τετράγωνο ή τα τετράγωνα στα οποία οι λαμπτήρες τους έχει την μικρότερη τάση.
3. Επιλέξτε το τετράγωνο ή τα τετράγωνα στα οποία το αμπερόμετρο δείχνει τη μεγαλύτερη τιμή.

Το παραπάνω παράδειγμα ΕΠΔΠ δημιουργήθηκε από την Chen (2004) στα πλαίσια της διπλωματικής διατριβής της, στο Πανεπιστήμιο της Γλασκόβης, στο Κέντρο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Δόθηκε σε μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης στην Ταϊβάν στο μάθημα της Γενικής Επιστήμης (General Science course) που διδάσκεται στην Τρίτη τάξη του Γυμνασίου (Junior High School) με σκοπό την διερεύνηση της κατανόησης από τους μαθητές βασικών εννοιών της Φυσικής.

Παράδειγμα 2: Χημικοί δεσμοί

Το παρακάτω πλέγμα περιέχει μοντέλα που αναπαριστούν τα μόρια διαφορετικών χημικών ουσιών.

Για να απαντήσετε τις παρακάτω ερωτήσεις κοιτάξτε με προσοχή τον πλέγμα. Κάθε ερώτηση μπορεί να έχει περισσότερες από μία απαντήσεις. Χρησιμοποιήστε το κάθε τετράγωνο όσες φορές θέλετε.

 A	 B	 C
 D	 E	 F
 G	 H	 I

1. Επιλέξτε το τετράγωνο ή τα τετράγωνα που αντιπροσωπεύουν καλύτερα μοντέλα:
 - a) μορίων χημικών ενώσεων
 - b) μορίων στοιχείων

c) διατομικών μορίων

d) τριατομικών μορίων

2. Επιλέξτε το τετράγωνο που αντιπροσωπεύει καλύτερα το μοντέλο του μορίου:

a) του νερού

b) της αμμωνίας

c) του οξυγόνου

d) του αζώτου

e) του υδροχλωρίου

f) του διοξειδίου του άνθρακα

3. Επιλέξτε το τετράγωνο ή τα τετράγωνα που περιέχουν μοντέλα μορίων με:

a) ομοιοπολικό μη πολικό δεσμό

b) ομοιοπολικό πολικό δεσμό

c) ομοιοπολικό πολικό δεσμό αλλά το μόριο τους δεν είναι πολικό

4. Επιλέξτε το τετράγωνο ή τα τετράγωνα που περιέχουν μοντέλα μορίων με:

a) τριπλό δεσμό

b) διπλό δεσμό

c) απλό δεσμό

5. Επιλέξτε το τετράγωνο ή τα τετράγωνα που περιέχουν μοντέλα μορίων με:

a) ένα κοινό ζεύγος ηλεκτρονίων

b) δύο κοινά ζεύγη ηλεκτρονίων

c) τρία κοινά ζεύγη ηλεκτρονίων

Η παραπάνω ερώτηση αποτελεί ένα καλό διαγνωστικό κριτήριο αξιολόγησης για την Χημεία της Β' Λυκείου θετικής κατεύθυνσης. Για την εισαγωγή στο πρώτο κεφάλαιο των διαμοριακών δεσμών είναι καλό να ξέρουμε αν οι μαθητές γνωρίζουν τα μοντέλα μορίων βασικών χημικών ενώσεων και στοιχείων, έχουν κατανοήσει τη φύση των δεσμών, την έννοια του ομοιοπολικού δεσμού και τη διάκριση μεταξύ πολικού δεσμού και πολικότητας του μορίου

Επίλογος

Η περισσότερη μάθηση στο σχολείο παίρνει τη μορφή απλής μεταφοράς στους μαθητές των προϊόντων της έρευνας ειδικών. Η δομημένη πληροφορία έχει σχεδιασθεί να εμπλέξει το μαθητή, σε

περιορισμένο βέβαια βαθμό, σε ένα είδος πνευματικής διάδρασης-πιο κοντινής σε αυτό του ερευνητή, από τη στιγμή που ο μαθητής έχει να φτιάξει μία συνεκτική εικόνα από μια τυχαία σειρά στοιχείων γνώσης με σκοπό να τα οργανώσει σύμφωνα με μία συγκεκριμένη 'αποτελεσματική ερώτηση'.

Τεχνικές αξιολόγησης σαν τις ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής αφενός δεν δίνουν μία καθαρή εικόνα της σκέψης και της κατανόησης των δομών που έχει ο μαθητής και αφετέρου ενθαρρύνουν τους μαθητές να σκέφτονται δυαδικά (μαύρο-άσπρο), ακόμα και αν αυτές έχουν δομηθεί για να αξιολογούν την κατανόηση των εννοιών, γιατί στο τέλος οι μαθητές καλούνται να διαλέξουν μια μόνο απάντηση. Η αξιολόγηση που είναι συνδεδεμένη με τη διδασκαλία-μάθηση που προωθεί τις διασκορπισμένες και απομονωμένες γνώσεις οδηγεί στην ατροφία της φυσικής ικανότητας του πνεύματος να θέτει τα πράγματα σε ένα πλαίσιο και να τα αντιλαμβάνεται σφαιρικά. Χαρακτηριστικά ο Μορέν (2000) αναφέρει ότι *είναι ανάγκη να γίνουν αντικείμενο διδασκαλίας οι μέθοδοι που επιτρέπουν σε κάποιον να καταλάβει τις αμοιβαίες σχέσεις και τις αλληλοπαθείς επιδράσεις ανάμεσα στα μέρη και στο όλον, μέσα σ' έναν πολύπλοκο κόσμο.*

Είναι επιβεβαιωμένο ότι πολλοί σπουδαστές διατρέχουν όλη την ακαδημαϊκή τους ζωή, από την πρωτοβάθμια έως την πανεπιστημιακή εκπαίδευση, έχοντας μόνο εξοικειωθεί με την αποστήθιση και την επανάληψη ιδεών (Greer, 2001). Στερούνται πολλές από τις δεξιότητες που απαιτούνται για να γίνουν επιτυχημένοι και αυτόνομοι μαθητές, να είναι ικανοί να κάνουν υποθέσεις, να σκέφτονται κριτικά και να γίνουν δια βίου μαθητές. Στερούνται αυτές τις δεξιότητες που περιγράφει ο Perry, (1970) και τοποθετεί στο υψηλότερο επίπεδο της κλίμακας πνευματικής ανάπτυξης του: μαθητές αυτοκατευθυνόμενοι, ικανοί να αξιολογούν τις πληροφορίες και τα γεγονότα, και που ο επιδιωκόμενος σκοπός τους είναι να κατανοήσουν την πολυπλοκότητα ενός πεδίου έρευνας. Έτσι σήμερα προτείνονται εναλλακτικές μορφές αξιολόγησης για να έχουμε καλύτερη εικόνα όχι μόνο της κατανόησης της διαδικαστικής γνώσης αλλά και της εννοιολογικής κατανόησης της γνώσης από τους μαθητές. Πολλοί ερευνητές θεωρούν ότι οι εναλλακτικές μορφές αξιολόγησης αποτελούν μορφές αυθεντικής αξιολόγησης. Αυθεντικές γιατί ο σκοπός τους είναι: να αξιολογούν την εννοιολογική και την νοηματική μάθηση, να εστιάζονται στη διαδικασία της μάθησης και όχι στο προϊόν της μάθησης. Η σύγχρονη παιδαγωγική επιζητεί και εστιάζεται αφενός στην ενεργό συμμετοχή των μαθητών κατά τη διδασκαλία-μάθηση και αφετέρου στην ανάπτυξη γνωσιακών ικανοτήτων που θα προάγουν μία σφαιρική θεώρηση των

προβλημάτων. Οι ερωτήσεις πλέγματος δομημένων πληροφοριών βοηθούν προς αυτή την κατεύθυνση γιατί δίνουν ένα περιβάλλον όπου οι μαθητές εμπλέκονται και συμμετέχουν ενεργά στην εύρεση των απαντήσεων.

Βιβλιογραφία

- Μορέν Ε. (2000) Οι επτά γνώσεις κλειδιά για την παιδεία του μέλλοντος. (μετάφραση) Αθήνα Εκδόσεις του Εικοστού Πρώτου,
- Biggs, J. (1996). Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher Education*, 32, 347-346.
- Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives: Cognitive domain*. London: Logman.
- Chen, W. (2004). An analysis of pupil difficulties in physics in relation to working memory space. M.Sc. Thesis, University of Glasgow.
- Danili, E. (2001). New teaching materials for secondary school Chemistry: A study of psychological factors affecting pupil performance. Master thesis, University of Glasgow.
- Danili, E., & Reid, N. (2005). Assessment Formats: do they make a difference? *Chemistry Education Research and Practice*, 6(4), p.204-212.
- Entwistle, A., and Entwistle, N. (1992). Experiences of understanding in revising for degree examinations. *Learning and Instruction*, 2, 1-22.
- Egan, K. (1972). Structural communication-A new contribution to pedagogy. *Journal of Chemical Education*, 9(2), 63-78.
- Greer, L. (2001). Does changing the method of assessment of a module improve the performance of student? *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 26(2), 127-138.
- Haghanikar, M. (2003). Understanding and accessibility of Physics. M.Sc. Thesis, University of Glasgow.
- Johnstone, H. A. (2003). Effective practice in objective assessment. LTSN Physical Sciences Centre. <http://dbweb.liv.ac.uk/ltsnpsc/guides/EffectivePracticeInObjectiveAssessment/index.htm>.
- Johnstone, A. H., and Ambusaidi, A. (2001). Fixed-response questions with a difference. *Chemistry Education: Research and Practice in Europe*, 2(3), 313-327.
- Kyoko, S. (1997, March 24-28). Cognitive constructs measured in word problems: A comparison of students' responses in Performance-Based tasks and Multiple-Choice Tasks for Reasoning. Paper presented at the Annual meeting of the American Educational Research Association, Chicago.
- Perry, W. G. (1970). *Forms of intellectual and ethical development in the college years: a scheme*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Ramsden, P. (1987). Improving teaching and learning in higher education: the case for a relational perspective. *Studies in Higher Education*, 12, 275-286.
- Unger, C. (1993, 15 April). A call for sensitivity: Taking into account students' perspectives of understanding and learning for understanding. Paper presented at the Annual Meeting, American Educational Research Association, Atlanta.

Πρόσθετα τροφίμων: Ένα σχέδιο εργασίας (project) για το πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (Π.Ε)

Μιχάλης Γισδάκης¹ Βενετία Κακουλίδου^{1*} Δρ Αγγελική Τρικαλίτη² Δρ
Μιχάλης Σκούλλος³

¹Μεταπτυχιακός Φοιτητής Δι.Χη.Ν.Ε.Τ τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ

¹ Μεταπτυχιακή Φοιτήτρια Δι.Χη.Ν.Ε.Τ τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ

²Σχολική σύμβουλος Πειραιά, διδάσκουσα στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα Δι.Χη.Ν.Ε.Τ

³Καθηγητής Χημείας Περιβάλλοντος ΕΚΠΑ Συντονιστής του μαθήματος Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης.

Περίληψη

Ο υπερπληθυσμός, ο ανταγωνισμός για προσέλκυση καταναλωτών, η ανάγκη της μαζικής παραγωγής τροφίμων μακριά από τον χώρο κατανάλωσης τους και του επισιτισμού των χωρών του τρίτου κόσμου, αλλά κυρίως η υπερκατανάλωση επεκτείνουν όλο και περισσότερο τη χρήση προσθέτων στην παραγωγή «τυποποιημένων» ή μερικώς προεπεξεργασμένων τροφίμων. Στο πλαίσιο της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης προτείνεται ένα σχέδιο εργασίας (project) με σκοπό οι μαθητές να αντιληφθούν το ρόλο των προσθέτων στην σωστή του διάσταση. Μέσα από μια σειρά προτεινόμενων δραστηριοτήτων που έχουν ως κύριο άξονα τη Χημεία αλλά περιλαμβάνουν και τη βιβλιογραφική έρευνα, τη δημοσκόπηση, τα πειράματα, το παιχνίδι ρόλων κ.ά. γίνεται προσπάθεια να προσεγγισθεί μια σειρά από γνωστικούς, ψυχοκινητικούς και συναισθηματικούς στόχους. Ορισμένες δραστηριότητες που αφορούν τη βιβλιογραφική έρευνα των μαθητών, την ενημέρωσή τους από ειδικούς, την ενεργοποίηση της φαντασίας και την ευαισθητοποίησή τους στο να διαβάζουν τις ετικέτες των τροφίμων αναφέρονται μόνο επιγραμματικά, ενώ ένα μικρό μέρος των δραστηριοτήτων που περιλαμβάνει πειράματα τα οποία χρησιμοποιούνται ως εργαλεία για την μελέτη του τρόπου δράσης αντιοξειδωτικών όπως το ασκορβικό και το θειώδες οξύ καθώς και συντηρητικών όπως το πυκνό διάλυμα χλωριούχου νατρίου, το νιτρώδες οξύ, το θειώδες οξύ κ.ά. παρουσιάζεται αναλυτικά. Τέλος προτείνονται ορισμένοι τρόποι αξιολόγησης του προγράμματος. Η εργασία αυτή παρουσιάζει ένα μικρό τμήμα ενός project που σχεδιάστηκε στο πλαίσιο του μαθήματος της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης (Π.Ε) / Εκπαίδευσης για την Αειφόρο Ανάπτυξη (Ε.Α.Α) του μεταπτυχιακού τμήματος Διδακτικής της Χημείας (Δι.Χη.Ν.Ε.Τ) του Πανεπιστημίου Αθηνών.

Εισαγωγή.

Βασικοί στόχοι της (Π.Ε) και (Ε.Α.Α) είναι η ανάπτυξη τόσο των θεωρητικών βάσεων και ερεθισμάτων για την κατανόηση και την ενεργό προστασία των πολύτιμων στοιχείων του φυσικού και ανθρωπογενούς περιβάλλοντος, όσο και η ανάπτυξη γνώσεων, στάσεων και δεξιοτήτων που επιτρέπουν στα άτομα και στις ομάδες που αυτά ανήκουν, καθώς και στο σύνολο της κοινωνίας, να ζει, να εργάζεται, να παράγει, να καταναλώνει και να αναπτύσσεται σε αρμονία με το περιβάλλον στα πλαίσια του στόχου της Αειφόρου Ανάπτυξης θεωρώντας ότι το περιβάλλον τα τελευταία χρόνια βρίσκεται σε κρίση χρειάστηκε να ενσωματωθεί στο βασικό κορμό της Π.Ε και η αναζήτηση των αιτιών που ουσιαστικά αποτελούν το «τι είναι αυτό που δημιουργεί την κρίση». Τα τέσσερα αίτια στα οποία θα πρέπει να επικεντρωθούμε είναι : ο υπερπληθυσμός, ο υπερκαταναλωτισμός, η έλλειψη σωστής ενημέρωσης και παιδείας, η λαθεμένη βάση της οικονομίας και η στενά συνδεδεμένοι με αυτή ακατάλληλοι δείκτες προόδου και ανάπτυξης μιας χώρας και μιας κοινωνίας.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι στις σύγχρονες καταναλωτικές κοινωνίες υπάρχει ανάγκη για παραγωγή και κατανάλωση μεγάλης ποικιλίας τροφίμων και ότι στις χώρες του Τρίτου Κόσμου υπάρχει ανάγκη επισιτισμού μπορούμε να πούμε ότι η χρήση των προσθέτων αποτελεί μια πιεστική πρακτική σε όλον σχεδόν τον πλανήτη. Το θέμα λοιπόν αυτό αφορά τον καθένα (άρα και τον μαθητή, εφόσον καταναλώνει τυποποιημένα τρόφιμα), ενώ ταυτόχρονα έχει και παγκόσμιες διαστάσεις,. Για τους λόγους αυτούς έγινε και η επιλογή του . Σκοπός μας είναι, με εργαλείο τη Χημεία, να ευαισθητοποιήσουμε τους μαθητές ώστε να θέσουν τα πρόσθετα τροφίμων στη σωστή τους διάσταση. Θέλουμε δηλαδή, να ενημερωθούν σωστά και να χρησιμοποιούν «μετά λόγου γνώσεως» τα πρόσθετα, ούτε ενοχοποιώντας τα, ούτε θεωρώντας τα παντελώς αθώα. Αυτό θα έχει ως συνέπεια να μην καταναλώνουν αλόγιστα τυποποιημένα τρόφιμα, τα οποία γίνονται ελκυστικά με τη χρήση πολλών βελτιωτικών γεύσης, μορφής κ.ά. με αμφίβολες συνέπειες τόσο για την υγεία όσο και για το περιβάλλον

Κριτήρια επιλογής του θέματος

Το θέμα απευθύνεται σε μαθητές των τάξεων Α και Β Λυκείου. Η εκπόνηση της εργασίας θα γίνει στο πλαίσιο της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης.

Η επιλογή του θέματος έγινε με βάση τα παρακάτω κριτήρια:

1) Συνδέεται άμεσα με την καθημερινή ζωή των μαθητών, εφόσον καταναλώνουν τρόφιμα που περιέχουν πρόσθετα.

2) Καθημερινά γίνονται δέκτες πληροφοριών που αφορούν την χρήση των πρόσθετων και τις συνέπειές τους στην ανθρώπινη υγεία.

3) Είναι ανάγκη να ενημερωθούν ως καταναλωτές σχετικά με το τι είναι τα πρόσθετα, για ποιο λόγο χρησιμοποιούνται και πώς πρέπει να γίνεται η σήμανσή τους πάνω στο προϊόν.

4) Είναι σημαντικό να μάθουν να διαβάζουν τις «ετικέτες» των προϊόντων που καταναλώνουν και να αναπτύξουν την κρίση τους ώστε να επιλέγουν το καταλληλότερο.

Διδακτικοί στόχοι

Ο καθορισμός των στόχων είναι απαραίτητος για την αποτελεσματικότερη οργάνωση και εκπόνηση του προγράμματος, καθώς και για την συνολική αξιολόγησή του. Σύμφωνα με την τριμερή ταξινόμηση κατά **Bloom** οι στόχοι είναι οι παρακάτω:.

Στόχοι γνωστικού τομέα

Οι μαθητές να είναι ικανοί:

1) Να αναγνωρίζουν πότε μια ουσία θεωρείται πρόσθετο. 2) Να διακρίνουν τους τρόπους αναγραφής των πρόσθετων στις ετικέτες των προϊόντων.

3) Να κατηγοριοποιούν σε γενικές γραμμές τις πρόσθετες ουσίες ανάλογα με την δράση τους. 4) Να διακρίνουν την ανάγκη χρήσης των προσθέτων προκειμένου να ικανοποιηθεί η μαζική κατανάλωση από τη χρήση των προσθέτων για τη βελτίωση της εμφάνισης και της γεύσης των τροφών. 5) Να αναζητούν πληροφορίες σχετικά με τη νομοθεσία που καθορίζει τη χρήση συγκεκριμένων πρόσθετων και επιτρεπόμενων ορίων. 6) Να αναζητούν πληροφορίες σχετικά με τις πιθανές επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία.

Στόχοι ψυχοκινητικού τομέα

Οι μαθητές να είναι ικανοί:

1) Να συνεργάζονται σε ομάδες και να μοιράζουν ρόλους. 2) Να διαβάζουν τις ετικέτες των προϊόντων που αγοράζουν κάθε φορά. 3) Να εκτελούν απλά πειράματα στο εργαστήριο, σχετικά με τα πρόσθετα. 4) Να καταγράφουν τις μετρήσεις και να εξάγουν συμπεράσματα. 5) Να κάνουν δημοσκοπική έρευνα ώστε να διαπιστώσουν τις θέσεις και τις απόψεις των πολιτών (γονέων, γειτόνων) σχετικά με τα πρόσθετα τροφίμων. 6) Να ενημερώνουν τους οικείους, τους συμμαθητές τους και το ευρύτερο κοινωνικό περιβάλλον, αφού αποκτήσουν γνώση σχετικά με το θέμα,.

7) Να είναι σε θέση να απευθύνουν ύστοχες ερωτήσεις που αφορούν ένα θέμα σε κάποιον ειδικό.

8) Να οργανώνουν δράσεις και έργα χρησιμοποιώντας τη φαντασία και τη δημιουργικότητα τους.

Στόχοι συναισθηματικού τομέα

Οι μαθητές να είναι σε θέση:

- 1) Να αξιολογούν αφενός την αναγκαιότητα των προσθέτων στην συντήρηση τροφίμων και αφετέρου την υπερβολική απαίτηση των καταναλωτών για ελκυστικά προϊόντα, με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται υπερβολικά μεγάλος αριθμός βελτιωτικών.
- 2) Να δίνουν αξία στην υγιεινή διατροφή και στο ρόλο που αυτή παίζει στην ανθρώπινη ζωή.
- 3) Να επιλέγουν ως καταναλωτές όσο το δυνατό λιγότερα τυποποιημένα τρόφιμα και να υιοθετούν πρακτικές δημιουργίας σπιτικών φαγητών, ποτών, γλυκών κ.ά.
- 4) Να μην παραπλανούνται από τις εντυπωσιακές συσκευασίες, αλλά να αναζητούν τον κατάλογο των συστατικών και κυρίως των προσθέτων.
- 5) Να ευαισθητοποιήσουν με τις δράσεις τους τη σχολική κοινότητα, τους οικείους τους και τους απλούς πολίτες

Επεξεργασία του θέματος

Η επεξεργασία του θέματος αυτού μπορεί να γίνει με ποικίλες δραστηριότητες μέσα από τις οποίες οι μαθητές θα μπορούν βιωματικά να συλλέξουν αυθεντικές πληροφορίες (πρωτογενείς) και στη συνέχεια να τις επεξεργαστούν και να καταλήξουν σε συμπεράσματα. Στην παρούσα εργασία οι περισσότερες από αυτές θα αναφερθούν επιγραμματικά, ενώ κάποιες θα αναλυθούν εκτενώς. Επιλέχθηκαν οι δραστηριότητες οι οποίες αποτελούν μικρές έρευνες και στηρίζονται σε πειραματική διερεύνηση κάποιων υποθέσεων. Οι δραστηριότητες είναι εγγύτερες στο μάθημα της Χημείας και της Βιολογίας μπορεί να ενδιαφέρουν τους εκπαιδευτικούς οι οποίοι επιθυμούν να οργανώσουν ένα σχέδιο εργασίας στο πλαίσιο των μαθημάτων αυτών, σύμφωνα με τις υποδείξεις που υπάρχουν το Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου. Ασφαλώς, στο πλαίσιο ενός εθελοντικού προγράμματος Π.Ε. υπάρχει μεγαλύτερη άνεση χρόνου για την πληρέστερη επεξεργασία του θέματος.

Προκαταρκτικές δραστηριότητες 1: Γνωριμία ομάδας ,
Δραστηριότητα 2: Διερεύνηση γνώσεων και στάσεων των μαθητών σχετικά με το θέμα, **Δραστηριότητα 3:** Ευαισθητοποίηση μαθητών, για τις πιθανές επιπτώσεις στην υγεία κάποιων βελτιωτικών γεύσης και εμφάνισης. Παραδείγματα: το γλουταμινικό μονονάτριο και τα νιτρώδη
Δραστηριότητα 4: Επιλογή θέματος από τους μαθητές
Δραστηριότητα 5: Χωρισμός σε ομάδες-Ανάθεση αρμοδιοτήτων,

Δραστηριότητα 6 : Επίσκεψη σε βιομηχανία **Δραστηριότητα 7 :** Διάβασε την ετικέτα-Βρες τα πρόσθετα...

Δραστηριότητα 8 : Φαντασία και Δημιουργία-Φτιάξε το δικό σου φρουτοποτό και τη δική σου συσκευασία, **Δραστηριότητα 9 :** Διαχωρισμός χρωστικών από καραμέλες με χρωματογραφία χάρτου.

Δραστηριότητα 10 : Μάντεψε το τρόφιμο από την ετικέτα

Δραστηριότητα 11

« Οξυγόνο: Φίλος ή εχθρός; » Μια διερεύνηση της επίδρασης του οξυγόνου στην ενζυματική αμαύρωση των φρούτων.

Στόχοι:

Οι μαθητές να είναι ικανοί:

1) Να μελετούν την επίδραση του οξυγόνου πάνω στα τρόφιμα. 2) Να αναγνωρίζουν την ανάγκη χρήσης των αντιοξειδωτικών ουσιών στα τρόφιμα. 3) Να συνεργάζονται για την διεξαγωγή ενός πειράματος.

Απαραίτητα υλικά.

Κόκκινα μήλα, μαχαίρια, άσπρες επιφάνειες κοπής, μπλέντερ, διάλυμα ασκορβικού οξέος (βιταμίνης C)-5% w/v, αραιό διάλυμα διοξειδίου του θείου SO₂ -2 % w/v, ποτήρι ζέσεως με βραστό νερό, ποτήρι ζέσεως με νερό 30 °C

Μέθοδος

Θα χρειαστείτε 12 φέτες μήλου για όλη την δραστηριότητα. Κάθε φέτα να είναι το 1/8 από ένα μήλο μεσαίου μεγέθους

1) Πάρτε μία φέτα μήλου και αφήστε τη για λίγο χρονικό διάστημα. Τι παρατηρείτε;

Πού πιστεύετε ότι οφείλεται η μεταβολή αυτή;

2) Πάρτε δύο (2) φέτες από το μήλο. Αφήστε και τις δύο να «μαυρίσουν». Όταν μαυρίσουν κόψτε την μία στην μέση χρησιμοποιώντας ένα μαχαίρι. Κόψτε τη δεύτερη στην μέση χρησιμοποιώντας τα χέρια σας. Παρατηρήστε τι συμβαίνει στην κάθε φέτα και συμπληρώστε τον πίνακα.

Φέτα που κόπηκε με το μαχαίρι	
Φέτα που κόπηκε με το χέρι	

3) Πάρτε δύο (2) φέτες από το μήλο. Πολτοποιήστε την μία στο μπλέντερ. Ποια από τις δύο «μαυρίζει» γρηγορότερα;

4) Πάρτε τέσσερις (4) φέτες μήλου. Βάλτε μία στο νερό, βάλτε μία σε διάλυμα ασκορβικού οξέος και μία σε αραιό διάλυμα διοξειδίου του θείου. Θυμηθείτε ότι τα μήλα επιπλέουν οπότε θα χρειαστείτε έναν τρόπο για να τα κρατήσετε κάτω από την επιφάνεια του υγρού. Αφήστε την τέταρτη φέτα στον αέρα. Αφήστε όλες τις φέτες για λίγα λεπτά μετά κάντε την σύγκριση και συμπληρώστε τον πίνακα.

«Μαύρισε» πρώτο	
«Μαύρισε δεύτερο»	
«Μαύρισε τρίτο»	
«Μαύρισε τέταρτο»	

5) Πάρτε δύο(2) φέτες μήλου. Ρίξτε την μία σε ένα ποτήρι ζέσεως με βραστό νερό. Αφήστε τη στο νερό για 2 min .Βγάλτε την και αφήστε την στον αέρα.

Ρίξτε τη δεύτερη φέτα σε ένα ποτήρι ζέσεως με νερό 30°C για 2 min. Βγάλτε την και αφήστε την στον αέρα.

Συγκρίνετε τις δύο φέτες μετά από λίγα λεπτά. Τι παρατηρείτε;

6) Πάρτε ένα μήλο και κόψτε το στη μέση χωρίς να το ξεφλουδίσετε . Το ένα κομμάτι χτυπήστε το πάνω σε μία σκληρή επιφάνεια. Αφήστε το για λίγα λεπτά και ύστερα ξεφλουδίστε το στο σημείο που το χτυπήσατε για να δείτε τι έχει συμβεί. Ξεφλουδίστε και το άλλο κομμάτι. Τι παρατηρείτε;

«Ένα βήμα μπροστά.....»

1) Διερευνήστε εάν άλλα οξέα όπως κιτρικό οξύ (περιέχεται στα εσπεριδοειδή) ή οξικό οξύ (περιέχεται στο ξύδι) μπορούν να επιβραδύνουν την αντίδραση αμαύρωσης.

2) Διερευνήστε λεπτομερέστερα την επίδραση της θερμοκρασίας σε αυτή την αντίδραση.

3) Ποια είναι η χαμηλότερη συγκέντρωση του ασκορβικού οξέος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ώστε να επιβραδύνει την αντίδραση αμαύρωσης.

Σχεδιάστε τα κατάλληλα πειράματα.

4)Προτείνετε ένα φυσικό συντηρητικό για να διατηρήσετε για αρκετή ώρα τα κομμένα μήλα μιας φρουτοσαλάτας χωρίς να μαυρίσουν.

Οδηγίες προς τους διδάσκοντες.

Η αντίδραση αμαύρωσης είναι στην πραγματικότητα μια σειρά αντιδράσεων που έχει ως υπόστρωμα κυρίως τις απλές φαινόλες . Ουσιαστικά περιλαμβάνει την οξειδωση ενώσεων που περιέχουν την δομή 1,2-διυδροξύ-βενζολίου. Η πρώτη αντίδραση στην αλληλουχία καταλύεται από το ένζυμο πολυφαινολοξειδάση (υπάρχει σειρά από τέτοιες οξειδάσες π.χ κατεχολάση, κρεζολάση) και αυτή είναι η αντίδραση που είναι σημαντική στις διερευνήσεις των μαθητών. Το άριστο pH του ενζύμου είναι γύρω στο 7,0 και είναι σχετικά ανθεκτικό στη θέρμανση. Πρόκειται για μια αντίδραση οξειδωσης από την οποία παράγεται μια κινόνη, με την παρουσία του ενζύμου και του οξυγόνου που δρα σαν δέκτης υδρογόνων.

Εφόσον σχηματιστεί η κινόνη οι παραπέρα αντιδράσεις προχωρούν αυτόματα χωρίς την απαραίτητη παρουσία ενζύμου ή του οξυγόνου με τελικό προϊόν πολυμερή κόκκινου ή καφέ χρώματος και τελικά σε μελανίνων.

Το διοξείδιο του θείου και τα θειώδη άλατα, είναι ισχυροί αναστολείς της πολυφαινυλοξειδάση. Αν και ο μηχανισμός δράσης των θειωδών πάνω στο ένζυμο δεν είναι ακόμα τελείως γνωστός, μερικοί ερευνητές έδειξαν ότι τα θειώδη αναχαιτίζουν την ενζυμική αμαύρωση εμποδίζοντας την υδροξυλίωση της L-τυροσίνης σε 3,4-διυδροξυφαινυλανερίνη. Ο σημαντικότερος αναστολέας της ενζυμικής αμαύρωσης φαίνεται ότι είναι το ασκορβικό οξύ. Το ασκορβικό οξύ συμμετέχει σε μια σειρά αντιδράσεων κατά τις οποίες δρα ως αναγωγικό μέσο με αποτέλεσμα η κινόνη να μετατρέπεται στην αρχική διφαινόλη ενώ το ίδιο οξειδώνεται προς δεϋδρο ασκορβικό οξύ. Υπάρχει μεγάλος αριθμός πολυφαινολών που λειτουργεί ως υπόστρωμα γι αυτή την αντίδραση, (συνήθως αναφέρονται ως «ταννίνες»).

Για την παρασκευή ενός αραιού διαλύματος SO_2 χρησιμοποιείστε 2 g μεταθειώδους νατρίου σε 100 ml νερού.

Για κάθε μία από τις δραστηριότητες υπάρχουν οι παρακάτω παρατηρήσεις:

1) Η αμαύρωση χρειάζεται περίπου 10 min.

2) Η κομμένη με το μαχαίρι επιφάνεια μαυρίζει γρηγορότερα. Όταν ένα μήλο κόβεται με το χέρι σπάει μεταξύ των κυττάρων αφήνοντας το κυτταρικό τοίχωμα ανέπαφο. Αντίθετα, όταν κόβεται με το μαχαίρι καταστρέφεται το κυτταρικό τοίχωμα. Επομένως το κόψιμο του μήλου με το χέρι προκαλεί λιγότερη καταστροφή του κυττάρου και λιγότερη αμαύρωση.

3) Το πολτοποιημένο μήλο μαυρίζει πολύ γρηγορότερα από ότι η ολόκληρη φέτα.

Η πολτοποίηση προκαλεί εκτεταμένη καταστροφή του κυττάρου, και επιτρέπει την ταχύτερη διάχυση του οξυγόνου στον ιστό. Τα ανέπαφα κύτταρα έχουν αναγωγικά

χαρακτηριστικά που σημαίνει ότι οξυγόνο ανάγεται με ελεγχόμενο τρόπο κατά την αναπνοή παρά λαμβάνοντας μέρος σε αντιδράσεις αμαύρωσης.

4) Η φέτα που παραμένει στον αέρα μαυρίζει γρηγορότερα. Η φέτα στο νερό θα μαυρίσει δεύτερη. Η φέτα στο ασκορβικό οξύ χρειάζεται περισσότερο χρόνο για να μαυρίσει. Τέλος η φέτα στο διοξείδιο του θείου χρειάζεται τον περισσότερο χρόνο για να μαυρίσει. Η φέτα που παραμένει στον αέρα έχει μεγαλύτερη επαφή με το οξυγόνο από εκείνη που βρίσκεται στο νερό. Η δράση του ασκορβικού και του θειωδούς οξέος αναφέρθηκε παραπάνω.

5) Η φέτα που είναι μέσα στο βραστό νερό χρειάζεται μεγάλο χρονικό διάστημα για να μαυρίσει –αν μαυρίσει καθόλου. Αν αυτή ήταν απλά μια χημική αντίδραση ο ρυθμός αμαύρωσης θα αυξανόταν με την θερμοκρασία. Επομένως, πρόκειται για μια ενζυμικά ελεγχόμενη αντίδραση. Αυτό ενισχύεται από το γεγονός ότι η φέτα στους 30°C μαυρίζει γρηγορότερα από άλλες που βρίσκονται σε θερμοκρασία δωματίου.

6) Το χτύπημα έχει μια παρόμοια επίδραση με την πολτοποίηση καθώς προκαλεί επίσης εκτεταμένη καταστροφή στο κύτταρο. Οι μαθητές ίσως αναρωτηθούν πως η αντίδραση εμφανίζεται χωρίς ο αέρας/οξυγόνο να έρχεται εμφανώς σε επαφή με τους ιστούς. Είναι σημαντικό για αυτούς να συνειδητοποιήσουν ότι πολύ λίγο οξυγόνο χρειάζεται για να αρχίσει η οξείδωση. Το διαλυμένο οξυγόνο υπάρχει στους ιστούς και αυτό είναι που λαμβάνει μέρος στην αντίδραση.

Δύο σημαντικά σημεία προκύπτουν από αυτές τις δραστηριότητες: Η αντίδραση αμαύρωσης είναι: 1) Ενζυμικά ελεγχόμενη, 2) Μια αντίδραση οξείδωσης.

«Ένα βήμα μπροστά.....»

1) Υπάρχουν πολλά άλλα φυσικά **αντιοξειδωτικά** που θα μπορούσαν να διερευνηθούν όπως: το μηλικό οξύ (E296), που είναι το κυρίαρχο οξύ στα μήλα, το κιτρικό οξύ (E330), που είναι το κυρίαρχο οξύ στα εσπεριδοειδή, το οξικό οξύ (E260), που είναι βασικό συστατικό του ξυδιού.

2) Καθώς η αμαύρωση είναι μια ενζυμικά ελεγχόμενη αντίδραση, μπορεί να επιλεγεί μια σειρά θερμοκρασιών ώστε να φανεί η επίδραση της θερμοκρασίας στην δραστηριότητα των ενζύμων.

3) Μία σειρά κατάλληλων συγκεντρώσεων μπορεί να κυμαίνεται από 0 έως 10% w/v.

Προτείνεται στο τέλος της δραστηριότητας να γίνει συζήτηση , ανάλυση των αποτελεσμάτων και εξαγωγή συμπερασμάτων.

4) Μπορεί να προταθεί χυμός λεμονιού.

Δραστηριότητα 12 :

«Πόση βιταμίνη C έχει ο χυμός σου;». Άσκηση ογκομέτρησης;

Δραστηριότητα 13

Διερεύνηση της διατήρησης των τροφίμων με τη χρήση συντηρητικών.

Στόχοι

Οι μαθητές πρέπει:

- 1) Να διακρίνουν και να διερευνήσουν τρόπους συντήρησης των τροφίμων.
- 2) Να συνειδητοποιήσουν την ανάγκη χρήσης των συντηρητικών ουσιών στα τρόφιμα.

3) Να ευαισθητοποιηθούν ώστε να προτιμούν τρόφιμα που έχουν συντηρηθεί με όσο το δυνατό πιο παραδοσιακό τρόπο.

Απαιτούμενα υλικά

Δοκιμαστικοί σωλήνες, μαρκαδόροι ή ετικέτες, απιονισμένο νερό , πυκνό αλατούχο διάλυμα (20g χλωρίουχου νατρίου σε 100 mL απιονισμένου νερού), αραιό διάλυμα ζάχαρης (1g ζάχαρης σε 100 mL απιονισμένου νερού), πυκνό διάλυμα ζάχαρης (20g ζάχαρης σε 100 mL απιονισμένου νερού), ξύδι (οξικό οξύ, E260), διάλυμα νιτρώδους νατρίου (E250) (0,1 M μέγιστης συγκέντρωσης), διάλυμα διοξειδίου του θείου (E220) (2g μεταθειώδους νατρίου σε 100 mL απιονισμένο νερό), προστατευτικά γυαλιά, βαμβάκι, κατεψυγμένος αρακάς, λαβίδα, πρόσβαση σε ψυγείο.

Διαδικασία

1) Ονομάστε 8 δοκιμαστικούς σωλήνες με τους αριθμούς 1 έως 8. Γράψτε το γράμμα της ομάδας σας και την ημερομηνία σε κάθε σωλήνα.

2) Χρησιμοποιείτε τη λαβίδα για να βάλετε τρία κομμάτια αρακά (κατεψυγμένου) σε κάθε σωλήνα.

3) Ακολουθήστε τα παρακάτω βήματα:

Σωλήνας 1- Δεν βάζετε τίποτα σε αυτό το σωλήνα.

Σωλήνας 2- Δεν βάζετε τίποτα σε αυτό το σωλήνα.

Σωλήνας 3- Γεμίστε τον μέχρι τη μέση με απιονισμένο νερό.

Σωλήνας 4- Γεμίστε τον μέχρι τη μέση με το πυκνό αλατούχο διάλυμα.

Σωλήνας 5- Γεμίστε τον μέχρι τη μέση με το αραιό διάλυμα ζάχαρης.

Σωλήνας 6- Γεμίστε τον μέχρι τη μέση με το πυκνό διάλυμα ζάχαρης.

Σωλήνας 7- Γεμίστε τον μέχρι τη μέση με το ξύδι.

Σωλήνας 8- Γεμίστε τον μέχρι τη μέση με το διάλυμα νιτρώδους νατρίου.

Σωλήνας 9- Γεμίστε τον μέχρι τη μέση με το διάλυμα διοξειδίου του θείου.

4) Βάλτε ένα πώμα από βαμβάκι σε κάθε σωλήνα.

5) Βάλτε τον σωλήνα 1 στο ψυγείο.

6) Αφήστε τους σωλήνες 2 έως 8 σε ένα ζεστό μέρος.

7) Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα παρατηρώντας σε κάθε σωλήνα, τόσο τον αρακά όσο και το υγρό. Το θόλωμα στο υγρό δείχνει ότι έχει αρχίσει να αναπτύσσεται μούχλα. Κοιτάξτε τι συμβαίνει μετά από 24 ώρες, από 72 ώρες και μετά από μία εβδομάδα.

Μετά από

Δοκιμαστικός σωλήνας	Εμφάνιση του αρακά	Εμφάνιση του υγρού
1 Στο ψυγείο		
2 Σε θερμοκρασία δωματίου		

3 Σε απιονισμένο νερό		
4 Σε αλατούχο διάλυμα		
5 Σε αραιό διάλυμα ζάχαρης		
6 Σε πυκνό διάλυμα ζάχαρης		
7 Σε ξύδι		
8 Σε διάλυμα νιτρώδους νατρίου		
9 Σε διάλυμα διοξειδίου του θείου		

Ερωτήσεις

- 1) Να συγκρίνετε τους σωλήνες 1 και 2. Τι διαφορές παρουσιάζουν; Πώς μπορείτε να εξηγήσετε αυτές τις διαφορές;
- 2) Ποια από τα διαλύματα που χρησιμοποιήθηκαν στους σωλήνες 3 έως 9 δρουν ως συντηρητικά; Πώς οδηγηθήκατε σε αυτό το συμπέρασμα;
- 3) Γιατί αυτά τα διαλύματα μπορούν να δρουν σαν συντηρητικά; Ζητείστε πληροφορίες από τις ομάδες 2 και 4 που έχουν αναλάβει σχετική βιβλιογραφική έρευνα. Συζητήστε το θέμα με τους διδάσκοντες.
- 4) Ένα πυκνό αλατούχο διάλυμα μπορεί να δράσει ως ένα πολύ καλό συντηρητικό. Γιατί πιθανόν να είναι ένα ακατάλληλο συντηρητικό για κάποια τρόφιμα;
- 5) Ποια είδη τροφίμων συντηρούνται με πυκνό διάλυμα ζάχαρης;
- 6) Ποια είδη τροφίμων συντηρούνται με νιτρώδες νάτριο ; *
- 7) Ποια είδη τροφίμων συντηρούνται με διοξείδιο του θείου; *
- 8) Α) Τι αλλαγές παρατηρείτε στο χρώμα του αρακά στους δοκιμαστικούς σωλήνες 7 (ξύδι) και 9 (διοξείδιο του θείου).
Β) Αν ήσασταν τεχνολόγοι τροφίμων τι θα κάνατε για να διορθώσετε το χρώμα του τροφίμου;
- 9) Άλλες μέθοδοι συντήρησης περιλαμβάνουν την ξήρανση, το κατάψυξη και την κονσερβοποίηση. Εξηγήστε πώς αυτές οι διεργασίες εμποδίζουν την αλλοίωση των τροφίμων.

* Να συμβουλευτείτε την ομάδα που έχει αναλάβει την καταγραφή των προσθέτων σε προϊόντα super-market.

«Ένα βήμα μπροστά.....»

- 1) Μία από τις πιο σημαντικές μεθόδους συντήρησης τροφίμων είναι η παστερίωση. Βρείτε ιστορικά στοιχεία για την μέθοδο και τις λεπτομέρειες σχετικά με τη χρήση της στις μέρες μας .
- 2) Κάντε μια έρευνα σχετικά με τα είδη των τροφίμων που έχετε στο σπίτι. Ποιες μέθοδοι συντήρησης των τροφίμων χρησιμοποιούνται; Για πόσο χρονικό διάστημα διαφορετικά τρόφιμα που έχουν συντηρηθεί με διαφορετικές μεθόδους παραμένουν φρέσκα;

3) Οι τεχνητές γλυκαντικές ύλες αντικαθιστούν την ζάχαρη σε ορισμένα τρόφιμα. Έχουν παρόμοιες ιδιότητες με τη ζάχαρη στη συντήρηση; Σχεδιάστε ένα πείραμα για να το ανακαλύψετε.

Οδηγίες προς τους διδάσκοντες

Ο αρακάς χρησιμοποιείται απλά ως ένα εύκολα διαθέσιμο μέσο.

Μετά από 24 ώρες το υγρό στους σωλήνες 3 και 5 θα έχει ήδη θολώσει. Είναι δυνατό να σταματήσει το πείραμα σε αυτό το σημείο. Αφήνοντας τους σωλήνες για 72 ώρες απλά θα αυξηθεί το θόλωμα σε αυτούς του δύο σωλήνες. Μετά από μία εβδομάδα θα αναπτυχθεί μούχλα.

Ο σωλήνας 8 πρασινίζει καθώς ο αρακάς χάνει το χρώμα του.

Αναμενόμενες απαντήσεις των ερωτήσεων:

1) Ο σωλήνας 2 θα παρουσιάζει περισσότερα σημάδια αλλοίωσης από το σωλήνα 1. Ο σωλήνας 1 ήταν σε χαμηλότερη θερμοκρασία και έτσι η μικροβιακή ανάπτυξη επιβραδύνθηκε.

2) Το αλατούχο διάλυμα, το πυκνό διάλυμα ζάχαρης, το ξύδι, το διάλυμα νιτρώδους νατρίου και το διάλυμα διοξειδίου του θείου δρουν ως συντηρητικά. Το υγρό σε αυτούς τους σωλήνες παραμένει διαυγές. Μετά από 24 ώρες το υγρό στους σωλήνες 3 και 5 θολώνει. Αυτό αποτελεί ένδειξη ανάπτυξης μυκήτων.

Παρατήρηση : Ο αρακάς στα όξινα διαλύματα του ξυδιού και του διοξειδίου του θείου αποχρωματίζεται. Σε αλκαλικά διαλύματα τα χρώματα είναι πολύ ζωηρότερα. Καθώς οι μέθοδοι συντήρησης μπορούν να αλλάξουν το φυσικό χρώμα των τροφίμων, προστίθενται χρωστικές σε συγκεκριμένα τρόφιμα μετά την επεξεργασία.

3) Το πυκνό αλατούχο διάλυμα απομακρύνει το απαιτούμενο νερό για την μικροβιακή ανάπτυξη μέσω της ώσμωσης. Με παρόμοιο τρόπο δρα και το πυκνό διάλυμα ζάχαρης.

Το ξύδι είναι όξινο. Η μικροβιακή ανάπτυξη επιβραδύνεται σε pH χαμηλότερο του 4,5. Σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις το οξικό οξύ είναι βακτηριοκτόνο.

Το νιτρώδες νάτριο και το διοξείδιο του θείου σκοτώνουν τα μικρόβια. Το νιτρώδες νάτριο είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την παρεμπόδιση της ανάπτυξης του βακτηρίου *Clostridium botulinum* (που είναι υπεύθυνο για την αλλαντίαση) στα προϊόντα κρέατος . Τα όρια χρήσης τους είναι αυστηρά ελεγχόμενα στα προϊόντα τροφίμων.

4) Το αλάτι δίνει μια ιδιαίτερα έντονη γεύση που μπορεί να είναι ανεπιθύμητη για πολλά προϊόντα.. 5) Τα πλέον προφανή είναι τα φρούτα σε μαρμελάδες και τα γλυκά κουταλιού. 6) Το νιτρώδες νάτριο (E250) χρησιμοποιείται κυρίως για συντήρηση προϊόντων κρέατος. 7) Το διοξείδιο του θείου (E220) χρησιμοποιείται για την συντήρηση φρούτων όπως φράουλες, βατόμουρα κ.λ.π καθώς και για αλκοολούχα ποτά. 8) Η προσθήκη χρωστικών ενισχύει το χρώμα που έχει χαθεί

κατά την επεξεργασία συντήρησης. 9) Η ξήρανση απομακρύνει το νερό που είναι απαραίτητο για την μικροβιακή ανάπτυξη.

Με την κατάψυξη τα μικρόβια βρίσκονται σε αρκετά χαμηλή θερμοκρασία ώστε να επιβραδύνουν και μερικές φορές να σταματήσουν εντελώς την μικροβιακή ανάπτυξη.

Είναι σημαντικό να θυμόμαστε ότι σε χαμηλές θερμοκρασίες δεν σκοτώνονται όλα τα μικρόβια και ότι οι φυσικές διεργασίες αποσύνθεσης θα αρχίσουν μόλις το τρόφιμο ζεσταθεί.

Στην κονσερβοποίηση το τρόφιμο ζεσταίνεται σε μια θερμοκρασία στην οποία σκοτώνονται τα μικρόβια. Οι κονσέρβες τότε σφραγίζονται ώστε να παρεμποδιστεί η είσοδος νέων μικροβίων.

Πληροφορίες για το «Ένα βήμα μπροστά...»

1) Ο Louis Pasteur ανέπτυξε την διαδικασία που φέρει το όνομά του, όταν τον προσέγγισαν οινοπαραγωγοί στην Γαλλία. Πολλοί παραγωγοί έβλεπαν το κρασί τους να γίνεται ξύδι και επομένως ανεπιθύμητο προϊόν. Η λύση στο πρόβλημα ήταν να ζεστάνουν το κρασί σε μια θερμοκρασία περίπου 60°C στην οποία σκοτώνονταν τα περισσότερα μικρόβια που ευθύνονταν για την αλλοίωση. Ο Pasteur έσωσε τη γαλλική βιομηχανία οίνου. Η διαδικασία παστερίωσης εφαρμόζεται στο γάλα. Η πιο κοινή μέθοδος είναι η θέρμανση του γάλακτος στους 72°C για όχι λιγότερο από 15 sec. Μετά τη θέρμανση το γάλα ψύχεται ταχύτητα. Η θέρμανση σκοτώνει τα περισσότερα μικρόβια αλλά δεν αλλάζει τη γεύση του γάλακτος. Το γάλα που θερμαίνεται σε αρκετά υψηλή θερμοκρασία ώστε να αποστειρωθεί, αποκτά μια γεύση που δεν είναι επιθυμητή στην πλειοψηφία των καταναλωτών.

2) Τα περισσότερα νοικοκυριά έχουν προμήθειες τροφίμων που συντηρούνται με μια ποικιλία μεθόδων. Πολλές πληροφορίες μπορούν να εξαχθούν σχετικά με τη συντήρηση αυτών των προϊόντων.

3) Οι τεχνητές γλυκαντικές ύλες δεν έχουν οσμωτική δράση και επομένως δεν έχουν τις συντηρητικές ιδιότητες της ζάχαρης. Ένα πείραμα που θα μπορούσαν να προτείνουν θα ήταν η μελέτη ανάπτυξης μούχλας σε διαλύματα ασπαρτάμης και διαλύματα ζάχαρης.

Δραστηριότητα 14 : «Φουσκώνει-φουσκώνει !», Μια πειραματική διερεύνηση της δράσης των διογκωτικών.

Δραστηριότητα 15 : Διερευνώντας τη δράση των γαλακτωματοποιητών, **Δραστηριότητα 16 :** «Είμαστε ό,τι τρώμε...» Επίσκεψη ειδικού στο σχολείο.

Δραστηριότητα 17: Παιχνίδι ρόλων : «Πρόσθετα τροφίμων- Μύθος και Πραγματικότητα»

Αξιολόγηση του προγράμματος-παρουσίαση αποτελεσμάτων

Η αξιολόγηση του προγράμματος και η παρουσίαση των αποτελεσμάτων προτείνεται να γίνει με ποικίλα εργαλεία και έργα των μαθητών όπως:

1) Παρουσίαση των αποτελεσμάτων της έρευνας κάθε ομάδας (βιβλιογραφική, δημοσκοπική κ.λ.π) **2)** Συμπλήρωση φύλλου τελικής αξιολόγησης, **3)** Συμπλήρωση δελτίου αυτοαξιολόγησης συνεργασίας στην ομάδα.

Ενδεικτικά έργα για τη διάχυση των αποτελεσμάτων του προγράμματος:

1. Δημιουργία έντυπου πληροφορικού υλικού που θα διανεμηθεί στο σχολείο, την οικογένεια, τη γειτονιά κ.λπ., **2.** Δημοσίευση άρθρου σχετικού με το θέμα στη σχολική εφημερίδα, **3.** Δημιουργία ιστοσελίδας, ή εμπλουτισμός της ιστοσελίδας του σχολείου με το υλικό του προγράμματος., **4.** Συνέντευξη σε τοπικό ραδιοφωνικό σταθμό

5. Θεατρικό δρώμενο σχετικά με την διατροφή που θα παρουσιαστεί στο σχολείο με την λήξη του έτους, **6.** Δημιουργία: « Η γωνιά της περιβαλλοντικής ομάδας του σχολείου», **7.** Κατασκευή της πυραμίδας της μεσογειακής διατροφής

8. Θερινή δραστηριότητα: Αναζήτηση παραδοσιακών συνταγών κατά τις καλοκαιρινές διακοπές.

Βιβλιογραφία

- 1) Βαφοπούλου-Μαστρογιαννάκη Α. (2003). «Βιοχημεία Τροφίμων», Εκδ. Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- 2) Βελέντζα-Μαρόνου Α., Γαβαλά Ε. (1999). «Αρχές και Τεχνικές Προετοιμασίας και Παρασκευής Τροφίμων», Τομέας υγείας και πρόνοιας, Ειδικότητα: Διατροφή-Διαιτολογία, Β τάξη ΤΕΕ, Ο.Ε.Δ.Β, Αθήνα.
- 3) Καραουλάνης, Γ., Δ. (1995). «Η χρήση των προσθέτων ουσιών στην τεχνολογία των τροφίμων», Art of Text, Θεσσαλονίκη.
- 4) Μπόσκου, Δ. (2004). «Χημεία Τροφίμων», Εκδ. Γαρταγάνη, Θεσσαλονίκη.
- 5) Ράπτη, Α. (2006) «Πρόταση Διδασκαλίας Βασικών εννοιών Χημείας στο Λύκειο μέσω των Τροφίμων», Ερευνητική Εργασία Διπλώματος Ειδίκευσης, Δι.Χη.Ν.Ε.Τ., Αθήνα.
- 6) Σκούλλος Μ. (2003). «Εξέλιξη εννοιών σχετικών με την Εκπαίδευση για το Περιβάλλον & την Αειφορία» Πρακτικά Επιμορφωτικού Σεμιναρίου «Μεθοδολογία για την εφαρμογή εκπαιδευτικών υλικών στην Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφορία», Χημικό Τμήμα, Πανεπιστήμιο Αθηνών, ΜΙΟ-ΕCSDE, Αθήνα.
- 8) Τρικαλίτη, Α. (2006-2007). «Περιβαλλοντική Εκπαίδευση – Θεωρία και Πράξη», Σημειώσεις Δι.Χη.Ν.Ε.Τ., Αθήνα.
- 7) Τρικαλίτη, Α., Παλαιοπούλου, Ρ. (2003). Πρακτικά Επιμορφωτικού Σεμιναρίου, «Μεθοδολογία για την εφαρμογή εκπαιδευτικών υλικών στην Εκπαίδευση για το Περιβάλλον και την Αειφορία», Χημικό Τμήμα, Πανεπιστήμιο Αθηνών, ΜΙΟ-ΕCSDE, Αθήνα, 2003.
- 8) Lawrence A. (1998). "Understanding Food Additives", Chemical Industry Education Center, University of York, Henslington, York.
- 9) Scoulllos, M., Malotidi, V., (2004). "Handbook on Methods used in Environmental Education and Education for Sustainable Development", MIO-ECSDE, Athens.
- 10) http://ec.europa.eu/food/fs/sc/scf/index_en.html
- 11) <http://www.efet.gr/prostheta.html>
- 12) <http://www.medies.net>
- 13) <http://kpe-vamou.chan.sch.gr/semep/>

Ιστορία και Φιλοσοφία της Χημείας



Αναζητώντας τη Χαμένη(;) Γοητεία της Χημείας

Μανώλης Γασπαράκης (PhD)

3^ο Γενικό Λύκειο Ρεθύμνου, Ρουσσοπίτι, 74100 Ρέθυμνο

eagasp@yahoo.gr

Περίληψη

Μία συστηματική επισκόπηση έγκυρων επιστημονικών περιοδικών τα οποία απευθύνονται στο ευρύ επιστημονικό κοινό, όπως Scientific American και New Scientist, αλλά και βιβλίων εκλαϊκευμένης επιστήμης (popular science) από αξιόπιστους εκδοτικούς οργανισμούς, δείχνει ότι η Χημεία υπολείπεται σημαντικά των άλλων επιστημών.

Αυτό το μειωμένο ενδιαφέρον για τη Χημεία οφείλεται στο γεγονός ότι η παρουσίαση, και κυρίως η διδασκαλία, της Χημείας αγνοεί ή υποβαθμίζει εκείνα ακριβώς τα στοιχεία που προκαλούν ενδιαφέρον και ασκούν γοητεία. Για παράδειγμα, η κβαντική θεωρία έρχεται σε σύγκρουση με αυτό που ονομάζουμε *“κοινή λογική”* και *“καθημερινή εμπειρία”* και είναι μία γοητευτική, αν και δύσκολα κατανοητή ακόμα και από επαγγελματίες, θεωρία.

Το πρότυπο διδασκαλίας της Χημείας επικεντρώνει την προσοχή του διδάσκοντα και των μαθητών στις πρακτικές εφαρμογές, αγνοώντας αυτό που ονομάζουμε *“γοητεία”* και *“ομορφιά”*. Αυτή η ομορφιά, την οποία ο Dirac θεωρούσε θεμελιώδες κριτήριο αποδοχής κάθε φυσικής θεωρίας, διαμορφώνεται και προσδιορίζεται από έννοιες μυστηριώδεις, αφηρημένες και μη αναγώγιμες στην διαίσθηση και στην καθημερινή εμπειρία. Φαίνεται ότι ακριβώς αυτές οι έννοιες αναδεικνύονται σε άλλες επιστήμες και θεωρίες, όπως είναι, για παράδειγμα, η θεωρία της εξέλιξης και η κβαντική θεωρία.

Έχουμε ανάγκη από ένα νέο πρότυπο διδασκαλίας το οποίο θα στηρίζεται στην ενότητα της γνώσης, στη ζωντάνια της σκέψης για νέες ιδέες, και κυρίως στη φαντασία, επειδή όπως υποστήριζε ο Planck *“οι νέες ιδέες δεν ξεπηδούν μέσα από την ικανότητα του νου για αριθμητικούς υπολογισμούς, αλλά μέσα από την καλλιτεχνικά δημιουργική φαντασία.”*

I. Η ενότητα της γνώσης

Σε όλες τις χώρες τα προγράμματα σπουδών έχουν πρακτικά εγκαταλείψει το ιδανικό της ενότητας της γνώσης που κληρονομήσαμε από την Αναγέννηση και τον Διαφωτισμό και τα ιδρύματα ανώτατης εκπαίδευσης είναι απλώς χώροι συνάθροισης ειδικών (Wilson, 1999(a)).

Επίσης, εξακολουθεί να υφίσταται ο διαχωρισμός της πνευματικής ζωής της δυτικής κοινωνίας σε δύο πολωμένες ομάδες, δηλαδή στους διανοούμενους των γραμμάτων (literary intellectuals) και στους

επιστήμονες (φυσικοί, μαθηματικοί, χημικοί κλπ.), και μεταξύ των δύο ομάδων υπάρχει εχθρότητα, αντιπάθεια και έλλειψη κατανόησης. Είναι ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε ότι τα τελευταία εκατό χρόνια η λέξη "διανοούμενος" αναφέρεται περισσότερο στην ομάδα των γραμμάτων (literary intellectuals) και λιγότερο στην ομάδα των επιστημόνων.

Όπως εύστοχα είχε παρατηρήσει ο G.H.Hardy (1887-1947), ηγετική μορφή στην ανάλυση και στη θεωρία αριθμών και εντυπωσιακή φυσιογνωμία του Cambridge, στον C.P.Snow:

«Έχεις προσέξει πώς χρησιμοποιείται σήμερα η λέξη "διανοούμενος"; Σαν να έχει υπάρξει ένας νέος ορισμός, που μάλλον αποκλείει τον Rutherford, τον Dirac, τον Adrian ή εμένα. Κάπως περίεργο μου φαίνεται.» (Snow, 1995).

Όμως, ας δούμε την ενότητα της γνώσης στην ομάδα των επιστημόνων, δηλαδή αν ένας επιστήμονας ενδιαφέρεται να αποκτήσει βασικές γνώσεις άλλων επιστημών.

Αν λάβουμε υπόψη ότι διεθνώς κυκλοφορούν έγκυρα επιστημονικά περιοδικά τα οποία απευθύνονται στο ευρύ επιστημονικό κοινό (π.χ. Scientific American, New Scientist) και ότι η έκδοση βιβλίων Εκλαϊκευμένης Επιστήμης (Popular Science) από έγκυρους διεθνείς εκδοτικούς οργανισμούς (Oxford University Press, Scientific American Library, Penguin Books, κλπ.) βρίσκει σημαντική απήχηση, τότε μπορούμε να ισχυριστούμε ότι αρκετοί επιστήμονες ενδιαφέρονται να αποκτήσουν ευρύτερες επιστημονικές γνώσεις.

Βέβαια, δεν πρέπει να λησμονούμε ότι:

«Το μεγαλύτερο εγχείρημα του νου ήταν και θα είναι πάντα η επιχειρούμενη σύνδεση των θετικών επιστημών με τις ανθρωπιστικές σπουδές. Η συνεχιζόμενη κατάρτιση της γνώσης και το συνακόλουθο χάος στη φιλοσοφία δεν είναι αντανakλάσεις του πραγματικού κόσμου, αλλά των τεχνημάτων της ευρυμάθειας. Οι αντικειμενικές αποδείξεις, κυρίως από τις φυσικές επιστήμες, ευνοούν όλο και περισσότερο τις προτάσεις του αυθεντικού Διαφωτισμού.» (Wilson, 1999(β)).

II. Ενδιαφέρεται ο σύγχρονος εγγράμματος πολίτης για τη Χημεία;

Ακόμα και μία πρόχειρη ανάγνωση των έγκυρων επιστημονικών περιοδικών Scientific American και New Scientist τα οποία απευθύνονται στο ευρύ επιστημονικό κοινό, δημιουργεί την εντύπωση ότι η Χημεία υπολείπεται σημαντικά των άλλων επιστημών.

Όμως, μία συστηματική επισκόπηση των παραπάνω περιοδικών μετατρέπει την απλή εντύπωση σε τεκμηριωμένο συμπέρασμα (Πίνακες 1,2) και, βέβαια, δημιουργεί προβληματισμό και ανησυχία (;)...

Πίνακας 1.
Ποσοστά (%) άρθρων (articles) και σύντομων νέων (news scan) στο περιοδικό Scientific American (αγγλόφωνη έκδοση)

	Χημεία Βιοχημεία	Φυσική	Βιολογία Ιατρική Βιοτεχνολογία	Μαθηματικά	Επιστήμη Υπολογιστών	Ανθρωπιστικές Επιστήμες	Γενικά Θέματα
2005	1,9 (-)	10,1 (15,1)	30,8 (38,4)	- (-)	3,8 (12,8)	5 (5,8)	48,4 (27,9)
2006	3,6 (2,4)	15,6 (9,3)	24 (29)	- (2,3)	1,2 (8,2)	6 (3,5)	49,6 (45,3)

- (i) Οι αριθμοί σε παρένθεση αναφέρονται στα σύντομα νέα (news scan).
(ii) Ο όρος "Ανθρωπιστικές Επιστήμες" αναφέρεται στην Ψυχολογία, Κοινωνιολογία, Γλωσσολογία, Αρχαιολογία, κ.λπ.
(iii) Ο όρος "Γενικά Θέματα" αναφέρεται σε επιστημονικούς κλάδους, όπως: Ανθρωπολογία, Μετεωρολογία, Γεωλογία, Επιστήμη Υλικών, Οικονομία, Οικολογία, κ.λπ.

Πίνακας 2.
Ποσοστά (%) άρθρων (features) στο περιοδικό New Scientist

	Χημεία Βιοχημεία	Φυσική	Βιολογία Ιατρική Βιοτεχνολογία	Μαθηματικά	Επιστήμη Υπολογιστών	Ανθρωπιστικές Επιστήμες	Γενικά Θέματα
2002	3,4	10	20	2,2	4,4	2,2	57,8
2003	1	11,5	32,3	-	2,1	10,4	42,7

- (i) Η επισκόπηση αφορά 20 τυχαία επιλεγμένα τεύχη για κάθε έτος (2002, 2003).
(ii) Ο όρος "Ανθρωπιστικές Επιστήμες" αναφέρεται στην Ψυχολογία, Κοινωνιολογία, Γλωσσολογία, Αρχαιολογία, κ.λπ.
(iii) Ο όρος "Γενικά Θέματα" αναφέρεται σε επιστημονικούς κλάδους, όπως: Ανθρωπολογία, Μετεωρολογία, Γεωλογία, Επιστήμη Υλικών, Οικονομία, Οικολογία, κ.λπ.

Σε μία ενδιαφέρουσα παρουσίαση σημαντικών σταθμών της επιστήμης (Lightman, 2005), η συμμετοχή της Χημείας είναι ξανά πολύ μικρή και η κατανομή των ποσοστών είναι: Φυσική 45,6 %, Χημεία 9 %, Ιατρική-Βιολογία 31,8 %, Κοσμολογία-Αστροφυσική 13,6 %.

Διαβάζοντας τα 34 κεφάλαια στις περίπου 1100 σελίδες του βιβλίου του Roger Penrose με τον χαρακτηριστικό τίτλο *The Road to Reality: A Complete Guide to the Laws of the Universe* (Alfred A.Knopf, New York 2006), παρατηρούμε ότι δεν υπάρχει ούτε ένα κεφάλαιο αφιερωμένο στη Χημεία! Άραγε, αυτό σημαίνει ότι ένας διανοητής όπως ο Penrose αγνοεί ή υποβαθμίζει τη σημασία της Χημείας στην ερμηνεία του κόσμου;

Η επισκόπηση τίτλων βιβλίων Εκλαϊκευμένης Επιστήμης (ο όρος εκλαϊκευμένη επιστήμη είναι μάλλον παραπλανητικός ως προς το «εκλαϊκευμένη») στους καταλόγους ελληνικών και ξένων εκδοτικών οργανισμών, όπως και το ενδιαφέρον των μαθητών (όχι μόνο στην Ελλάδα) για σπουδές Χημείας, οδηγούν στο ίδιο συμπέρασμα: η Χημεία βρίσκεται στο περιθώριο σε σύγκριση με άλλους επιστημονικούς κλάδους.

Για παράδειγμα, στον κατάλογο του 2007 της ιστοσελίδας των εκδόσεων Κάτοπτρο η θέση της Χημείας φαίνεται στον Πίνακα 3.

(Σε κάθε στήλη αναφέρεται ο αριθμός τίτλων των βιβλίων της αντίστοιχης κατηγορίας και ο αριθμός σε παρένθεση δείχνει το % ποσοστό τίτλων για κάθε κατηγορία στο σύνολο των τίτλων: Χημεία και Ζωή, Φυσική και Κοσμολογία, Μαθηματικά, και Βιολογία και Εξέλιξη.)

Πίνακας 3. Αριθμοί και % ποσοστά τίτλων βιβλίων των εκδόσεων Κάτοπτρο (2007)

Χημεία και Ζωή	Φυσική και Κοσμολογία	Μαθηματικά	Βιολογία και Εξέλιξη	Ιστορία και Φιλοσοφία της Επιστήμης
7 (4,3)	73 (44,5)	38 (23,2)	46 (28)	43, από τους οποίους 2 (ποσοστό 4,7 %) αναφέρονται στη Χημεία.

Άραγε, το μειωμένο ενδιαφέρον για τη Χημεία οφείλεται σε εγγενείς παράγοντες, δηλαδή σε παράγοντες που αφορούν την ίδια τη Χημεία ως επιστήμη, σε οικονομικές και κοινωνικές συγκυρίες ή στον τρόπο διδασκαλίας του μαθήματος; Βέβαια, είναι μάλλον απίθανο η κρίση που περνά η Χημεία να οφείλεται μόνο σε εγγενείς ή μόνο σε εξωγενείς παράγοντες και οι σκέψεις που ακολουθούν θα πρέπει να θεωρηθούν κυρίως ως ένας "εσωτερικός μονόλογος" του γράφοντα, για να θυμηθούμε το αριστούργημα του Eduard Dujardin *Έδρεψε δάφνες*, που ήταν η πηγή έμπνευσης για τον James Joyce στη συγγραφή του *Οδυσσέα*. Ας προσπαθήσουμε, λοιπόν, να εντοπίσουμε τις αιτίες για τη χαμένη(;) γοητεία της Χημείας, αποφεύγοντας τα συντεχνιακά λιβανίσματα περί "*κορωνίδας των επιστημών*" και έχοντας κατά νου τα λόγια του Dujardin τα οποία δεν αφορούν μόνο την τέχνη αλλά και τη διδασκαλία:

«Η τέχνη δεν είναι για διασκέδαση μετά το δείπνο. Πολύ περισσότερο, δεν είναι ούτε δύσκολη ακροβασία για δεξιότητες αλλά ούτε και φθηνή διασκέδαση για ερασιτέχνες... Η βασική αποστολή της τέχνης, σε πρώτο στάδιο, είναι να απελευθερώσει τους ανθρώπους από τη δουλεία του εγωισμού και του συμφέροντος...» (Ντυζαρντέν, 2001).

III. Η κατανόηση της Φύσης και η γοητεία του μυστηριώδους

Είναι μάλλον αφέλεια να υποστηρίξει κάποιος ότι η Χημεία δεν συμμετέχει στην προσπάθεια του ανθρώπου για την κατανόηση των νόμων της φύσης. Επίσης, ας μη συζητήσουμε την αυτονόητη, εμφανή και σημαντική συμμετοχή της Χημείας στη ζωή του σύγχρονου ανθρώπου.

Όμως, δεν πρέπει να αγνοήσουμε το ερώτημα που αφορά τη θέση της Χημείας στη σύγχρονη γενική επιστημονική βιβλιογραφία, δηλαδή στα ενδιαφέροντα του σύγχρονου εγγράμματος πολίτη: Γιατί παρατηρείται χαμηλό ποσοστό συμμετοχής της Χημείας στη γενική επιστημονική βιβλιογραφία η οποία απευθύνεται στον σύγχρονο εγγράμματο πολίτη; Στη θέση του παραπάνω γενικού ερωτήματος μπορούμε να θέσουμε μερικά πιο συγκεκριμένα επιμέρους ερωτήματα:

α) Γιατί ο εγγράμματος πολίτης δείχνει μεγαλύτερο ενδιαφέρον για την κβαντική θεωρία ή τη θεωρία εξέλιξης των ειδών, παρά για τη θεωρία συνδυασμού των ατόμων του Dalton;

β) Γιατί στη σύγχρονη βιβλιογραφία εκλαϊκευμένης επιστήμης συναντούμε πολύ μεγαλύτερο ποσοστό τίτλων φυσικής ή μαθηματικών παρά χημείας; (Πίνακες 1, 2, 3)

γ) Τα υψηλά ποσοστά (Πίνακες 1, 2, 3), σε σύγκριση με τη Χημεία, άλλων επιστημονικών κλάδων (Φυσική, Μαθηματικά, Βιολογία κλπ.) αναφέρονται στο σύνολο κάθε επιστημονικού κλάδου ή σε συγκεκριμένους τομείς;

δ) Υπάρχουν εγγενή στοιχεία σε συγκεκριμένους τομείς κάθε επιστημονικού κλάδου τα οποία τους προσδίδουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον και γοητεία;

Νομίζω ότι αυτό που παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και ασκεί μία ακαταμάχητη γοητεία σε κάθε άνθρωπο είναι η προσπάθεια ερμηνείας του κόσμου και του νοήματος της ανθρώπινης ύπαρξης σ' αυτόν τον κόσμο. Όμως, σ' αυτή την προσπάθεια συχνά συναντούμε και χρησιμοποιούμε έννοιες μυστηριώδεις, αφηρημένες και μη αναγώγιμες στη διαίσθηση και την καθημερινή εμπειρία. Φαίνεται, λοιπόν, ότι αυτές οι έννοιες οι οποίες δεν ανάγονται στην ανθρώπινη διαίσθηση και έρχονται σε σύγκρουση με αυτό που ονομάζουμε "*κοινή λογική*" ή "*καθημερινή εμπειρία*", ασκούν μία ιδιαίτερη γοητεία.

Το μυστηριώδες και η σύγκρουση με την κοινή λογική συχνά παρατηρούνται σε ορισμένους τομείς ή έννοιες ενός επιστημονικού κλάδου. Για παράδειγμα, στη Φυσική το μυστηριώδες είναι διάχυτο στην κβαντική θεωρία, αλλά όχι στη μηχανική. Βέβαια, θα πρέπει να σημειώσουμε ότι τα μηχανικά φαινόμενα αν και επηρεάζουν άμεσα τις αισθήσεις και ανήκουν στην καθημερινή εμπειρία μας, δεν στερούνται μυστηρίου για το οποίο, όμως, δεν προβληματιζόμαστε ακριβώς λόγω της καθημερινής εμπειρίας. Σε μία περίφημη επιστολή του προς τον Richard Bentley, κοσμήτορα του Trinity College του Cambridge, ο Newton θεωρούσε "*μεγάλο παραλογισμό*" τη δράση της βαρύτητας από απόσταση και χωρίς τα σώματα να έρχονται σε επαφή, και πως "*κανένας άνθρωπος που στα φιλοσοφικά θέματα έχει αναπτύξει μία επαρκή ικανότητα σκέψης, μπορεί να δεχτεί αυτή την παράλογη δράση.*"

Στα Μαθηματικά γοητευόμαστε από τη μελέτη του απείρου αλλά όχι από τη λύση πρωτοβάθμιων εξισώσεων. Στη Βιολογία η θεωρία της εξέλιξης του ανθρώπινου είδους είναι γοητευτική και υπάρχει μεγάλος αριθμός τίτλων βιβλίων εκλαϊκευμένης επιστήμης, ενώ η φωτοσύνθεση δεν ενδιαφέρει ιδιαίτερα τον εγγράμματο πολίτη.

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι αυτό που ονομάζουμε "*γοητεία*" ή "*ομορφιά*" δεν ανήκει στα φυσικά μεγέθη, άρα δεν προσδιορίζεται με αυστηρό τρόπο και συνεπώς δεν είναι μετρήσιμο.

Όμως, αυτό δεν σημαίνει ότι η ομορφιά δεν ενδιαφέρει την επιστήμη ή τουλάχιστον ηγετικές μορφές της επιστήμης. Για παράδειγμα, ο Paul Dirac (βραβείο Nobel Φυσικής 1933, μαζί με τον E.Schrödinger, και ένας από τους σημαντικότερους επιστήμονες του 20^{ου} αιώνα) πίστευε ότι η ομορφιά είναι θεμελιώδες κριτήριο για την αποδοχή μίας φυσικής θεωρίας ή μίας μαθηματικής εξίσωσης. Ο θεωρητικός φυσικός Freeman Dyson αναφέρει μία ενδιαφέρουσα ιστορία γι' αυτή την άποψη του Dirac (Dyson, 1993).

Το 1950, ο Dirac βρέθηκε στο Princeton όπου οι Feynman, Schwinger είχαν αναπτύξει την Κβαντική Ηλεκτροδυναμική (QED) για την οποία

τιμήθηκαν, μαζί με τον Tomonaga, με το βραβείο Nobel Φυσικής 1965. Η θεωρία της κβαντικής ηλεκτροδυναμικής στηρίζεται στην κβαντική θεωρία ακτινοβολίας του Dirac, η οποία διατυπώθηκε το 1927, στην οποία προστέθηκαν νέες μαθηματικές τεχνικές και υπολογισμοί, με αποτέλεσμα η θεωρία να βρίσκεται σε πλήρη συμφωνία με το πείραμα. Ο Dyson ήταν ενθουσιασμένος με τα αποτελέσματα της κβαντικής ηλεκτροδυναμικής τα οποία επιβεβαίωναν πλήρως τη θεωρία του Dirac, και περίμενε ότι και ο Dirac θα ήταν εξίσου ενθουσιασμένος. Έτσι, λοιπόν, ο Dyson πλησίασε απερίσκεπτα, όπως ο ίδιος ομολογεί, τον Dirac και τον ρώτησε: *"Λοιπόν, Καθηγητά Dirac, τι νομίζετε γι' αυτές τις νέες εξελίξεις στην κβαντική ηλεκτροδυναμική;"* Η απάντηση του Dirac ήταν: *"Θα θεωρούσα αυτές τις νέες ιδέες σωστές αν δεν ήταν τόσο άσχημες."*!

Ο Dirac θεωρούσε την κβαντική ηλεκτροδυναμική ως την πλέον άσχημη θεωρία της φυσικής, αν και οι προβλέψεις της θεωρίας συμφωνούσαν με το πείραμα σε επίπεδο δέκατου δεκαδικού ψηφίου! Ο Dirac ήταν τόσο απόλυτος στο θέμα της ομορφιάς, όπως και ο Einstein, ώστε να υποστηρίζει ότι μία εξίσωση είναι περισσότερο σημαντικό να είναι όμορφη παρά να συμφωνεί με το πείραμα, και αν μία όμορφη εξίσωση δεν συμφωνεί με τα πειραματικά δεδομένα, τότε φταίει το πείραμα και όχι η εξίσωση! (Barrow, 2000).

Ανάλογη ήταν η άποψη του μεγάλου Γερμανού μαθηματικού Hermann Weyl (1885-1955), ο οποίος έλεγε: *"Με την εργασία μου προσπαθώ να ενοποιήσω την αλήθεια με το ωραίο. Όταν, όμως, πρέπει να διαλέξω ή το ένα ή το άλλο, συνήθως επιλέγω το ωραίο."*

Ο S.Chandrasekhar (Βραβείο Nobel Φυσικής 1983) θεωρεί πολύ σημαντική τη σχέση ομορφιάς και αλήθειας, και υποστηρίζει ότι η θεωρία της γενικής σχετικότητας του Einstein έχει μία αισθητική βάση επειδή μ' έναν θαυμαστό τρόπο αποδεικνύεται συμβατή με άλλους νόμους της φύσης οι οποίοι, όμως, δεν συμμετέχουν στη διαμόρφωση και διατύπωση της θεωρίας της γενικής σχετικότητας (Chandrasekhar, 1987).

Άραγε, η Χημεία δεν διαθέτει στοιχεία γοητείας και μυστηρίου ή μήπως ο τρόπος διδασκαλίας του μαθήματος δεν καταφέρνει να αναδείξει αυτά τα στοιχεία τα οποία αναδεικνύονται στις άλλες επιστήμες;

IV. Η σημασία της διδασκαλίας

Δεν υπάρχει αμφιβολία ότι στη διδασκαλία της Χημείας δεν πρέπει να απουσιάζει το πείραμα, ότι η αναφορά στην καθημερινή ζωή και στις εφαρμογές της Χημείας βοηθούν στην κατανόηση του μαθήματος, και ότι ο προσεκτικός σχεδιασμός αναλυτικών προγραμμάτων, βιβλίων και εκπαίδευσης αυτών που διδάσκουν το μάθημα έχουν μεγάλη σημασία για τη χημική εκπαίδευση. Όμως, φαίνεται ότι δεν είναι αρκετά όλα αυτά. Είμαστε υποχρεωμένοι να αναρωτηθούμε για το μειωμένο

ενδιαφέρον που παρουσιάζει διεθνώς η Χημεία και να προτείνουμε πιθανές αιτίες και λύσεις. Η άποψη ότι στη Χημεία, και γενικά στις φυσικές επιστήμες, όλα ξεκινούν και όλα τελειώνουν με την παρατήρηση και το πείραμα, δημιουργεί μία εικόνα η οποία δεν ανταποκρίνεται σ' αυτό που ονομάζουμε επιστήμη.

Αξίζει να αναφέρουμε τις απόψεις δύο μεγάλων διανοητών για τη σημασία της σκέψης.

Όταν ερωτήθηκε ο Newton πώς ανακάλυψε τον νόμο της παγκόσμιας έλξης, απάντησε: *"Με την επίμονη σκέψη."* (Westfall, 1999). Ο David Bohm (1930-1992), ηγετική μορφή στην κβαντική φυσική, σε μία ραδιοφωνική συνέντευξή του στο Τρίτο Πρόγραμμα του BBC, είχε πει: *"Αν θα εγκύψετε στην ιστορία, στην ελληνική αρχαιότητα, η θετική επιστήμη διατυπώνει ως επί το πλείστον καθαρές υποθέσεις. Μετά οι άνθρωποι τη διόρθωσαν εισάγοντας τα πειράματα. Τώρα, εμείς ακολουθούμε τον άλλο δρόμο λέγοντας πως τα πειράματα είναι το μόνο πράγμα που υπάρχει. Φτάσαμε έτσι πραγματικά στο άλλο άκρο. Είναι σίγουρο πως η επιστήμη περιλαμβάνει αρκετά πράγματα. Περιλαμβάνει τη σύλληψη ιδεών, κι αυτή προηγείται του πειράματος."*

Αν απομακρύνετε τη φιλοσοφία, σε τελευταία ανάλυση απομακρύνετε κι αυτά τα πράγματα. Η μοναδική σύλληψη ιδεών που υπάρχει σήμερα είναι μέσα από τα μαθηματικά..." (Davies και Brown, 1997).

Πιστεύω ότι εμείς που διδάσκουμε Χημεία δεν πρέπει να περιοριζόμαστε στις πρακτικές εφαρμογές και σε εντυπωσιακά ή πληκτικά πειράματα, αλλά θα πρέπει να αναζητήσουμε και να βρούμε εκείνα τα στοιχεία αφαίρεσης, μυστηρίου και ομορφιάς που υπάρχουν στη Χημεία και στη συνέχεια να τα αποκαλύψουμε στους μαθητές.

Σ' αυτή την προσπάθεια χρειαζόμαστε την ενότητα της γνώσης, μια ζωντάνια στη σκέψη για νέες ιδέες και κυρίως φαντασία (αχαλίνωτη, όπως υποστήριζε ο Feynman) *"διότι οι νέες ιδέες δεν ξεπηδούν μέσα από την ικανότητα του νου για αριθμητικούς υπολογισμούς, αλλά μέσα από την καλλιτεχνικά δημιουργική φαντασία."* (Planck, 1998).

V. Αντί για επίλογο

Ο Oscar Wilde σ'έναν διάλογο μεταξύ του Λόρδου Darlington και της Λαίδης Windermere στο θεατρικό έργο του *Η βεντάλια της Λαίδης Windermere* (1892), γράφει:

Είναι παράλογος ο διαχωρισμός των ανθρώπων σε καλούς και κακούς. Οι άνθρωποι είναι γοητευτικοί ή βαρετοί.

Παραφράζοντας τον αφορισμό του Wilde, θα μπορούσαμε να πούμε:

Είναι παράλογος ο διαχωρισμός της διδασκαλίας σε καλή και κακή. Η διδασκαλία είναι γοητευτική ή βαρετή.

VI. Βιβλιογραφία

1. Barrow, J.D. (2000). *The Universe that Discovered Itself*. Oxford University Press, pp. 388-392 .
2. Chandrasekhar, S. (1987). *Truth and Beauty: Aesthetics and Motivation in Science*. The University of Chicago Press.
3. Davies, P.C. και Brown, J.R. (1997). *Το Φάντασμα στο Άτομο*. Εκδόσεις Λέξημα (Μετάφραση Δ.Μπονάτσου), σελ. 144.
4. Dyson, F. (1993). *From Eros to Gaia*. Penguin Books, pp. 305-306.
5. Lightman, A. (2005). *The Discoveries: Great Breakthroughs in 20th - Century Science*. Vintage Books.
6. Ντυζαρντέν, Ε. (2001). *Έδρεψε δάφνες*. Εκδόσεις Νησίδες (Μετάφραση Μ.Αρβανίτη), σελ. 92.
7. Planck, M. (1998). *Νόημα και Όρια της Θετικής Επιστήμης*. University Studio Press (Μετάφραση Ι.Ν.Μαρκόπουλου), σελ. 33.
8. Snow, C.P., (1995). *Οι δύο κουλτούρες*. Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα (Μετάφραση Μ.Τζιαντζή), σελ. 87-88.
9. Westfall, R. (1999). *Η ζωή του Ισαάκ Νεύτωνα*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης (Μετάφραση Δ.Γιαννίμα), σελ. 66.
10. Wilson, E.O., (1999(α)). *Σύναλμα: Η Ενότητα της Γνώσης*. Εκδόσεις Σύναλμα (Μετάφραση Σ.Σφενδουράκη), σελ. 30, 69.
11. Wilson, E.O., (1999(β)). *Σύναλμα: Η Ενότητα της Γνώσης*. Εκδόσεις Σύναλμα (Μετάφραση Σ.Σφενδουράκη), σελ. 23.

« Ο ρεαλισμός του Albert Einstein – Είχε συγκεκριμένη θεωρία για τη γνώση; »

Κωνσταντίνα Στεφανίδου,
ΕΚΠΑ, ΠΤΔΕ, Εργαστήριο Επιστημολογίας, Γεννηματά 24 Βύρωνας, dubhe@hol.gr,
Μεταπτυχιακή φοιτήτρια, Φυσικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

Περίληψη

Η επιστημολογική ταυτότητα του Albert Einstein αποτελεί ένα μωσαϊκό από διαφορετικά φιλοσοφικά ρεύματα. Ο μεγάλος επιστήμονας είχε την ικανότητα να κινείται από τον επιστημονικό ρεαλισμό και θετικισμό μέχρι τον ιδεαλισμό.

Η φιλοσοφία του Einstein γεννήθηκε σχεδόν μαζί με τον ίδιο τον Einstein και ζυμώθηκε μέσα στο πολύ ζωηρό κοινωνικοπολιτικό περιβάλλον της Ζυρίχης του 1900. Πηγή των φιλοσοφικών αναζητήσεων του Einstein αποτελούσε η ίδια η επιστήμη, δηλαδή τα επιστημονικά του ερωτήματα. Εμπνεύστηκε από μεγάλους φιλόσοφους όπως ο Kant, ο Mill, ο Poincare, ο Dume και ο Mach, προκειμένου να σχηματίσει τη δική του γνωσιοθεωρία. Δίκαια ο Einstein θεωρείται ως η κορυφαία μορφή του σύγχρονου επιστημονικού ρεαλισμού, και ειδικά ο αρχηγός της ρεαλιστικής ερμηνείας της κβαντικής μηχανικής. Ειδικότερα, οι σχετικιστικές έννοιες του χώρου και του χρόνου, πειραματικά επιβεβαιωμένες, αναιρούν τόσο τον πλατωνικό ιδεαλισμό όσο και την καντιανή αντίληψη για το χώρο και το χρόνο ως προεμπειρικές μορφές της εποπτείας.

1. Εισαγωγή

Ο Albert Einstein (1879-1955) είναι γνωστός ως ένας από τους πιο επιφανείς επιστήμονες του εικοστού αιώνα. Η συμβολή του στη διαμόρφωση της φιλοσοφίας της επιστήμης του εικοστού αιώνα είναι πολύ μεγάλη αν και είναι λιγότερο γνωστή. Η γνωσιοθεωρία του Einstein είναι μια αυθεντική σύνθεση από στοιχεία διαφορετικά μεταξύ τους. Ο μεγάλος επιστήμονας δέχθηκε επιρροές από τον νέο-Καντιανισμό, τον κομφορμισμό του Poincare και το λογικό θετικισμό. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό της στάσης του είναι το ασυνήθιστο «ανακάτεμα» του ρεαλισμού με μια ολιστική μορφή κομφορμισμού. Είναι αξιόλογος ο τρόπος με τον οποίο τα εκάστοτε επιστημονικά προβλήματα και αδιέξοδα του Einstein έδιναν τροφή στη φιλοσοφική του σκέψη.

2. Η άποψη του Einstein για τη σημασία της επιστημολογίας στην πορεία του επιστήμονα

Ο Einstein πίστευε στην αξία της ιστορίας, της μεθοδολογίας και της φιλοσοφίας της επιστήμης. Αυτό φαίνεται από την απάντηση που

έδωσε στον Robert Thornton, νεαρό καθηγητή φυσικής στο Πανεπιστήμιο του Puerto Rico, όταν ο τελευταίος του ζήτησε λίγη υποστήριξη προκειμένου να εισάγει φιλοσοφικές έννοιες στο μάθημα που επρόκειτο να διδάξει (Howard, 2004):

«Συμφωνώ απόλυτα μαζί σου σχετικά με τη σημασία και την εκπαιδευτική αξία της μεθοδολογίας, της ιστορίας και της φιλοσοφίας της επιστήμης. Υπάρχουν πολλοί άνθρωποι - ακόμα και επαγγελματίες ερευνητές- που μου φαίνονται σαν κάποιο που έχει δει εκατοντάδες δέντρα αλλά δεν έχει δει ποτέ ένα δάσος. Η γνώση του ιστορικού και φιλοσοφικού υποβάθρου δίνει ανεξαρτησία από τις προκαταλήψεις που βασανίζουν πολλούς επιστήμονες. Η ανεξαρτησία αυτή, που αποκτιέται από τη φιλοσοφική διορατικότητα είναι το σημείο στο οποίο διαφέρουν ένας τεχνίτης ή ειδικός από έναν πραγματικό ερευνητή». (EA 61-574)
Επιπλέον ενδείξεις για το διαρκές ενδιαφέρον του Einstein για τη γνωσιοθεωρία, πηγάζουν από τις μαρτυρίες του Jean Piaget (1928) σύμφωνα με τις οποίες ο Einstein του πρότεινε ότι «θα ήταν ενδιαφέρον να μελετήσεις στα παιδιά την προέλευση της έννοιας του χρόνου και πιο συγκεκριμένα της έννοιας του ταυτόχρονου» (Piaget, 1970).

Για δεκαετίες ο Einstein υποστήριζε με τον ένα ή τον άλλο τρόπο την αξία της ιστορίας και της φιλοσοφίας της επιστήμης. Το πρώτο δημοσιευμένο δοκίμιο στο οποίο ο Einstein κάνει λόγο για τη φιλοσοφία ήταν το 1916, στον επικήδειο λόγο του για τον Mach, από τον οποίο ο Einstein είχε ως ένα βαθμό επηρεαστεί:

«Πως γίνεται ένας προικισμένος επιστήμονας να ασχολείται με την επιστημολογία; Μήπως δεν υπάρχει άλλη αξιολογική δουλειά να κάνει στο αντικείμενό του; Τις ερωτήσεις αυτές τις ακούω από πολλούς συνάδερφους μου και το αισθάνομαι από πολύ περισσότερους. Εγώ όμως καθόλου δεν συμμερίζομαι αυτή την άποψη. Όταν σκέφτομαι τους πιο ικανούς φοιτητές που συνάντησα στις διδασκαλίες μου, εννοώντας αυτούς που έχουν ανεξαρτησία κρίσης, μπορώ να σας διαβεβαιώσω ότι είχαν έντονο ενδιαφέρον στην επιστημολογία. Αυτοί οι άνθρωποι χαρούμενοι ξεκινούσαν κουβέντα για το σκοπό και τη μεθοδολογία της επιστήμης, και έδειχναν με την επιμονή τους έτοιμοι να υπερασπιστούν τις απόψεις τους...» (Einstein, 1916).

Πως όμως το φιλοσοφικό υπόβαθρο του μυαλού εφοδιάζει τον επιστήμονα με «ανεξαρτησία κρίσης;» Ο ίδιος ο Einstein εξηγεί:

«Οι έννοιες που αποδείχθηκαν χρήσιμες στο να βάζουν τα πράγματα σε τάξη αποκτούν εύκολα τέτοια εξουσία πάνω μας, που εμείς ξεχνάμε την αρχική τους προέλευση και τις δεχόμαστε ως αναλλοίωτα δεδομένα. Έτσι χαρακτηρίζονται ως «αναγκαιότητες της σκέψης», «a priori δεδομένα» κλπ. Ο δρόμος για την επιστημονική εξέλιξη συχνά γίνεται δύσβατος όταν γίνονται τέτοια λάθη. Γι αυτό το λόγο, είναι ένα άσκοπο παιχνίδι αν εμείς εξασκηθούμε στο να αναλύουμε τις

κοινότοπες ιδέες και στο να δείχνουμε τις περιστάσεις από τις οποίες εξαρτάται η δικαίωση και η χρησιμότητά τους, δηλαδή τις συνθήκες κάτω από τις οποίες προέκυψαν οι ιδέες αυτές από την εμπειρία». (Einstein, 1916).

Η θέση της φιλοσοφίας στην επιστήμη είναι ένα θέμα που απασχολούσε συνεχώς τον Einstein. Τι είδους φιλοσοφία περιμένουμε από έναν επιστήμονα-φιλόσοφο; Κάτι που σίγουρα δεν πρέπει να περιμένουμε από τον επιστήμονα, που κάνει μια φιλοσοφική στροφή μόνο και μόνο για να βοηθηθεί να λύσει κάποια θεμελιώδη φυσικά προβλήματα, είναι η συστηματική φιλοσοφία. Ο Einstein στο «Reply to criticisms» απαντά:

«Η αμοιβαία σχέση επιστημολογίας και επιστήμης είναι αξιοσημείωτη. Εξαρτώνται η μια από την άλλη. Η επιστημολογία χωρίς το περιεχόμενο της επιστήμης είναι ένα άδειο πλαίσιο. Η επιστήμη χωρίς την επιστημολογία είναι μπερδεμένη και πρωτόγονη... Ο επιστήμονας ωστόσο, δεν έχει την πολυτέλεια να προχωρήσει τόσο μακριά τις προσπάθειές του για επιστημολογική συστηματική ανάλυση. Δέχεται με ευγνωμοσύνη την επιστημολογική εννοιολογική ανάλυση, αλλά οι εξωτερικές συνθήκες, που ορίζονται για αυτόν από τα γεγονότα της εμπειρίας, δεν επιτρέπουν στον ίδιο να περιορίζεται στην κατασκευή του εννοιολογικού του κόσμου μέσω της προσκόλλησής του σε ένα επιστημολογικό σύστημα. Αυτός πρέπει να φαίνεται, επομένως στο συστηματικό επιστημολόγο σαν ένα είδος ασυνείδητου καιροσκόπου. Παρουσιάζεται ως ρεαλιστής στο βαθμό που επιδιώκει να περιγράψει ένα κόσμο ανεξάρτητο από τις δράσεις της αντίληψης και παρουσιάζεται ως ιδεαλιστής στο βαθμό που αντικρίζει τις έννοιες και τις θεωρίες ως ελεύθερες επινοήσεις του ανθρώπινου πνεύματος (χωρίς αυτές να απορρέουν λογικά από αυτό που είναι εμπειρικά δεδομένο) και ως θετικιστής στο βαθμό που θεωρεί ότι οι έννοιες και οι θεωρίες αιτιολογούνται μόνο στο βαθμό που παρέχουν μια λογική αναπαράσταση των σχέσεων ανάμεσα σε αισθητηριακές εμπειρίες. Μπορεί ακόμα να παρουσιαστεί και ως ιδεαλιστής ή πλατωνικός στο βαθμό που θεωρεί το ιδεώδες της λογικής απλότητας ως ένα απαραίτητο και αποτελεσματικό στοιχείο για την έρευνά του.» (Einstein, 1949).

Περαιτέρω ενδείξεις για τη σημασία που έπαιζε η φιλοσοφία στη σκέψη του Einstein είναι το ότι συχνά άρχιζε ένα δοκίμιο του, στη φυσική ή στη φιλοσοφία της φυσικής, όχι με μια παρουσίαση φυσικής ή επιστημολογίας, αλλά με μια ανάλυση του πως δομήθηκε η προεπιστημονική γνώση. Για παράδειγμα, ξεκινά την παρουσίαση του για «Το νόημα της σχετικότητας» (Einstein, 1921) έτσι:

«Η θεωρία της σχετικότητας συνδέεται στενά με τη θεωρία για το χώρο και το χρόνο. Θα ξεκινήσω λοιπόν με μια σύντομη έρευνα της προέλευσης των ιδεών μας για το χώρο και το χρόνο... Πως οι

συνηθισμένες μας ιδέες για το χώρο και το χρόνο σχετίζονται με το χαρακτήρα των εμπειριών μας;»

3. Τα πρώτα φιλοσοφικά βήματα του Einstein

Δεν είναι υπερβολή να ισχυριστούμε ότι οι επιστημονικές και φιλοσοφικές αναζητήσεις του Einstein γεννήθηκαν μαζί με τον ίδιο. Σε αυτοβιογραφικές του σημειώσεις αναφέρει:

«Μια τέτοια έκπληξη, έζησα για πρώτη φορά, όταν ήμουν τεσσάρων ή πέντε χρόνων και ο πατέρας μου, μου έδειξε μια πυξίδα. Ότι μια βελόνα θα μπορούσε να κινηθεί κατά ένα τέτοιο καθορισμένο τρόπο ήταν ένα γεγονός που δεν χωρούσε με κανένα τρόπο στον τύπο των φαινομένων που είχαν μέχρι τότε βρει κάποια θέση στους κόλπους του ασυνείδητου κόσμου των ιδεών μου. Ακόμα και σήμερα μπορώ να θυμάμαι ότι αυτή η εμπειρία άσκησε πάνω μου μια βαθιά και διαρκή επίδραση. Σκεπτόμουν διαρκώς πως βαθιά πίσω από αυτά τα φαινόμενα θα έπρεπε να κρύβεται κάτι...» (Einstein, 1946).

Ο Einstein ήταν μόλις δώδεκα ετών όταν έπεσε στα χέρια του ένα μικρό βιβλίο πάνω στην Ευκλείδεια γεωμετρία. Τον εντυπωσίασαν ιδιαίτερα τα αξιώματα για τη διαύγεια και τη σιγουριά τους. Αναφέρει χαρακτηριστικά:

«Το ότι έπρεπε να δεχόμαστε τα αξιώματα χωρίς να τα αποδεικνύουμε δε με ξένιζε καθόλου. Όπως και να 'χει το πράγμα, μου αρκούσε να μπορώ να θεμελιώνω τις αποδείξεις μου πάνω σε προτάσεις των οποίων η εγκυρότητα φαινόταν ολότελα αναμφισβήτητη». Και συνεχίζει: «Παρόμοια μου φαινόταν πως τα αντικείμενα της γεωμετρίας δε διέφεραν σε τίποτα απ' τα αντικείμενα που αντιλαμβανόμαστε διαμέσου των αισθήσεων, αυτά που μπορούμε να τα δούμε και να τα ψηλαφίσουμε» (Einstein, 1946).

Το ενδιαφέρον του Einstein για τη φιλοσοφία της επιστήμης φάνηκε από την ηλικία των 16 ετών. Στα δεκάξι του χρόνια είχε κιόλας διαβάσει τα τρία μεγάλα έργα του Immanuel Kant, την «Κριτική του Καθαρού Λόγου», την «Κριτική του Κριτικού Λόγου», και την «Κριτική της Κρίσης». Σύμφωνα με την επιστημολογία του Kant, οι νόμοι της κλασσικής φυσικής ήταν αναγκαστικά ή a priori αληθείς. Ο Einstein ξαναδιάβασε Kant όταν ήταν φοιτητής στο Ελβετικό Ομοσπονδιακό Πολυτεχνείο το 1897 όπου παρακολουθούσε τις διαλέξεις του August Stadler για τον Kant. Στη διάρκεια των φοιτητικών του χρόνων ο Einstein διάβασε τη «Μηχανική» του Mach (1883) και τις «Αρχές της Θεωρίας της Θερμότητας» (1896) μαζί με το «Πάρεργα και Παραλειπόμενα» (1851) του Arthur Schopenhauer. Την ίδια εποχή πρωτοδιάβασε την «Ιστορία του Υλισμού» (1893) του Friedrich Albert Lange, την «Κριτική ιστορία των αρχών της μηχανικής» (1887) του Eugen Duhrrings και το «Ισαάκ Νεύτωνας και οι Φυσικές Αρχές του» (1895) του Ferdinand Rosenberger.

4. Επιρροές από άλλους σύγχρονους φιλοσόφους

Η φιλοσοφική παιδεία του Einstein έπαιξε πρωτεύοντα ρόλο στον τρόπο που ασκούσε την επιστήμη. Το ενδιαφέρον του όμως για την επιστημολογία επεκτάθηκε, έτσι ώστε μέχρι το τέλος του 1930 να συμμετέχει ενεργά στα επιστημολογικά δρώμενα της εποχής του. Είχε επαφές με τους πιο επιφανείς φιλοσόφους της επιστήμης της εποχής του και ειδικά με τους θεμελιωτές της φιλοσοφικής παράδοσης που είναι γνωστή ως λογικός θετικισμός.

Σημαντική επιρροή στη φιλοσοφία του Einstein είχε η σχέση του τελευταίου με τον Friedrich Adler ο οποίος σπούδαζε επίσης φυσική, στο πανεπιστήμιο της Ζυρίχης στο τέλος της δεκαετίας του 1890. Οι δυο επιστήμονες έγιναν συγγάμοι και στενοί φίλοι. Την εποχή εκείνη ο Adler ήταν γνωστός υπερασπιστής του μαχιανού εμπειρισμού.

Η φιλοσοφία του Ernst Mach στιγμάτισε την επιστημονική και επιστημολογική ταυτότητα του Albert Einstein. Η «Μηχανική» του Mach αποτέλεσε την αφορμή για να επανεξετάσει ο Einstein τα θεμέλια της κλασσικής φυσικής. Ο Mach επινόησε μια παραλλαγή της λεπίδας του Occam που αποκάλυψε «Αρχή της Οικονομίας», και λέει ότι «οι επιστήμονες πρέπει να χρησιμοποιούν τα απλούστερα μέσα για να φτάσουν στα αποτελέσματά τους και να αποκλείσουν ότι δεν προσλαμβάνεται με τις αισθήσεις». Η φιλοσοφική αυτή αρχή καταλήγει στο θετικισμό. Καταλήγει δηλαδή να υποστηρίζει ότι δεν υπάρχει διαφορά ανάμεσα σε κάτι που υπάρχει αλλά δεν παρατηρείται και σε κάτι που δεν υπάρχει καθόλου. Ο Mach επηρέασε τον Einstein όταν σχολίασε ότι ο χώρος και ο χρόνος δεν είναι απόλυτοι. Επιπλέον εφάρμοσε τον θετικισμό και στην μοριακή φύση της ύλης. Ο Mach και οι οπαδοί του δήλωναν ότι τα μόρια ήταν μεταφυσικά, διότι ήταν πάρα πολύ μικρά για να παρατηρηθούν απευθείας. Και αυτό παρά την επιτυχία που είχε η μοριακή θεωρία στο να εξηγεί τις χημικές αντιδράσεις και τη θερμοδυναμική. Αποτελεί ειρωνεία το γεγονός ότι ενώ ο Einstein εφάρμοσε την αρχή της οικονομίας για να απορρίψει την ιδέα του αιθέρα και το απόλυτο σύστημα αναφοράς, δημοσίευσε σχεδόν συγχρόνως μια εργασία πάνω στην κίνηση Brown που διαπίστωνε ότι τα μόρια ήταν πραγματικά και με τον τρόπο αυτό κατάφερε ένα πλήγμα κατά του θετικισμού. Το ηθικό δίδαγμα αυτής της ιστορίας είναι ότι η λεπίδα του Occam δεν πρέπει να χρησιμοποιείται στα τυφλά. Όπως το έθεσε και ο Einstein στις αυτοβιογραφικές του σημειώσεις, «Αποτελεί ένα ενδιαφέρον παράδειγμα του γεγονότος ότι ακόμη και ακαδημαϊκοί με τολμηρό πνεύμα και ευαίσθητα ένστικτα μπορούν να παραπλανηθούν κατά την ερμηνεία των γεγονότων, από φιλοσοφικές προκαταλήψεις» (Einstein, 1946).

Ο Einstein σε μετέπειτα χρόνια αναγνώρισε τη συμβολή του Mach στην ιδέα της σχετικότητας: «Ήταν ο Mach που στην "Ιστορία της Μηχανικής" ταρακούνησε τη δογματική αλήθεια. Το βιβλίο αυτό άσκησε απίστευτη επιρροή πάνω μου όταν ήμουν φοιτητής. Βλέπω τη μεγαλοσύνη του Mach στον αδιάφθορο σκεπτικισμό και στην ανεξαρτησία του. Η επιστημολογική θέση του Mach με επηρέασε πολύ όταν ήμουν νεώτερος, μια θέση που σήμερα πια μου φαίνεται αστήρικτη» (Schilpp, 1949). Όταν ο Mach πέθανε, ο Einstein απονέμοντας του ύστατο φόρο τιμής έγραψε: «Προφανώς ο Mach θα είχε φθάσει στη θεωρία της σχετικότητας, αν την εποχή που το μυαλό του είχε την απαιτούμενη φρεσκάδα, η ερώτηση για την ταχύτητα του φωτός είχε κερδίσει την προσοχή των φυσικών» (Lewis and Feuer, 1971). Γι αυτόν η πίστη στην αλήθεια του εξωτερικού κόσμου ήταν συνεπής με την επιθυμία του να «βγάλει από τη μέση» από τη φυσική θεωρία δύο τόσο μη παρατηρήσιμες έννοιες όπως ο απόλυτος χώρος και χρόνος.

Ο Einstein σαφώς και εμπνεύστηκε από την κριτική του Mach για τον απόλυτο χώρο και χρόνο, παρόλα αυτά ουδέποτε ταυτίστηκε με τον άκραιο θετικισμό του. Με σκοπό να σκιαγραφήσει τη σημασία της εμπειρίας στην κατασκευή της επιστημονικής θεωρίας ο Einstein έγραψε:

«Υπάρχει κατά τη γνώμη μου ένας ορθός δρόμος... και είμαστε ικανοί να τον βρούμε. Είμαστε δικαιολογημένοι να πιστεύουμε, από τη μέχρι τώρα εμπειρία μας, ότι η φύση είναι η πραγματοποίηση των πιο ευκολονόητων μαθηματικών ιδεών. Είμαι πεπεισμένος ότι μπορούμε να ανακαλύψουμε, με τη βοήθεια των καθαρών μαθηματικών κατασκευών, τις έννοιες και τους νόμους που τις συνδέουν, οι οποίες μας δίνουν το κλειδί για την κατανόηση των φυσικών φαινομένων. Η εμπειρία μπορεί να μας υποδείξει τις κατάλληλες μαθηματικές έννοιες, αλλά δεν μπορούμε φυσικά να τις παράγουμε από αυτή. Η εμπειρία παραμένει, ασφαλώς, το αποκλειστικό κριτήριο της φυσικής χρησιμότητας μιας μαθηματικής κατασκευής. Όμως, η δημιουργική αρχή ανήκει στα μαθηματικά. Με μια ορισμένη έννοια, επομένως, θεωρώ αληθινό ότι η καθαρή σκέψη μπορεί να συλλάβει την πραγματικότητα, όπως ονειρεύτηκαν οι αρχαίοι.» (Einstein, 1954).

Η γνωσιοθεωρία του Einstein δέχθηκε όμως επιδράσεις και από το θεμελιωτή του κομφορμισμού, Henri Poincare. Η ενασχόληση του με τις έννοιες του χρόνου και του ταυτόχρονου στη δημοσίευση του 1905 δηλώνει το ενδιαφέρον του για την προεπιστημονική γνώση και την επίδρασή της στο σχηματισμό της επιστημονικής. Αυτό όμως είναι και ένα από τα ζητήματα που πραγματεύεται ο Poincare στο βιβλίο του «Επιστήμη και Υπόθεση», το οποίο είχε μελετήσει ο Einstein μεταξύ 1902 και 1904 (Einstein, 1956). Ο Henri Poincare, γνωστός κομφορμιστής, μαθηματικός και θεωρητικός φυσικός υποστηρίζει ότι η

επιλογή ενός συστήματος εννοιών είναι απλώς θέμα σύμβασης. Υπαγορεύεται μόνο από την «απλότητα» και την «βολικότητα» (Miller, 1987). Ο κομφορμισμός αντιλαμβάνεται τις αρχές της επιστήμης ως ελεύθερα δημιουργήματα του ανθρώπινου νου, οι οποίες μπορεί να είναι είτε αληθείς είτε ψευδείς, αλλά μερικές από αυτές μπορεί να είναι χρήσιμες για την οργάνωση των εμπειριών της πραγματικότητας. Στην θεωρία του Mach οι εμπειρίες είχαν έναν ενεργητικό ρόλο στη κατασκευή των εννοιών ενώ σύμφωνα με τον Poincare οι εμπειρίες απλώς βοηθούν να σχηματιστεί ένα «βολικό» σύστημα εννοιών.

Ο Einstein συνδύαζε στοιχεία από τον θετικισμό του Mach και τον κομφορμισμό του Poincare, όπως φαίνεται από μια διάλεξη του, που πραγματοποιήθηκε στο Πανεπιστήμιο της Οξφόρδης, το 1933, «Περί της μεθόδου της θεωρητικής φυσικής» (Einstein, 1954). Στη διάλεξη αυτή, ο Einstein σκιαγράφησε το σύστημα της θεωρητικής φυσικής ως αποτελούμενο από έννοιες, θεμελιώδεις νόμους που συνδέουν τις έννοιες αυτές και προβλέψεις που πραγματοποιούνται με βάση αυτούς τους νόμους. Ενώ η δομή του συστήματος είναι προϊόν του Λόγου («ελεύθερες επινοήσεις του ανθρώπινου νου»), τα φαινόμενα που παρατηρούνται στη φύση πρέπει να βρουν τη θέση τους ανάμεσα στις έννοιες και τις σχέσεις αυτής της θεωρητικής δομής. Η θεωρία της σχετικότητας του Einstein δημιουργήθηκε στους κόλπους της φιλοσοφίας του Mach περισσότερο απ' ό,τι στους κόλπους του κομφορμισμού του Poincare. Στη συνέχεια όμως, η προσοχή του Einstein άρχισε σιγά σιγά να αποσπάται από τη φιλοσοφία αυτή και άρχισε να απορροφάται από την ευρετική των αφηρημένων μαθηματικών. Ο Einstein μετακίνησε την προσοχή του από την εμπειρική και λειτουργική προσέγγιση του Mach σε μια πιο ιδεαλιστική προσέγγιση, κατευθυνόμενη από κριτήρια όπως η «απλότητα» και η «βολικότητα». Παρόλα αυτά δεν ικανοποιήθηκε από τον συμβατισμό του Poincare. Η λεπτή φυσική του διαίσθηση δεν έπεσε έξω στο να αντιληφθεί ότι η αρμονία ανάμεσα στα φαινόμενα του εξωτερικού κόσμου και των αφηρημένων νοητικών μας κατασκευών πρέπει να έχει κάποια βαθύτερη σημασία. Εμπνευσμένος από τον κομφορμισμό του Poincare, θεωρεί τις επιστημονικές έννοιες και θεωρίες «ελεύθερες δημιουργίες του ανθρώπινου νου», πλην όμως σε κάθε περίπτωση διαλέγουμε αυτή τη θεωρία που αρμόζει καλύτερα στα πειραματικά δεδομένα, δηλαδή αυτή που είναι μια αληθινή και μοναδική απεικόνιση της πραγματικότητας. Όπως και να έχει, αυτό που ισχυρίστηκε ο Einstein είναι ότι ο άνθρωπος έχει τη δύναμη της ελεύθερης δημιουργίας να φτιάξει μια αληθινή εικόνα του κόσμου. Η άποψη αυτή περιέχει μια τάση ρεαλισμού αλλά κάνει με τον ένα ή τον άλλο τρόπο ένα «σάλτο» στον ιδεαλισμό. Τώρα καταφαίνεται κάπως καλύτερα η πίστη του μεγάλου φυσικού στον αιτιοκρατικό χαρακτήρα της φύσης. Όπως ο Πυγμαλίων, έτσι και ο μεγάλος φιλόσοφος και επιστήμονας,

είναι γοητευμένος από την «κομψότητα» της πνευματικής του δημιουργίας, η οποία είναι χωρίς αμφιβολία το πιο σύνθετο οικοδόμημα του φυσικού ντετερμινισμού. Ανάγει, λοιπόν, τη θεωρία της σχετικότητας σε μια παγκόσμια θεωρία για την ερμηνεία του σύμπαντος, και εκλαμβάνει ως προσωρινή ατέλεια την αποτυχία της να ερμηνεύσει το μικρόκοσμο.

Ο κομφορμισμός του Duhem διέφερε από τον αντίστοιχο του Poincare. Ο Duhem υποστήριζε ότι σε κάθε περίπτωση δε γίνεται επιλογή μιας μεμονωμένης έννοιας αλλά μιας ολόκληρης θεωρίας. Οι θεωρίες ολόκληρες είναι αυτές που ελέγχονται και όχι οι μεμονωμένοι επιστημονικοί ισχυρισμοί. Ο «ολιστικός» κομφορμισμός του Duhem περιπλέχθηκε βαθιά με την ώριμη εικόνα του Einstein για τη δομή των επιστημονικών θεωριών και πως αυτές ελέγχονται.

Η μεταφορά του Einstein στο Βερολίνο επέκτεινε ακόμα περισσότερο τον κύκλο των φιλοσόφων συναδέρφων. Χωρίς αμφιβολία, ο πιο σημαντικός φίλος που απέκτησε ο Einstein στα χρόνια του Βερολίνου, από φιλοσοφική σκοπιά, ήταν ο Moritz Schlick. Πρόκειται για φυσικό επιστήμονα, ο οποίος έκανε το διδακτορικό του με τον Max Planck το 1904. Η μεταφορά του Schlick στην Βιέννη το 1922 σήμανε την ίδρυση του «Κύκλου της Βιέννης» και την εμφάνιση του λογικού εμπειρισμού ως ένα σημαντικό φιλοσοφικό κίνημα. Η γνωριμία των δύο φιλοσόφων έγινε σχεδόν κατά σύμπτωση το 1915, με τη δημοσίευση ενός έξυπνου άρθρου του Schlick για τη φιλοσοφική σημασία της σχετικότητας. Τα επόμενα έξι χρόνια είχαν στενή συνεργασία και ο Einstein σεβόταν βαθιά τη δουλειά του Schlick. Από το 1922 και μετά η μεταξύ τους σχέση άρχισε να παγώνει, εξαιτίας του οξύτατου αντιμεταφυσικού δόγματος του «Κύκλου της Βιέννης». Πιο συγκεκριμένα, η ομάδα αυτή απέρριπτε ως μεταφυσικό οποιοδήποτε στοιχείο δεν είχε άμεση σχέση με την εμπειρία.

5. Ο αντι – επαγωγισμός του Einstein και η πίστη του στη σημασία των υποθέσεων. Επηρέασε ο Einstein τον Popper;

Η πεποίθηση ότι η επιστημονική πρόοδος εξασφαλίζεται μέσα από τη διατύπωση υποθέσεων, οι οποίες μπορεί να διαψευστούν ανά πάσα στιγμή, διατυπώθηκε επίσημα από τον Karl Popper το 1934 στη «Λογική της Επιστημονικής Ανακάλυψης». Οι κύριες ιδέες αυτού του ρεύματος που έγινε γνωστό από τον Popper είχαν σχηματιστεί και λεχθεί λιγότερο επίσημα από τον Einstein πολλά χρόνια νωρίτερα (Kostro, 1998). Στο σημείο αυτό πρέπει να τονιστεί ότι ο Einstein δεν ήταν ανέκαθεν αντι-επαγωγιστής όπως ο Popper. Σε κάποια φάση της καριέρας του, την εποχή του «Olympia Academy» πίστευε ότι η επαγωγική λογική υπερτερεί έναντι της παραγωγικής λογικής στις φυσικές επιστήμες. Στην συνέχεια, εξαιτίας της ενασχόλησής του με τη θεωρητική φυσική, άλλαξε άποψη και άρχισε να τονίζει την αξία της

παραγωγικής λογικής έναντι της επαγωγής. Οι ιδέες του που έμοιαζαν με τις μετέπειτα αντιλήψεις του Popper παρουσιάστηκαν σε ένα άρθρο μιας εφημερίδας του Βερολίνου «Berliner Tageblatt» τα Χριστούγεννα του 1919. Στο πρώτο μέρος του άρθρου περιγράφει συνοπτικά τον επαγωγικό τρόπο σκέψης τον οποίο και ο ίδιος είχε υιοθετήσει καθώς είχε επηρεαστεί από τον Mill:

«Η απλούστερη ιδέα που μπορούμε να σχηματίσουμε για τη γέννηση μιας εμπειρικής επιστήμης είναι ότι αυτή σχηματίστηκε εξαιτίας επαγωγικών μεθόδων λογικής. Επιλέγουμε και συγκεντρώνουμε διάφορα στοιχεία έτσι ώστε να δώσουμε έμφαση στην προφανή σχέση μεταξύ τους εκφράζοντας ένα κανόνα. Συγκεντρώνοντας τους κανόνες φτιάχνουμε γενικότερους κανόνες κ.ο.κ» (Einstein, 1919).

Σύμφωνα με τον Einstein το παραπάνω απόσπασμα δεν αντιπροσωπεύει τον τρόπο με τον οποίο δημιουργείται μια εμπειρική επιστήμη, διότι όπως λέει οι μεγαλύτερες κατακτήσεις στην επιστήμη έγιναν όχι με την επαγωγική μέθοδο αλλά με την αντίθετή της:

«Ακόμα και μια ματιά στην πραγματική εξέλιξη της επιστήμης δείχνει ότι οι μεγάλες επιστημονικές κατακτήσεις έγιναν με την παραπάνω μέθοδο μόνο σε μικρό βαθμό. Αν ένας ερευνητής προσεγγίζει το αντικείμενό του χωρίς κάποιες *a priori* ιδέες, πώς θα μπορούσε να ξεχωρίσει τα γεγονότα από την μεγάλη αφθονία των εμπειρικών δεδομένων έτσι ώστε να φανεί η κανονικότητα; Ο Γαλιλαίος ποτέ δεν θα είχε ανακαλύψει το νόμο της ελεύθερης πτώσης των σωμάτων αν δεν είχε προαντιληφθεί ότι η συμπεριφορά των σωμάτων που πέφτουν εξαρτάται από την αντίσταση του αέρα. Εξαιτίας όμως του ότι είχε κάνει αυτό τον τελευταίο συλλογισμό αναζήτησε εκείνα τα σχήματα στα οποία ο αέρας παίζει το μικρότερο ρόλο.

Οι πραγματικές επιστημονικές πρόοδοι ήρθαν από μια οδό εντελώς διαφορετική από την επαγωγική. Ο επιστήμονας χρησιμοποιεί το ένστικτό του για να «αρπάξει» ό,τι είναι σχετικό με ένα ευρύ σύνολο γεγονότων και να σχηματίσει ένα βασικό νόμο ή έναν αριθμό από τέτοιους νόμους. Στη συνέχεια σχεδιάζει τα συμπεράσματα από το βασικό νόμο (ένα σύνολο αξιωμάτων), όσο πληρέστερα γίνεται, με ένα λογικό και παραγωγικό τρόπο. Τα συμπεράσματα μπορούν στην αρχή να συγκριθούν με τα εμπειρικά δεδομένα και έτσι παρέχουν κριτήριο αξιολόγησης του βασικού νόμου. Ο βασικός νόμος (αξίωμα) μαζί με τα συμπεράσματα σχηματίζουν αυτό που λέμε θεωρία. Καθένας που είναι εδώ γύρω ξέρει καλά πως όλες οι μεγάλες πρόοδοι στις φυσικές επιστήμες, όπως η θεωρία της βαρύτητας του Νεύτωνα, η θερμοδυναμική, η κινητική θεωρία των αερίων, η μοντέρνα ηλεκτροδυναμική κ.λ.π., έγιναν με τον παραπάνω τρόπο. Δηλαδή, ο υποθετικός χαρακτήρας κατοχυρώνεται στη βάση των φυσικών επιστημών...» (Einstein, 1919).

Στις παραπάνω γραμμές είναι προφανής η σύμπτωση του Einstein με τον Popper στο θέμα του «υποθετισμού» και του «αντι-επαγωγισμού». Όμως υπάρχει ακόμα μια άποψη του Einstein που διατυπώθηκε στη συνέχεια από τον Popper και που θα λέγαμε ότι χαρακτηρίζει την γνωσιοθεωρία του. Πρόκειται για το ενδεχόμενο διάψευσης μιας επιστημονικής θεωρίας. Έτσι στο δεύτερο μέρος του ίδιου άρθρου ο Einstein γράφει:

«Μια θεωρία είναι εσφαλμένη αν υπάρχει κάποιο λάθος στα συμπεράσματά της, και ανακριβής αν κάποιο γεγονός δεν ταιριάζει με τα πορίσματά της. Όπως και να έχει, μια θεωρία δεν μπορεί ποτέ να αποδειχθεί αληθής διότι κανένας δεν μπορεί να ξέρει αν στο μέλλον θα μάθουμε εμπειρικά γεγονότα συγκρουόμενα με τα πορίσματα της θεωρίας αυτής...Αν διατίθενται δύο θεωρίες οι οποίες είναι και οι δύο σε συμφωνία με τα πειραματικά αποτελέσματα, τότε το μόνο κριτήριο για να επιλέξουμε τη μια ή την άλλη είναι το ένστικτο του ερευνητή...» (Einstein, 1919).

Το ερώτημα που προκύπτει από τα παραπάνω είναι αν ο Popper επηρεάστηκε από τις απόψεις του Einstein ή αν οι δυο φιλόσοφοι διατύπωναν παρόμοιες ιδέες παράλληλα. Το άρθρο του Einstein από το οποίο παρατέθηκε το παραπάνω απόσπασμα ήταν χρόνια ξεχασμένο. Όταν βρέθηκε, οι ειδικοί (D.Howard) παρατήρησαν κοινά σημεία με τη θεωρία του Popper. Όταν ο Popper ρωτήθηκε αν το είχε υπόψη του απάντησε πως δεν ήξερε τίποτα για το άρθρο αυτό. Να σημειώσουμε στο σημείο αυτό ότι την εποχή που γράφτηκε το άρθρο (1919) ο Einstein ήταν στο Βερολίνο ενώ ο Popper ήταν μόλις δεκαεπτά ετών και ήταν στην Βιέννη. Το πιθανότερο είναι πως οι δυο φιλόσοφοι δούλεψαν ανεξάρτητα μεταξύ τους.

Ο Einstein, πάντως, αναγνώρισε τον παραγωγικό χαρακτήρα των δύο μεγάλων επιτευγμάτων του, της ειδικής και γενικής θεωρίας της σχετικότητας, αρκετά νωρίς, και αυτός είναι ο λόγος της επιμονής του για την αντι-επαγωγική μέθοδο καθώς και την πίστη του στη σημασία των υποθέσεων.

6. Οι κοινωνικές ρίζες της γνωσιοθεωρίας του Einstein

Οι κοινωνικές ρίζες της γνωσιοθεωρίας του μεγάλου επιστήμονα βρίσκονται στους κόλπους της κοινωνίας της Ζυρίχης του 1900, στον κύκλο των ανθρώπων που συνιστούσαν την «Olympia Academy» καθώς και στις φιλοσοφικές και πολιτικές επιδράσεις που δέχθηκε ο Einstein από τους Friedrich Adler και Ernest Mach (Lewis and Feuer, 1971).

Η Ζυρίχη ήταν μια μικρή πόλη με 153.000 κατοίκους και ήταν το σταυροδρόμι των ευρωπαϊκών επαναστατικών κινήσεων. Όπως η Αθήνα ήταν το σημείο συνάντησης των μεγάλων φιλοσόφων όπως ο Σωκράτης, ο Παρμενίδης και ο Αλκιβιάδης, έτσι και τα καφέ της

Ζυρίχης ήταν οι σκηνές στις οποίες εξελίσσονταν οι συζητήσεις μεταξύ Ρώσων επαναστατών κάθε είδους (μαρξιστές αιρετικοί, μηδενιστές, σιωνιστές). Στις αρχές του 1900 η Ζυρίχη ήταν κέντρο δημιουργίας κινήσεων που διασπείρονταν προς τα έξω σε όλη την Ευρώπη επηρεάζοντας τις τέχνες, την πολιτική και τις επιστήμες. Από τη Ζυρίχη ξεκίνησε το σουρεαλιστικό κίνημα στις τέχνες, η μαρξιστική επανάσταση στην κοινωνία και η επανάσταση της σχετικότητας στη φυσική.

Όσον αφορά τον Friedrich Adler, επηρέασε την επιστημονική και κυρίως τη φιλοσοφική σκέψη του Einstein αφού ήταν ο πρωταρχικός διαμεσολαβητής μεταξύ του μεγάλου επιστήμονα και του νέου συναισθηματικού, πολιτικού και πνευματικού κινήματος. Ο Adler ήταν στις πολιτικές του πεποιθήσεις μαρξιστής, στην φιλοσοφία του οπαδός του Mach και παράλληλα ένας επαναστάτης ενάντια στην παθητική πολιτική της προηγούμενης γενιάς. Το 1909 η αυτοθυσία του Adler προώθησε τον Einstein στη πρώτη του θέση στο Πανεπιστήμιο της Ζυρίχης. Ο Adler ήταν ο πιο ευνοούμενος υποψήφιος για μια θέση στο Πανεπιστήμιο, αλλά μόλις άκουσε ότι και ο Einstein είναι υποψήφιος για την ίδια θέση, αποφάσισε να αποσύρει την υποψηφιότητά του. Στις 24 Οκτωβρίου του 1916 ο Adler δολοφόνησε τον πρωθυπουργό της Αυστρίας, Count Carl Sturgh. Όταν ήρθε η ώρα της δίκης αναρωτήθηκε αν, υπό το φως της θεωρίας της σχετικότητας, θα μπορούσε να ισχυριστεί ότι ο φόνος που έκανε ήταν μια πράξη ηθική και όχι ένα έγκλημα. Ήταν ίσως η μόνη πολιτική δίκη στην ιστορία που ο κατηγορούμενος επικαλούνταν την ιδέα της σχετικότητας και τη λογική της διαμάχης μεταξύ των Κοπερνίκειων και των μη Κοπερνίκειων. Ο Albert Einstein στάθηκε ακλόνητα φίλος του ενώ προθυμοποιήθηκε να καταθέσει ως μάρτυρας στη δίκη του.

Ο Albert Einstein, εκτός από τον επιστήθιο φίλο του Friedrich Adler, βρέθηκε κοντά και με μια παρέα συναδέλφων με τους οποίους αποφάσισαν να οργανωθούν σε μια ομάδα την οποία ονόμασαν «Olympia Academy». Στην ιστορία της επιστήμης η «Olympia Academy» υπήρξε από τις πιο ξεχωριστές και δημιουργικές επιστημονικές αντι-κοινωνίες. Συχνά συναντιόντουσαν στο δωμάτιο του Einstein, ο οποίος έπαιζε και ρόλο συντονιστή, και μελετούσαν Mach, Poincare και Hume. Η ομάδα που συνιστούσε την «Olympia Academy» αποτελούνταν από τους Maurice Solovine, Michele Angelo Besso, τους αδερφούς Paul και Conrad Habicht και Marcel Grossmann. Χάρη στο Solovine ξέρουμε σήμερα μερικά από τα βιβλία που μελετούσαν:

- Richard Avenarius, «Κριτική της Καθαρής Εμπειρίας» (1888)
- Richard Dedekind, «Τι είναι και τι θα έπρεπε να είναι οι Αριθμοί» (1893)
- David Hume, «Μια διατριβή στην ανθρώπινη φύση» (1895)

- Ernest Mach, «Η ανάλυση των αισθήσεων και η σχέση του φυσικού με το ψυχικό» (1900)
- John Stuart Mill, «Ένα σύστημα λογικής (1872)
- Karl Pearson, «Η γραμματική της Επιστήμης» (1900)
- Henri Poincare, «Επιστήμη και Υπόθεση» (1902)

Αυτός ήταν, λοιπόν ο κύκλος της Ζυρίχης – Βέρνης, γνωστός ως «Olympia Academy». Η «Olympia Academy» αποτελούνταν κυρίως από Εβραίους (Einstein, Adler, Besso, Solovine), γεγονός που είχε τη δική του ιδιαίτερη σημασία στη διαμόρφωση της γνωσιοθεωρίας του Einstein. Τα πρώτα φιλοσοφικά σπέρματα της «Olympia Academy» και του Πολυτεχνείου καρποφόρησαν στη δημοσίευση του 1905 για την ειδική θεωρία της σχετικότητας αλλά και σε πολλά άλλα σημεία της επιστήμης και της φιλοσοφίας του Einstein.

Η επαναστατική κουλτούρα «της γενιάς του 1905» ήταν ένα μίγμα της επιστημολογίας του Mach και της σοσιαλιστικής θέσης του Marx. Ο μαρξισμός ήταν η πιο επιστημονική κοινωνιολογική και οικονομική θεωρία αλλά στερούσε από την πλευρά της φιλοσοφικής ματιάς του κόσμου. Η γνωσιοθεωρία του Mach φάνηκε ότι πρόσφερε στους μαρξιστές ό,τι χρειαζόντουσαν. Ο Mach ένωσε τη πρόοδο της επιστημονικής γνώσης με τις διαδικασίες του κοινωνικού έργου. Ο Mach έγραψε: «Το πρώτο πραγματικό ξεκίνημα της επιστήμης εμφανίζεται στην κοινωνία, ειδικά στις χειρωνακτικές τέχνες, όπου η ανάγκη για ανταλλαγή εμπειριών αυξάνεται...» (Mach, 1882). Όπως ο Marx έδωχνε μη παρατηρήσιμα ιδεαλιστικά στοιχεία από την κοινωνική επιστήμη, το ίδιο έκανε ο Mach με τον απόλυτο χώρο και χρόνο. Πρόκειται για τον ίδιο Mach, στου οποίου τον ιδεαλισμό άσκησε οξυτάτη κριτική ο Λένιν στο «Υλισμός και Εμπειριοκριτικισμός» (Μπιτσάκης, 2003). Παρόλα αυτά, δεν αναιρείται η συνεισφορά του Mach στη διαμόρφωση της επιστημολογικής ταυτότητας του Einstein ούτε και στις επιστημονικές εξελίξεις της εποχής του.

7. Η διαμάχη για την ερμηνεία της κβαντικής μηχανικής – Η ρεαλιστική ερμηνεία του Einstein

Η διαμάχη για την ερμηνεία της κβαντομηχανικής έχει τις ρίζες της στο ιστορικό κοινωνικό πλαίσιο της εποχής και κυρίως στα φιλοσοφικά ζητήματα που απασχολούσαν τους εμπνευστές της.

Οι θέσεις που αναπτύχθηκαν για την ερμηνεία της κβαντομηχανικής είναι κυρίως δύο. Από τη μια η ερμηνεία της Σχολής της Κοπεγχάγης και από την άλλη μεριά η ερμηνεία της ρεαλιστικής σχολής. Οι δύο διαφορετικές σχολές σκέψης αντλούν την καταγωγή τους η μια από τον Bohr και η άλλη από τον Einstein αντίστοιχα. Η σχολή της Κοπεγχάγης, με κύριους εμπνευστές τους Bohr, Heisenberg, Pauli, Jordan και Born δεν ήταν φιλοσοφικά ομοιογενής. Περιελάμβανε

θετικιστές, ιδεαλιστές ακόμα και οπαδούς του διαλεκτικού υλισμού (Fock, Rosenfeld). Αλλά η κύρια συνιστώσα της σχολής της Κοπεγχάγης ήταν θετικιστική, αντιρρεαλιστική και αντιαιτιοκρατική. Από την άλλη πλευρά η ρεαλιστική σχολή απαρτιζόνταν από τους Einstein, Schrödinger, Planck, de Broglie κ.α, και διαμορφώθηκε παράλληλα και σε αντιπαράθεση με τη Σχολή της Κοπεγχάγης. Η διαμάχη των δύο σχολών αφορούσε την ερμηνεία της κβαντικής μηχανικής και ειδικότερα την ισχύ ή όχι των παρακάτω αρχών:

- Του ρεαλιστικού αξιώματος
- Της αρχής της αιτιοκρατίας
- Της αρχής της τοπικότητας

Το ρεαλιστικό αξίωμα προβλέπει την ύπαρξη μιας αντικειμενικής πραγματικότητας ανεξάρτητης από τον παρατηρητή. Σύμφωνα με την αρχή της αιτιοκρατίας, οι αιτίες καθορίζουν με ορισμένο τρόπο τα αποτελέσματα, ενώ σύμφωνα με την αρχή της τοπικότητας οι αλληλεπιδράσεις έχουν μια μέγιστη ταχύτητα και δεν γίνονται ακαριαία, εξασφαλίζοντας στα φαινόμενα ένα τοπικό χαρακτήρα (Μπιτσάκης, 2000).

Οι αντιρρήσεις του Einstein για την ερμηνεία του Bohr όχι μόνο δεν παρεμπόδισαν την εξέλιξη της κβαντομηχανικής αλλά απεναντίας αποτέλεσαν κίνητρο για μια περαιτέρω διευκρίνιση του Bohr για την πληρωματικότητα. Από την πλευρά της φιλοσοφίας όμως τα πράγματα δεν ήταν καθόλου απλά. Η θεωρία γνώσης που επηρέασε τόσο τον Einstein όσο και τον Bohr ήταν η θεωρία του θετικιστή Mach. Στη διδασκαλία του ο Mach αντιμετώπισε το θέμα του πως μπορεί ο επιστήμονας να επεξεργαστεί τις επιστημονικές έννοιες και τους νόμους. Ο Mach, μεταξύ άλλων, προτείνει τα νοητικά πειράματα, δηλαδή τα πειράματα που δεν εκτελούνται στην πράξη αλλά τα φανταζόμαστε σε μια ιδανική μορφή συνδεδεμένη με κάποιες εμπειρίες. Έτσι οι έννοιες θεωρούνται ως ένας συμπυκνωμένος κώδικας δράσης. Έτσι, ο Einstein προκειμένου να μελετήσει την ιδέα του ταυτόχρονου, φαντάστηκε το γνωστό νοητικό πείραμα με τους δυο παρατηρητές. Κατά παρόμοιο τρόπο ο Bohr ακολούθησε τα ίχνη της μη αιτιοκρατικότητας που συνδέονταν με τα ατομικά φαινόμενα και της αλληλεπίδρασης μεταξύ των ατομικών συστημάτων και των αντίστοιχων οργάνων μέτρησης.

Η απάντηση από την πλευρά του Einstein για το ζήτημα της αιτιοκρατίας και της τοπικότητας της κβαντικής φυσικής ήρθε το 1935 με το περίφημο παράδοξο των EPR (Einstein, Podolsky και Rosen). Σύμφωνα με τους EPR η αναγκαία συνθήκη για την πληρότητα μιας φυσικής θεωρίας είναι ότι κάθε στοιχείο της φυσικής πραγματικότητας έχει το αντίστοιχό του στη φυσική θεωρία. Οι EPR έφεραν στο φως τις «λανθάνουσες παραμέτρους» ως μια εναλλακτική αιτιοκρατική αντιμετώπιση της κβαντικής φυσικής. Υπέθεσαν ότι υπάρχει ένα

σύνολο μεταβλητών ενός συστήματος, οι οποίες δεν έχουν ακόμα ανακαλυφθεί. Η χωροχρονική συμπεριφορά του συστήματος καθορίζεται αιτιοκρατικά από τις «λανθάνουσες» αυτές μεταβλητές. Εξαιτίας της άγνοιάς μας για τις μεταβλητές αυτές υπάρχει ένα συγκεκριμένο όριο στη γνώση μας για τα μεγέθη του συστήματος, όπως για παράδειγμα για τη θέση και την ορμή του σωματιδίου. Υποθέτοντας αξιωματικά ένα μεγάλο αριθμό τέτοιων λανθανουσών παραμέτρων, φαίνεται ότι θα μπορούσαμε να δίνουμε διαρκώς εξηγήσεις για τα αποτελέσματα που προβλέπει η κβαντομηχανική. Η εισαγωγή ενός τόσο μεγάλου αριθμού λανθανουσών παραμέτρων είναι αρκετά υψηλό τίμημα για τη διατήρηση της τοπικότητας και του ρεαλισμού, αλλά, εκ πρώτης όψεως δε φαίνεται να υπάρχει οποιαδήποτε λογική ασυνέπεια στο να λειτουργήσουμε κατά αυτόν τον τρόπο (Cushing, 2003).

8. Επίλογος

Παρά τις όποιες προσμίξεις, η επιστημολογία του Einstein ήταν κυρίως ρεαλιστική: «Η πίστη σε έναν εξωτερικό κόσμο, ανεξάρτητο από το νοούν υποκείμενο, αποτελεί τη βάση όλων των φυσικών επιστημών. Εφόσον, επομένως, η αισθητηριακή αντίληψη μας δίνει μόνο πληροφορίες από αυτόν τον εξωτερικό κόσμο ή τη «φυσική πραγματικότητα» έμμεσα, μπορούμε να συλλάβουμε την τελευταία με θεωρησιακά μέσα, αυτό συνεπάγεται ότι οι αντιλήψεις μας για τη φυσική πραγματικότητα δεν μπορεί να είναι ποτέ οριστικές. Πρέπει να είμαστε πάντοτε έτοιμοι να μεταβάλλουμε αυτές τις αντιλήψεις – δηλαδή, την αξιωματική δομή της φυσικής – για να είμαστε σε θέση να αντιληφθούμε γεγονότα με τον πιο λογικά τέλεια τρόπο. Πράγματι, μια ματιά στην εξέλιξη της φυσικής δείχνει ότι αυτή έχει περάσει από μεγάλης σημασίας αλλαγές στην πορεία του χρόνου» (Einstein, 1954).

Δίκαια ο Einstein θεωρείται ως η κορυφαία μορφή του σύγχρονου επιστημονικού ρεαλισμού, και ειδικά ο αρχηγός της ρεαλιστικής ερμηνείας της κβαντικής μηχανικής. Ειδικότερα, οι σχετικιστικές έννοιες του χώρου και του χρόνου, οι οποίες είναι πειραματικά επιβεβαιωμένες, αναιρούν τόσο τον πλατωνικό ιδεαλισμό όσο και την καντιανή αντίληψη για το χώρο και το χρόνο ως προεμπειρικές μορφές της εποπτείας.

Παράλληλα, όμως, δεν μπορούμε να παραγνωρίσουμε την επιστημολογική διπλωματία του μεγάλου φυσικού, που κινούνταν από τον επιστημονικό ρεαλισμό και θετικισμό, μέχρι τον ιδεαλισμό. Ο ίδιος ο Einstein καταθέτει το επιστημολογικό του πιστεύω στην αυτοβιογραφία του για τον δόκτωρ Schilpp:

«Σε ότι αφορά εμένα, διακρίνω από τη μια μεριά το σύνολο των εμπειριών που δεχόμαστε μέσω των αισθήσεών μας, κι απ' την άλλη, το σύνολο των εννοιών, και προτάσεων που διατυπώνονται στα

βιβλία. Οι σχέσεις που υπάρχουν ανάμεσα στις έννοιες (συλλογισμούς) και στις προτάσεις είναι λογικής φύσης.

Ο σκοπός κάθε λογικής σκέψης συνίσταται αποκλειστικά στην αποκατάσταση των σχέσεων ανάμεσα στις έννοιες και στις προτάσεις, σύμφωνα με αυστηρά διατυπωμένους κανόνες, και οι οποίοι αποτελούν το αντικείμενο της λογικής. Εν τούτοις, οι έννοιες και προτάσεις δεν αποκτούν «σημασία» ή «περιεχόμενο», παρά μέσα από τη σχέση τους με τις των αισθήσεων εμπειρίες. Η σχέση ανάμεσα σε αυτές και το ιδεατό σύμπαν είναι καθαρά διαισθητική, και δεν είναι αυτή καθαυτή λογικής φύσης. Είναι αποκλειστικά ο βαθμός της βεβαιότητας με την οποία αυτή η σχέση, ή αυτή η διαισθητική σχέση, μπορεί να νοηθεί, και τίποτε άλλο, που διαφοροποιεί την καθαρή φαντασία από την «επιστημονική αλήθεια». Το σύστημα των εννοιών είναι ένα δημιούργημα του ανθρώπου, όπως ακριβώς και οι κανόνες του συντακτικού που αποτελούν τη δομή του εννοιολογικού συστήματος. Και ακόμα κι αν τα εννοιολογικά συστήματα είναι από λογική άποψη, καθαρά αυθαίρετα, δεν παύει να πει ότι δεν προσδιορίζονται από τη λειτουργία τους που συνίσταται στο να φθάνουν σε ένα (διαισθητικό) συντονισμό του συνόλου των αισθησιακών εμπειριών, που πρέπει να είναι όσο το δυνατό πιο σίγουρος και πλήρης.

Κατά δεύτερο λόγο, αυτά τα συστήματα αποσκοπούν στο να μειώσουν στο ελάχιστο τον αριθμό των ανεξάρτητων λογικών στοιχείων (βασικές έννοιες και αξιώματα), δηλαδή έννοιες μη προσδιορισμένες ή προτάσεις μη αποδεδειγμένες.

Μια πρόταση είναι ορθή, αν στα πλαίσια ενός δοσμένου λογικού συστήματος, εξάγεται σύμφωνα με τους αποδεκτούς λογικούς κανόνες. Ένα σύστημα έχει μια «αξία – αλήθεια» ανάλογα με τη βεβαιότητα και την πληρότητα της ικανότητάς της να συντονίζεται με το σύνολο των εμπειριών μας» (Schilpp, 1949)

Βιβλιογραφία

- Cushing, J. (2003), Φιλοσοφικές Έννοιες στη Φυσική, p.473-485, Leader Books
- Einstein, A. (1916), Ernst Mach, *Physikalische Zeitschrift* 17, p.101-104
- Einstein, A. (1919), *Induktion und Deduktion in der Physik*, Berliner Tageblatt, 25 Δεκεμβρίου 1919
- Einstein, A. (1921), *The Meaning of Relativity: Four Lectures Delivered at Princeton University*, May 1921, Princeton University Press, 1970
- Einstein, A. (1946), *Αυτοβιογραφία*, p.1-95, Μετάφραση Κ.Μιλτιάδη, Εκδόσεις Κοροντζή
- Einstein, A. (1949), *Remarks to the Essays Appearing in this Co-Operative Volume in Schilpp*, p.663-688
- Einstein, A. (1954a), *Ideas and Opinions*, p.274,266, Crown Publishers, New York
- Einstein, A. (1954b), *On the Method of Theoretical Physics in English*, p.270-276, Crown Publishers, New York

- Einstein, A. (1956), *Albert Einstein: Lettres à Maurice Solovine*, Paris: Gauthier-Villars
- EA, Einstein Archive, Princeton, NJ: Princeton University Press, 1986- present
- Howard, D. (2004), *Einstein 's Philosophy of Science*, Stanford Encyclopedia of Philosophy
- Kostro, L. (1998), *Albert Einstein 's Hypothesis*, Science @ Education, 317-322
- Lewis, S. & Feuer, B.Sc.,Ph.D. (1971), *The Social Roots of Einstein 's Theory of Relativity – Part I*, Annals of Science, Volume 27:3, 277-298.
- Lewis, S. & Feuer, B.Sc.,Ph.D. (1971), *The Social Roots of Einstein 's Theory of Relativity – Part II*, Annals of Science, Volume 27:4, 313-344
- Mach, E. (1882), *The Economical Nature of Physical Inquiry*, p.191-196
- Miller, A. (1986), *Imagery in Scientific Thought*, p.39-51, The MIT Press
- Μπιτσάκης, Ε. (2000), *Ο δαίμων του Einstein*, p.151-192, Gutenberg
- Μπιτσάκης, Ε.(2003), *Η φύση στη διαλεκτική φιλοσοφία*, p.329-336, Ελληνικά Γράμματα
- Piaget, J. (1970), *Genetic Epistemology*, New York: Columbia University Press
- Schilpp, P.A. (1949), *Albert Einstein: Philosopher - Scientists*, Library of Living Philosophers, Vol.16, Open Court Publishing Co., La Salle, IL

Η μελέτη Φυλογένεσης και Οντογένεσης ως εργαλείο της Διδακτικής Μετάπλασης των Εννοιών και των Μοντέλων . Η περίπτωση του Φαινομένου της Ώσμωσης.

Λεωνίδας Τσουμπελής, Διδάκτωρ της Διδακτικής των Φ. Επιστημών,
Σύμβουλος ΠΕ04 Β/θμιας Εκπαίδευσης Πειραιά
Ερατούς 22 Π. Φάληρο 17563, τηλ.: 2109849273, e-mail: leotsoum@hotmail.com

1. Προβληματική έρευνας

Η ώσμωση καθώς και οι υπόλοιπες αθροιστικές ιδιότητες των διαλυμάτων (μείωση της τάσης των ατμών, ταπείνωση του σημείου τήξης και η ανύψωση του σημείου βρασμού) αποτελούν ένα σημαντικό τομέα της χημείας. Η μελέτη των αθροιστικών ιδιοτήτων και της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των διαλυμάτων οδήγησε στη γένεση του θεωρητικού κλάδου της φυσικοχημείας (Arrhenius, 1912). Αυτός ο τομέας γνώσεων είναι ιδιαίτερα προνομιακός:

- Για τη διδασκαλία ποσοτικών σχέσεων στα διαλύματα, δεδομένου ότι η χρησιμοποίηση των μοριακών συγκεντρώσεων των διαλυμάτων είναι απολύτως απαραίτητη για τη μελέτη αυτών των φαινομένων.
- Για την εισαγωγή μοντέλων που είναι απαραίτητα για την ερμηνεία και πρόβλεψη των φυσικοχημικών φαινομένων αυτού του τομέα γνώσεων.
- Για την κατανόηση των μηχανισμών παθητικής μεταφοράς στους ζωντανούς οργανισμούς.

Ως εκ τούτου ο τομέας των αθροιστικών ιδιοτήτων μπορεί να θεωρηθεί ιδανικός για μία διεπιστημονική – διαθεματική προσέγγιση.

Προηγούμενες έρευνες της διδακτικής πάνω σε διαφορετικούς τομείς γνώσεων (Johnstone και Mahmoud, 1980a και b, 1981) δείχνουν ότι το φαινόμενο της ώσμωσης παρουσιάζει τις μεγαλύτερες δυσκολίες ανάμεσα σε πολλά ζητήματα που είναι απαραίτητα για την κατανόηση βασικών γνώσεων βιολογίας. Οι φοιτητές και οι μαθητές έχουν τάση να αντιμετωπίζουν την ωσμωτική ισορροπία ως μία ισορροπία συγκεντρώσεων, χρησιμοποιώντας μάλιστα τελεολογικούς μηχανισμούς. Ορισμένοι ερευνητές (Friedler, Amir και Tamir, 1987) προτείνουν στους καθηγητές της βιολογίας να μην χρησιμοποιούν τέτοιους επεξηγηματικούς μηχανισμούς κατά τη διδασκαλία τους.

Σε μεταγενέστερη έρευνα (Tsoumpélis, 1993) διαπιστώθηκε ότι και οι φοιτητές στη Γαλλία χρησιμοποιούν ανάλογους τελεολογικούς μηχανισμούς, πράγμα που δεν παρουσιάζεται στις επεξηγήσεις των μαθητών της Α' και της Β' λυκείου οι οποίοι δεν έχουν διδαχθεί ακόμα το φαινόμενο της ώσμωσης. Άλλες σημαντικές διαπιστώσεις

αυτής της μελέτης ανάμεσα στα έργα μαθητών της Α' λυκείου (που δεν είχαν διδαχθεί το φαινόμενο της ώσμωσης) και φοιτητών του πανεπιστημίου (που έχουν γνώσεις πάνω στο φαινόμενο της ώσμωσης και της διάχυσης από το μάθημα της Βιολογίας της Β' λυκείου) είναι οι ακόλουθες: οι μαθητές, κατά τη διάρκεια δραστηριοτήτων ερμηνείας και πρόβλεψης της εξέλιξης του φαινομένου της ώσμωσης, προβαίνουν σε ουσιαστικές διαδικασίες μοντελοποίησης πράγμα που δεν συμβαίνει με τους φοιτητές. Οι τελευταίοι κάνουν μία στοιχειώδη θεωρητική προσέγγιση του φαινομένου, η οποία στρέφεται γύρω από το ρόλο της συγκέντρωσης των διαλυμάτων. Αυτό αποδεικνύει ότι η χρήση των μοντέλων από τους μαθητές ή τους φοιτητές δεν είναι δυνατή παρά μόνο σε τομείς φαινομένων που δεν έχουν μελετηθεί (θεωρητικοποιηθεί) επαρκώς.

Η εργασία που παρουσιάζεται εδώ αποτελεί μέρος μίας ευρύτερης έρευνας που αφορά στην μελέτη της διδακτικής μετάπλασης (Chevallard, 1985 και 1991) ή αναπλαισίωσης του φαινομένου της ώσμωσης τόσο στη δευτεροβάθμια όσο και στην τριτοβάθμια εκπαίδευση. Η ευρύτερη αυτή έρευνα αφορά: 1. Στη μελέτη της ιστορικής εξέλιξης των αντιλήψεων πάνω στο φαινόμενο της ώσμωσης (φυλογένεση), 2. Στη μελέτη των απόψεων πάνω στο φαινόμενο της ώσμωσης (οντογένεση) μαθητών της Α' κα Β' λυκείου, φοιτητών του πανεπιστημίου, μεταπτυχιακών φοιτητών, καθηγητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (χημικών, φυσικών και μαθηματικών) και καθηγητών πανεπιστημίου όλων των βαθμίδων. 3. Στη μελέτη των σχολικών εγχειριδίων της δευτεροβάθμιας και της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Επιγραμματικά αναφέρουμε ότι η μελέτη των σχολικών εγχειριδίων της δευτεροβάθμιας και της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης δείχνει ότι αυτά τα τελευταία βρίθουν τελεολογικών μηχανισμών. Αναφέρουμε το παράδειγμα του εγχειριδίου χημείας της Β' λυκείου θετικής κατεύθυνσης του Λιοδάκη: «Έτσι λοιπόν το νερό εισέρχεται με μεγαλύτερη ταχύτητα στο δεξί μέρος του δοχείου *με σκοπό* να εξισώσει τις συγκεντρώσεις στα δύο μέρη» (σελ. 24). Γενική διαπίστωση είναι επίσης ότι και σε ορισμένα πανεπιστημιακά βιβλία 2^{ου} κύκλου και σε ορισμένα βιβλία μεταπτυχιακού επιπέδου οι τελεολογικοί μηχανισμοί παρουσιάζονται ως επεξηγήσεις φαινομένων που εξελίσσονται προς μία κατάσταση ισορροπίας. Η διαπίστωση αυτή μας οδήγησε στην ανίχνευση των μηχανισμών της οντογένεσης μέχρι το επίπεδο των χημικών καθηγητών πανεπιστημίου.

Οι βασικές υποθέσεις αυτής της έρευνας είναι οι εξής:

- Το φαινόμενο της ώσμωσης είναι εξαιρετικά δύσκολο στην επιστημονική του προσέγγιση με αποτέλεσμα να προσφέρει χώρο σε εναλλακτικές ιδέες,

- Ορισμένες εναλλακτικές ιδέες κυριαρχούν σ' όλα τα επίπεδα της εκπαίδευσης και μεταβιβάζονται ως συμπληρωματικοί μηχανισμοί επεξήγησης στους μαθητές και τους φοιτητές,
- Η εμφάνιση ορισμένων ιδεών ως επεξηγήσεων φαινομένων επάγεται από τα χαρακτηριστικά των καταστάσεων παρατήρησης ανεξαρτήτως ηλικίας και παιδείας.

2. Σύντομη ιστορική αναδρομή και σύγχρονες κρατούσες απόψεις για την ώσμωση (συνοπτική μελέτη φυλογένεσης)

Το φαινόμενο της ώσμωσης παρατηρήθηκε για πρώτη φορά από το Γάλλο φυσιολόγο H. Dutrochet (1827). Για τη μελέτη του φαινομένου ο H. Dutrochet κατασκεύασε ωσμόμετρο με μεμβράνη από κύστη γουρουνιού και χρησιμοποίησε διαλύματα γλυκόζης και σακχαρόζης. Θεωρούσε ότι η λειτουργία του είναι ανάλογη με αυτή του ζωικού κυττάρου. Η μεμβράνη του ωσμόμετρου αυτού δεν ήταν αυστηρά επιλεκτική στα μόρια της γλυκόζης και της σακχαρόζης με αποτέλεσμα την σύγχρονη διάχυση των προαναφερθεισών ουσιών μέσω της μεμβράνης. Μισό αιώνα αργότερα (1877) ο Ολλανδός φυσιολόγος Pfeffer, στηριζόμενος στις εργασίες του M. Traube (1867) πάνω στις τεχνητές μεμβράνες, κατασκεύασε ωσμόμετρο με αυστηρά επιλεκτική μεμβράνη καταβυθίζοντας ίζημα $K_4[Fe(CN)_6]$ στους πόρους πήλινου δοχείου στο οποίο προσάρμοσε μανόμετρο. Η ένδειξη που δείχνει το μανόμετρο όταν το πήλινο ωσμόμετρο, γεμάτο με διάλυμα ορισμένης συγκέντρωσης, βυθίζεται σε καθαρό διαλύτη, είναι η ωσμωτική πίεση. Χρησιμοποιώντας αυτό το ωσμόμετρο ο Pfeffer μελέτησε και διατύπωσε τους νόμους της ωσμωτικής πίεσης:

- $\Pi = \kappa_1 T$, όταν η συγκέντρωση είναι σταθερή και
- $\Pi = \kappa_2 C$, όταν η θερμοκρασία είναι σταθερή.

Λίγο αργότερα ο φυσιολόγος H. De Vries μελέτησε τη συμπεριφορά των ζωικών κυττάρων μέσα σε διαλύματα διαφορετικών ουσιών. Ο De Vries παρατήρησε ότι, σε σταθερή θερμοκρασία, τα διαλύματα των ουσιών μέσα στα οποία τα κύτταρα ούτε διαστέλλονται ούτε συστέλλονται, έχουν την ίδια μοριακή συγκέντρωση. Ο De Vries ονόμασε αυτά τα διαλύματα ισοτονικά. Οι προαναφερόμενοι φυσιολόγοι, αντίθετοι στις κυριαρχούσες εκείνη την περίοδο απόψεις του βιταλισμού, προσπάθησαν να θεμελιώσουν μία φυσιολογία πάνω σε φυσικοχημικές βάσεις και για αυτό δε δίστασαν να ζητήσουν τη θεωρητική στήριξη των φυσικών και των χημικών.

Η θεωρητική σύνθεση στην οποία κατέληξε ο Van't Hoff (1888) ήλθε τόσο ως απάντηση στο προηγούμενο κοινωνικό αίτημα όσο και ως εσωτερική αναγκαιότητα στην προσπάθεια θεωρητικοποίησης του τομέα των αραιών διαλυμάτων. Η προσπάθεια αυτή βασιζόταν για αρκετά χρόνια στη αναλογία ανάμεσα στα αραιά διαλύματα και τα αέρια. Ο Van't Hoff ξεκινώντας από τη εμφανή αναλογία ανάμεσα

στους νόμους των αερίων και τους νόμους της ωσμωτικής πίεσης, όπως αυτοί διευτυώθηκαν από τον Pfeffer, κατέληξε, βασιζόμενος σε θερμοδυναμικά δεδομένα στον τύπο: $PV = nRT$, που είναι ανάλογος της καταστατικής εξίσωσης των αερίων $PV = nRT$. Διατύπωσε στη συνέχεια για τα αραιά διαλύματα ένα νόμο (υπόθεση) ανάλογο με το νόμο του Avogadro για τα αέρια. Η μελέτη αυτής της αναλογίας απέδωσε πολλαπλά οφέλη στη θεωρητικοποίηση των αραιών διαλυμάτων (Ostwald, 1909 και 1912) αλλά εισήγαγε λανθασμένες αντιλήψεις για την ωσμωτική πίεση και την ωσμωτική ισορροπία, οι οποίες επιβιώνουν μέχρι σήμερα στα εγχειρίδια χημείας και βιολογίας της δευτεροβάθμιας και της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης της Γαλλίας και άλλων χωρών. Ήδη από το 1890 και μετά μία από τις μεγάλες προκλήσεις για τους χημικούς και τους φυσικούς, μέσα από την παραπάνω αναλογία, ήταν η δημιουργία μίας κινητικής θεωρίας για την ώσμωση, και τις υπόλοιπες αθροιστικές ιδιότητες των διαλυμάτων, ανάλογη με την κινητική θεωρία των αερίων. Η επιπόλαιη σύγκριση των δύο τομέων οδήγησε στο εσφαλμένο συμπέρασμα ότι η ωσμωτική πίεση είναι μία ιδιότητα του διαλύματος ανεξάρτητα της επαφής του με τον καθαρό διαλύτη μέσω ημιπερατής μεμβράνης. Ως λογική συνέπεια του εσφαλμένου αυτού συμπεράσματος η ωσμωτική πίεση θεωρήθηκε ως το αποτέλεσμα της σύγκρουσης των μορίων της διαλυμένης ουσίας με τα τοιχώματα του δοχείου.

Η πρώτη κινητική θεωρία της ώσμωσης δόθηκε από τον Dekker (1932) μέσα από το βαρύ φορμαλισμό της στατιστικής φυσικής. Όλες οι επιστημονικά παραδεκτές μικρο και μακροσκοπικές προσεγγίσεις, τόσο της ωσμωτικής ισορροπίας όσο και της δυναμικής του φαινομένου της ώσμωσης, ως μηχανισμού μεταφοράς ενός διαλύτη, γίνονται με τη χρήση της έννοιας του χημικού δυναμικού. Οι συνθήκες που καθορίζουν την ωσμωτική ισορροπία είναι η ισότητα των απολύτων θερμοκρασιών των δύο διαλυμάτων και η ισότητα των χημικών δυναμικών του διαλύτη στα δύο υποσυστήματα (διάλυμα 1 – διάλυμα 2). Στα πλαίσια της θερμοδυναμικής των συστημάτων που εξελίσσονται κοντά στην ισορροπία, η κινητήρια δύναμη της μεταφοράς διαλύτη μέσω ημιπερατής μεμβράνης είναι η βαθμίδωση του χημικού δυναμικού του διαλύτη. Η κατάργηση της βαθμίδωσης χημικού δυναμικού οδηγεί στην ωσμωτική ισορροπία. Σε μία πιο περιοριστική προσέγγιση, στα πλαίσια πάντα της θερμοδυναμικής των συστημάτων που εξελίσσονται κοντά στην ισορροπία, η βαθμίδωση συγκέντρωσης ενός χημικού είδους (του διαλύτη στην περίπτωση της ώσμωσης) είναι η συμβατική δύναμη – αίτιο μεταφοράς του. Αν οι θερμοκρασίες και οι πιέσεις των δύο υποσυστημάτων, που χωρίζονται από την ημιπερατή μεμβράνη, είναι ίδιες τότε το συνολικό σύστημα εξελίσσεται προς μία κατάσταση ισορροπίας όπου οι συγκεντρώσεις του μεταφερόμενου είδους (διαλύτη για την ώσμωση) είναι ίσες.

Συνακόλουθα προσεγγιστικά ίσες θα είναι και οι συγκεντρώσεις ως προς τις διαλυμένες ουσίες. Μία τέτοια ισορροπία είναι απίθανο να επιτευχθεί, ειδικά στις περιπτώσεις όπου το ένα υποσύστημα είναι το διάλυμα και το άλλο είναι ο καθαρός διαλύτης. Σ' αυτή την περίπτωση η ωσμωτική ισορροπία, σε σταθερή θερμοκρασία, δεν είναι τίποτε άλλο παρά ισορροπία δύο αντιθέτων δυνάμεων: της βαθμίδωσης πίεσης και της βαθμίδωσης συγκέντρωσης του διαλύτη. Σε μικροσκοπική προσέγγιση η ισορροπία αυτή εκφράζεται με τη μετακίνηση ίσων αριθμών μορίων διαλύτη ανά μονάδα χρόνου από και προς τα δύο υποσυστήματα που χωρίζονται με ημιπερατή μεμβράνη.

Πέρα από τις θερμοδυναμικές προσεγγίσεις, που δόθηκαν ήδη από την εποχή του Van't Hoff, η επιστημονική κοινότητα είχε κατ' αρχή στραφεί προς το ρόλο της διαλυμένης ουσίας που αποτελεί την «αριστοτελική *υλική αιτία* του» φαινομένου. Οι κυρίαρχοι επεξηγηματικοί μηχανισμοί του φαινομένου εκείνη την εποχή ήσαν δύο: α) η έλξη ή η αντίδραση ανάμεσα στα μόρια του διαλύτη και της διαλυμένης ουσίας, β) η σύγκρουση των μορίων της διαλυμένης ουσίας με τα τοιχώματα του δοχείου. Κάποιες άλλες ερμηνείες έκαναν αναφορά στη δομή της μεμβράνης χωρίς να αποσαφηνίζουν τους μηχανισμούς του φαινομένου. «Η κολλοειδής ημιπερατή μεμβράνη, που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ωσμωτικής πίεσης, απορροφά από το εξωτερικό του ωσμωμέτρου νερό και εφυδατώνεται. Στη συνέχεια το διάλυμα, μέσω ενός άγνωστου μηχανισμού, αφυδατώνει το εσωτερικό της μεμβράνης» (Jones, 1913). Την ίδια εποχή (Garner, 1910) εμφανίζονται μικροσκοπικές ερμηνείες με χρήση ενεργειακών δεδομένων, όπου ο κύριος ρόλος του φαινομένου αποδίδεται στα μόρια του διαλύτη ενώ τα μόρια της διαλυμένης ουσίας επηρεάζουν εμμέσως το φαινόμενο. Σύμφωνα με το μοντέλο του Garner οι πόροι της μεμβράνης θεωρούνται ως χώροι όπου γίνεται ισόθερμη εξάτμιση. Η λεπτομερής περιγραφή του παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον αλλά ξεφεύγει από τους σκοπούς αυτής της παρουσίασης. Κάποια στοιχεία από αυτό το μοντέλο χρησιμοποιήθηκαν για τη δόμηση μίας ποιοτικής κινητικής θεωρίας της ώσμωσης για το επίπεδο της Α' λυκείου.

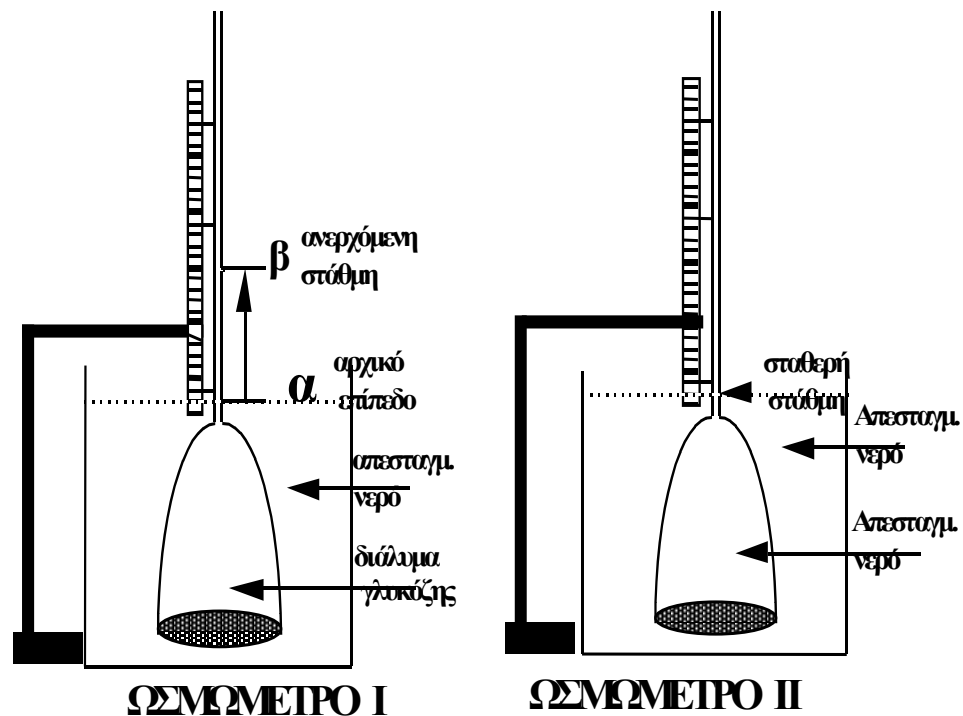
3. Μεθοδολογία έρευνας

Το δείγμα αυτής της έρευνας αποτελείται από 8 καθηγητές φυσικών επιστημών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, 28 μαθηματικούς (καθηγητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αλλά και εργαζόμενους σε διάφορους άλλους τομείς), 8 φοιτητές χημείας (3^{ου} και 4^{ου} έτους, DEA, Διδακτορικού), 5 χημικούς καθηγητές πανεπιστημίου και 1 βιολόγο καθηγητή πανεπιστημίου. Το παραπάνω δείγμα αφορά μόνο Γάλλους φοιτητές και καθηγητές. Για τη μελέτη των απόψεων των παραπάνω ομάδων ετέθησαν τα ίδια περίπου ερωτήματα, αναφορικά με το φαινόμενο της ώσμωσης και την ωσμωτική ισορροπία. Τα

διατιθέμενα για ανάλυση υλικά είναι γραπτά και αποκρυπτογραφημένες συνομιλίες (ημικατευθυνόμενη συνέντευξη με τον ερευνητή).

Οι φοιτητές και οι καθηγητές παρατηρούν κατ' αρχήν δύο πανομοιότυπα ωσμώμετρα τύπου Dutrochet. Η μεμβράνη του ωσμωμέτρου αποτελείται από κύστη χοίρου. Για ορισμένες ομάδες γίνεται απλή επίκληση και όχι παρατήρηση του φαινομένου.

Στη συνέχεια τους ζητείται να απαντήσουν στις ακόλουθες ερωτήσεις: 1) Γιατί το επίπεδο του υγρού ανεβαίνει στο στέλεχος του πρώτου (I) ωσμωμέτρου (μέσα στο οποίο έχουμε τοποθετήσει διάλυμα γλυκόζης) πράγμα που δεν συμβαίνει στο δεύτερο (II) ωσμώμετρο (μέσα στο οποίο τοποθετήσαμε νερό); 2) Τι υπάρχει μέσα στο στέλεχος του ωσμωμέτρου I ανάμεσα στα επίπεδα α και β; 3) Γιατί το επίπεδο του υγρού μετά από αρκετή ώρα σταθεροποιείται σε ένα δεδομένο ύψος; Η επόμενη φάση αφορά στην πρόβλεψη της σχετικής ταχύτητας ανόδου του υγρού στο στέλεχος του ωσμωμέτρου για διαλύματα διαφορετικών συγκεντρώσεων της ίδιας ουσίας, διαφορετικών μοριακών ουσιών και ιοντικών ουσιών.



4. Συνοπτική μελέτη οντογένεσης

Τα διατιθέμενα υλικά αυτής της έρευνας είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν για πολλαπλές αναλύσεις όπως:

- Μελέτη της εξέλιξης των επεξηγήσεων (αιτιακών ή άλλων) σε καταστάσεις περιγραφής - ερμηνείας - πρόβλεψης φαινομένων,
- Ανάλυση της επιχειρηματολογίας του υποκειμένου σε καταστάσεις περιγραφής - ερμηνείας - πρόβλεψης φαινομένων,
- Ανάλυση της αυθόρμητης ή συνειδητής επιστημολογίας του φοιτητή, του καθηγητή ή του ερευνητή.

Στην παρούσα εργασία δεν είναι δυνατόν να παρουσιαστεί παρά μόνο μία σταχυολόγηση των επεξηγήσεων του φαινομένου της ώσμωσης και της ωσμωτικής ισορροπίας.

Θα παρουσιάσουμε κατ' αρχήν τα αποτελέσματα που αφορούν στην περιγραφή της δυναμικής του φαινομένου της ώσμωσης. Στη συνέχεια θα περιγράψουμε τον τρόπο με τον οποίο αντιμετωπίζουν οι φοιτητές και οι καθηγητές την ωσμωτική ισορροπία.

α) Η δυναμική του φαινομένου της ώσμωσης

1. Χρήση της έννοιας του χημικού δυναμικού:

Μόνο ένας καθηγητής Φ. Ε. κάνει χρήση του χημικού δυναμικού, όχι για την περιγραφή της δυναμικής του φαινομένου αλλά για την ωσμωτική ισορροπία. Επίσης ένας καθηγητής μαθηματικός χρησιμοποιεί την έννοια του δυναμικού, γενικά, για να περιγράψει την τάση κίνησης της διαλυμένης ουσίας.

2. Χρήση της βαθμίδας συγκέντρωσης νερού:

Ένας καθηγητής Φ. Ε. και τρεις μεταπτυχιακοί φοιτητές Χημείας περιγράφουν το φαινόμενο ως κίνηση του διαλύτη που κατεβαίνει την βαθμίδα συγκέντρωσης του νερού.

3. Χρήση της βαθμίδας συγκέντρωσης της διαλυμένης ουσίας:

«Το νερό περνάει από τους πόρους της μεμβράνης για να εξισορροπήσει ή να μειώσει τη συγκέντρωση της γλυκόζης» (πέντε καθηγητές Φ. Ε., πέντε μαθηματικοί καθηγητές, τέσσερις φοιτητές χημείας, έξι χημικοί καθηγητές).

4. Χρήση της ωσμωτικής πίεσης:

«Το νερό περνά από το κρυσταλλικό προς το ωσμόμετρο εξ αιτίας της ωσμωτικής πίεσης» (ένας καθηγητής Φ. Ε. και ένας καθηγητής μαθηματικός). «Το νερό περνά από το κρυσταλλικό προς το ωσμόμετρο για να εξισορροπήσει τις ωσμωτικές πιέσεις» (ένας καθηγητής Βιολογίας).

5. Χρήση διαφοράς πιέσεων:

«Το νερό διέρχεται από την ημιπερατή μεμβράνη λόγω των διαφορετικών πιέσεων ή της διαφοράς πιέσεων που ασκούνται στις

δύο πλευρές της μεμβράνης» (ένας καθηγητής Φ. Ε., πέντε καθηγητές μαθηματικοί). Η ερμηνεία αυτή παρουσιάζεται και σε μαθητές της Α' λυκείου.

6. Έλξη – αντίδραση νερού και διαλυμένης ουσίας:

«Τα μόρια του νερού έλκονται ή αντιδρούν με τα μόρια της γλυκόζης» (ένας καθηγητής Φ. Ε., δύο καθηγητές μαθηματικοί, δύο φοιτητές Χημείας). Η εξήγηση αυτή κυριαρχεί και σε μαθητές της Α' λυκείου πριν από τη διδασκαλία του φαινομένου της ώσμωσης.

7. Απλή περιγραφή διαδικασίας:

«Το επίπεδο της στάθμης ανεβαίνει γιατί το νερό περνά από τους πόρους της μεμβράνης και εισέρχεται από το κρυσταλλικό στο ωσμόμετρο» (ένας καθηγητής Φ. Ε., πέντε καθηγητές μαθηματικοί). Η εξήγηση αυτή παρουσιάζεται και σε μαθητές της Α' λυκείου.

8. Τελεολογικός μηχανισμός:

«Το νερό περνά από τους πόρους της μεμβράνης για να εξελιχθεί το σύστημα προς την ισορροπία»

(ένας καθηγητής Φ. Ε., ένας καθηγητής μαθηματικός).

9. Μηχανισμός εκτατικότητας:

«Το επίπεδο θα έπρεπε να κατεβαίνει γιατί στο κρυσταλλικό υπάρχει περισσότερος χώρος για τα μόρια της γλυκόζης απ' ότι μέσα στο ωσμόμετρο» (ένας καθηγητής Φ. Ε.). Η εξήγηση αυτή παρουσιάζεται και σε μαθητές της Α' λυκείου.

10. Τριχοειδές φαινόμενο:

«Το νερό ανεβαίνει και λόγω των τριχοειδών φαινομένων» (ένας καθηγητής Φ. Ε., ένας καθηγητής μαθηματικός, ένας καθηγητής Χημείας).

β) Η περιγραφή και η ερμηνεία της ωσμωτικής ισορροπίας

Στην ερώτηση που υποβάλλουν οι φοιτητές και οι καθηγητές για την επιλεκτικότητα της μεμβράνης ζητούμε πάντα να τη θεωρήσουν ως απόλυτα ημιπερατή (επιτρέπει μόνο τη διόδo των μορίων του νερού). Από τις περιγραφές της ωσμωτικής ισορροπίας που ακολουθούν μόνο οι δύο πρώτες θεωρούνται σωστές (και οριακά η τρίτη). Οι τέσσερις επόμενες (από τέσσερα έως επτά) είναι σωστές προτάσεις για το περιγραφόμενο φαινόμενο αλλά ελλιπείς ως περιγραφές της ωσμωτικής ισορροπίας. Οι υπόλοιπες είναι εσφαλμένες γιατί η εξίσωση των συγκεντρώσεων της διαλυμένης ουσίας γύρω από την οποία στρέφονται οι περιγραφές είναι αδύνατη στη δεδομένη πειραματική κατάσταση. Παραθέτουμε συνοπτικά τις περιγραφές της ωσμωτικής ισορροπίας:

1. «Το υγρό σταματάει να ανεβαίνει όταν η πίεση της στήλης του γίνει ίση με την ωσμωτική πίεση του διαλύματος. Αυτή τη στιγμή το χημικό δυναμικό του νερού και από τις δύο πλευρές της μεμβράνης είναι ίδιο» (ένας καθηγητής Φ. Ε.).

2. «Το σύστημα καταλήγει σε ισορροπία όταν η δύναμη που αντιστοιχεί στο βάρος της στήλης του υγρού εξισώνεται με τη δύναμη που αντιστοιχεί στη βαθμίδα συγκέντρωσης του νερού» (ένας φοιτητής Χημείας).
3. «Το υγρό σταματά να ανεβαίνει γιατί από μία διαφορά πίεσης και μετά περνά ίδιος αριθμός μορίων νερού και προς τις δύο κατευθύνσεις» (ένας καθηγητής μαθηματικός, δύο φοιτητές Χημείας, ένας καθηγητής Χημείας).
4. «Το σύστημα καταλήγει σε ισορροπία. Θα ήταν μία ισορροπία συγκεντρώσεων αν η γλυκόζη διαχεόταν προς το κρυσταλλικό» (ένας καθηγητής Φ. Ε., ένας καθηγητής Χημείας).
5. «Διαπιστώνουμε ότι η συνάρτηση $f(x_1, \dots, x_n) = b - a$ καταλήγει σε τοπικό ακρότατο, άρα πρόκειται για ισορροπία» (ένας καθηγητής μαθηματικός).
6. «Πρόκειται για μία ισορροπία αλλά ποια;» (ένας καθηγητής Φ. Ε., ένας καθηγητής μαθηματικός).
7. «Το σύστημα καταλήγει σε μία φυσική ισορροπία» (ένας καθηγητής μαθηματικός).
8. «Το υγρό σταματά να ανεβαίνει όταν η τάση της εξίσωσης των συγκεντρώσεων αντισταθμίζεται από την πίεση της στήλης του υγρού» (ένας καθηγητής Φ. Ε., δύο φοιτητές Χημείας, τρεις καθηγητές μαθηματικοί).
9. «Το σύστημα καταλήγει σε ισορροπία όταν η δύναμη που αντιστοιχεί στο βάρος της στήλης του υγρού (ή ωσμωτική πίεση, όπως αναφέρεται από άλλους) εξισώνεται με τη δύναμη που αντιστοιχεί στη διαφορά των συγκεντρώσεων της γλυκόζης» (ένας φοιτητής Χημείας, τρεις καθηγητές Χημείας).
10. «Το φαινόμενο σταματά όταν φτάνουμε σε ισότητα των συγκεντρώσεων της γλυκόζης, λόγω διάχυσης της γλυκόζης μέσω της μεμβράνης» (δύο καθηγητές μαθηματικοί).
11. «Το υγρό σταματά να ανεβαίνει όταν το διάλυμα της γλυκόζης αποκτά μία σταθερή συγκέντρωση» (δύο καθηγητές μαθηματικοί).
12. «Το υγρό σταματά να ανεβαίνει όταν το διάλυμα της γλυκόζης είναι επαρκώς αραιωμένο» (ένας φοιτητής Χημείας).
13. «Το υγρό σταματά να ανεβαίνει λόγω της ισορροπίας των δυνάμεων (ή πιεστικών δυνάμεων) από τις δύο πλευρές της μεμβράνης» (δύο καθηγητές Φ. Ε., ένας καθηγητής μαθηματικός).
14. «Το υγρό σταματά να ανεβαίνει γιατί φτάνουμε σε ισορροπία πιέσεων» (δύο καθηγητές Φ. Ε., πέντε καθηγητές μαθηματικοί, ένας φοιτητής Χημείας, ένας καθηγητής Χημείας).
15. «Το υγρό σταματά να ανεβαίνει λόγω ισότητας των οσμωτικών πιέσεων» (ένας καθηγητής Φ. Ε., ένας καθηγητής Βιολογίας, ένας φοιτητής Χημείας).

16. «Το υγρό σταματά να ανεβαίνει λόγω της ατμοσφαιρικής πίεσης ή λόγω του ότι η ατμοσφαιρική πίεση εμποδίζει την έπ' αόριστον αρραίωση του διαλύματος της γλυκόζης. Έτσι το σύστημα βαδίζει προς την ισορροπία» (ένας καθηγητής Φ. Ε., ένας καθηγητής Χημείας, δύο καθηγητές μαθηματικοί).

17. «Η άνοδος του υγρού σταματά γιατί το διάλυμα δεν μπορεί ν' απορροφήσει πλέον άλλο διαλύτη ή γιατί μειώνεται βαθμιαία η έλξη ανάμεσα στα μόρια της γλυκόζης και του νερού» (ένας καθηγητής μαθηματικός, ένας φοιτητής Χημείας).

18. «Το υγρό σταματά ν' ανεβαίνει γιατί αυτό 'θα στοίχιζε ενεργειακά» (ένας καθηγητής Φ. Ε.)

5. Συμπεράσματα, προοπτικές για τη διδακτική μετάπλαση του φαινομένου της ώσμωσης στο επίπεδο της Α' λυκείου

Η παρούσα έρευνα επαληθεύει τις βασικές υποθέσεις εργασίας: Αποδεικνύεται, κατ' αρχήν, η δυσκολία χρησιμοποίησης των εργαλείων της θερμοδυναμικής των καταστάσεων ισορροπίας, της θερμοδυναμικής των μη αντιστρεπτών μεταβολών κοντά στην κατάσταση ισορροπίας (εκτός ελαχίστων εξαιρέσεων) ακόμα και από τους ειδικούς του χώρου. Δεν εμφανίζεται καμία περιγραφή με όρους στατιστικής φυσικής. Το αποτέλεσμα είναι ότι μαθητές, φοιτητές, καθηγητές διαφόρων ειδικοτήτων δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, καθηγητές πανεπιστημίου (χημικοί) να βρίσκονται συχνά στο ίδιο σημείο εκκίνησης. Επιβεβαιώνεται ότι η εμφάνιση ορισμένων ιδεών ως επεξηγήσεων των φαινομένων επάγεται από τα χαρακτηριστικά των καταστάσεων παρατήρησης ανεξαρτήτως ηλικίας και παιδείας. Για παράδειγμα η κινητοποίηση της έννοιας της διαφοράς πιέσεων για την άνοδο του υγρού στο στέλεχος του ωσμόμετρου παρατηρείται από μαθητές της Α' λυκείου έως καθηγητές πανεπιστημίου! Το ίδιο συμβαίνει για την ερμηνεία της ώσμωσης ως έλξης ή αντίδρασης της διαλυμένης ουσίας με το διαλύτη. Άλλωστε αυτή η άποψη ήταν μία από τις δύο κυρίαρχουσες ιστορικά. Αξίζει να σημειωθεί ότι μαθητές της Β' λυκείου του Γαλλικού Σχολείου παρουσίασαν επεξήγηση του φαινομένου της ώσμωσης, στην οποία εμπλέκεται ο ρόλος της μεμβράνης και της διαλυμένης ουσίας, ανάλογη με αυτή του Jones το 1913 (βλ. παράγραφο 2): «Η γλυκόζη που εισέρχεται στους πόρους της μεμβράνης, έλκει το νερό μέσα στο ωσμόμετρο και στη συνέχεια το εμποδίζει να εξέλθει»! Διαπιστώνεται έτσι κοινότητα γνωστικών συμπεριφορών τόσο ιστορικά (φυλογένεση) όσο και σύγχρονα (οντογένεση). Οι διαπιστώσεις αυτής της μελέτης αντικρούουν το μύθο των μεγάλων διαφορών ανάμεσα στον αρχάριο και τον ειδικό και της συναφούς θεωρίας της εννοιολογικής αλλαγής. Οι μαθητές της Α' λυκείου, χωρίς γνώσεις πάνω στο φαινόμενο της ώσμωσης και τη γραμμομοριακή συγκέντρωση, προτείνουν περιγραφές και ερμηνείες

εξαιρετικά ενδιαφέρουσες (με μηχανισμούς που έχουν εμφανιστεί ιστορικά ως ερμηνείες της ώσμωσης) και κάνουν σημαντικές προσπάθειες μοντελοποίησης (σύνδεσης των επεξηγήσεων τους με τις παραμέτρους από τις οποίες εξαρτάται ποσοτικά η εξέλιξη του φαινομένου: μάζα, όγκο, συγκέντρωση) στις ερωτήσεις πρόβλεψης της εξέλιξης του φαινομένου. Ο πλούτος αυτών των μοντέλων χάνεται όταν γίνει η κλασσική προσέγγιση του φαινομένου στο μάθημα της βιολογίας της Β' λυκείου. Στους διδαχθέντες το φαινόμενο της ώσμωσης κυριαρχεί η τελεολογική ερμηνεία του φαινομένου: «το νερό περνάει από την μεμβράνη για να εξισορροπήσει τις συγκεντρώσεις της διαλυμένης ουσίας». Αποδεικνύεται για άλλη μία φορά ότι ελλείπει ουσιαστικών εννοιολογικών εργαλείων (μοντέλων) για τη διαχείριση ενός δύσκολου φαινομενολογικού χώρου τόσο οι αρχάριοι όσο και οι ειδικοί κινητοποιούν «απλοϊκά πρωτογενή μοντέλα». Αυτός είναι ο τρόπος σκέψης του φυσικού ή του χημικού. Αυτός είναι και ο φυσικός τρόπος σκέψης του μαθητή όταν το εκπαιδευτικό σύστημα του επιτρέπει να περιγράφει, να ερμηνεύει, να υποθέτει, να προβλέπει την εξέλιξη φαινομένων! Εκτός αν η κανονιστική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών ισοπεδώσει αυτό τον τρόπο σκέψης προτείνοντας *θεραπίες* τύπου εννοιολογικής αλλαγής, απαγορεύοντας στο μαθητή να κάνει ότι κάνει ο φυσικός ή ο χημικός στο εργαστήριό του. Να μοντελοποιεί! Όταν αντιμετωπίζει κάποιο θεωρητικό πρόβλημα ο φυσικός ή ο χημικός στην ερμηνεία ενός φαινομένου συνήθως κάνει κάποια υπόθεση για τη φύση του, κινητοποιώντας κάποιο μοντέλο, και καταφεύγει στο πείραμα για την επαλήθευσή της. Αν διαψευσθεί δοκιμάζει κάποιο δεύτερο ή τρίτο αλλά και όποια ιδέα έχει στα μπαγκάζα του. Η κινητοποίηση των μοντέλων, των αναλογιών ή όποιων άλλων επεξηγηματικών μηχανισμών στοιχειοθετεί τον τρόπο σκέψης του φυσικού, του χημικού, του μαθητή. Σε αντίθεση με το μοντέλο η θεωρία είναι από τη φύση της θνησιγενής γιατί θα πρέπει να ερμηνεύει «μία πραγματικότητα» που όλο διευρύνεται και θα πρέπει να αντικατασταθεί από κάποια άλλη θεωρία.. *Όταν θα συμβεί αυτό θα πεθάνει ως θεωρία και θα περάσει στην αθανασία ως μοντέλο!* Θα ερμηνεύει όμως στη εντέλεια ένα συγκεκριμένο φάσμα φαινομένων που αποτελούν τον τομέα πραγματικότητας του μοντέλου (σημαντική του μοντέλου). Όλες οι πρώην θεωρίες, η καθεμία με τον τομέα πραγματικότητάς της, αποτελούν εν δυνάμει μοντέλα που μπορούν να δώσουν λύση σε ένα καινούργιο τομέα φαινομένων. Σε μία πρωτότυπη προβληματική κατάσταση ο μαθητής δεν έχει έτοιμο το πλαίσιο μελέτης (αυτό που έχει ο καθηγητής για λογαριασμό του). Έτσι, αντιμετωπίζει μία καινούργια κατάσταση ξεκινώντας από τις «εναλλακτικές του ιδέες» και προχωρώντας σε πιο αποτελεσματικά μοντέλα αν τα διαθέτει. Επομένως θα ήταν χρήσιμο η διδασκαλία να μην επικεντρώνεται στην συντριβή των ιδεών του μαθητή. Διότι τι θα

μείνει στη θέση τους όταν τα νοητικά του σχήματα δεν μπορούν να εντάξουν ακόμα τις προτεινόμενες «καλοχτενισμένες» θεωρίες – έννοιες ή να προσαρμοστούν σε αυτές; Άλλωστε το σπουδαιότερο εύρημα της θεωρίας της εννοιολογικής αλλαγής, αλλά και της παρούσης εργασίας είναι ότι οι εναλλακτικές ιδέες δεν καταστρέφονται αλλά υπάρχουν και κινητοποιούνται μέχρι το βαθύ γήρας! Η διδασκαλία θα πρέπει να δώσει στο μαθητή όσο πιο συχνά γίνεται τη δυνατότητα να κτίσει και να κινητοποιεί μοντέλα συμβατά με τις απόψεις των Φυσικών Επιστημών. Αν υπάρχει μία ουσιαστική διαφορά ανάμεσα στον αρχάριο και τον ειδικό, αυτή εντοπίζεται κυρίως στον όγκο και την οργάνωση των γνώσεων και όχι στον τρόπο που αυτές κτίζονται και ο οποίος είναι και για τους δύο κοινός.

Η ερευνητική αυτή εργασία μετά από τη μελέτη των επεξηγήσεων του φαινομένου της ώσμωσης τόσο ιστορικά (φυλογένεση) όσο και σύγχρονα σε όλες σχεδόν τις βαθμίδες της εκπαίδευσης (οντογένεση) καταλήγει στην εισαγωγή ενός δυναμικού μοντέλου για την ώσμωση. Για τη δόμηση αυτού του μοντέλου ελήφθησαν υπόψη οι ακόλουθοι παράγοντες:

- Το επίπεδο των μαθητών της Α' λυκείου στους οποίους απευθύνεται.
- Η επιλογή να επικεντρωθεί η ερμηνεία στην κίνηση των μορίων του διαλύτη και συνολικά στο πέρασμα του νερού σε κατεύθυνση που συμπίπτει με την κάθοδο της βαθμίδας συγκέντρωσής του ώστε να είναι σε αρμονία με τις κρατούσες αντιλήψεις.
- Η απόδοση μίας αιτιότητας στη διαλυμένη ουσία, που ταιριάζει ψυχολογικά σε όλες τις ηλικίες. Η απόδοση αιτιότητας στη διαλυμένη ουσία είναι απαραίτητη για την αποδοχή του μοντέλου.
- Το μοντέλο αυτό θα πρέπει να μπορεί να ερμηνεύσει όχι μόνο το φαινόμενο της ώσμωσης αλλά και τις υπόλοιπες αθροιστικές ιδιότητες. Θα πρέπει, επίσης, να επιτρέπει την ποιοτική πρόβλεψη (κατεύθυνση μεταβολής) της εξέλιξης του φαινομένου της ώσμωσης και των συναφών φαινομένων.
- Τέλος θα πρέπει να εξηγεί γιατί αθροιστικές ιδιότητες των αραιών διαλυμάτων εξαρτώνται από τη μοριακή συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας.

6. Συνοπτική παρουσίαση του μοντέλου της δυναμικής παρεμπόδισης

Η ιδέα ότι τα μόρια της διαλυμένης ουσίας παίζουν, κατά την εξέλιξη του φαινομένου της ώσμωσης, ένα ρόλο «παρεμπόδισης» της κίνησης των μορίων του διαλύτη είναι ήδη διαδεδομένη και φαίνεται σε διάφορα εγχειρίδια της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αλλά και της

τριτοβάθμιας εκπαίδευσης του 1^{ου} κύκλου της Γαλλίας. Το μοντέλο, όμως, αυτό είναι *στατικό* (ερμηνεύει ποιοτικά το φαινόμενο θεωρώντας ακίνητα τα μόρια της διαλυμένης ουσίας) και δεν ερμηνεύει την εξάρτηση των αθροιστικών ιδιοτήτων από τη γραμμομοριακή συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας.

Το στατικό αυτό μοντέλο μπορούμε να το παρουσιάσουμε απλοϊκά ως εξής:

- Η μεμβράνη του ωσμώμετρου λειτουργεί ως πλέγμα που επιτρέπει τη δίοδο των μορίων μόνο του διαλύτη και όχι της διαλυμένης ουσίας.
- Τα μόρια του διαλύτη κινούνται ακατάπαυστα και τυχαία προς όλες της κατευθύνσεις. Διέρχονται έτσι ελεύθερα από το ωσμώμετρο προς το κρυσταλλικό και από το κρυσταλλικό προς το ωσμώμετρο.
- Ας θεωρήσουμε την κίνηση των μορίων του διαλύτη με κατεύθυνση τον άξονα που είναι κάθετος στη μεμβράνη του ωσμώμετρου. Ο αριθμός των μορίων του διαλύτη που βομβαρδίζουν τη μεμβράνη στη μονάδα του χρόνου από την πλευρά του κρυσταλλικού είναι ο μέγιστος δυνατός (N_0). Από την πλευρά του ωσμώμετρου ο αριθμός των μορίων του διαλύτη που βομβαρδίζουν τη μεμβράνη στη μονάδα του χρόνου (N) είναι μικρότερος από τον N_0 διότι τα μόρια της διαλυμένης ουσίας παρεμποδίζουν τη κίνηση των μορίων του διαλύτη. Η διαφορά $N_0 - N$ αντιστοιχεί στον αριθμό των μορίων του διαλύτη που εισέρχεται στο ωσμώμετρο στη μονάδα του χρόνου. Έτσι ερμηνεύεται η άνοδος της στάθμης στο στέλεχος του ωσμώμετρου.

Το παραπάνω μοντέλο επιτρέπει την πρόβλεψη της εξέλιξης του φαινομένου της ώσμωσης και τη σχετική ταχύτητα ανόδου στο στέλεχος του ωσμώμετρου για διαλύματα διαφορετικών συγκεντρώσεων της *ίδιας διαλυμένης ουσίας*. Μένει να εξηγηθεί γιατί ένα μόριο γλυκόζης και ένα μόριο λακτόζης δημιουργούν την ίδια παρεμπόδιση στην κίνηση των μορίων του διαλύτη. Αυτό επιτυγχάνεται με την εισαγωγή της κίνησης των μορίων της διαλυμένης ουσίας, όπως συμβαίνει στην πραγματικότητα. Δεν μπορούμε να παρουσιάσουμε εδώ με λεπτομέρειες τις επιλογές που μας οδήγησαν στην τελική διδακτική μετάπλαση για την πρόταση του μοντέλου. Παρουσιάζουμε μόνο συνοπτικά τις θεωρήσεις που αιτιολογούν την επιλογή μας:

- 1. Μελετούμε κατ' αρχήν πολύ αραιά ιδανικά διαλύματα και αμελούμε τις δυναμικές αλληλεπιδράσεις των μορίων, λαμβάνοντας υπόψη μόνο τις συγκρούσεις τους (άρα βρισκόμαστε στα πλαίσια ενός μοντέλου ιδανικών αερίων)

- 2. Για τα μόρια της διαλυμένης ουσίας (γλυκόζης, σακχαρόζης, λακτόζης κλπ) υιοθετούμε προσεγγιστικά το μοντέλο του πυκνού μορίου: αναλογία πυκνότητας και ακτίνας των μορίων. Θεωρώντας την ισότητα των μέσων κινητικών ενεργειών (για δεδομένη σταθερή θερμοκρασία) για τα μόρια της γλυκόζης και της λακτόζης καταλήγουμε στην ισότητα των γινομένων της μέσης ταχύτητας και του τετραγώνου της ακτίνας των μορίων των διαφορετικών διαλυμένων ουσιών. Το γινόμενο αυτό αντιστοιχεί στον *όγκο που σαρώνει το μόριο διαλυμένης ουσίας στη μονάδα του χρόνου* (ο οποίος είναι ίδιος για τα μόρια διαφορετικών διαλυμένων ουσιών). Διαφορετικές θεωρήσεις της σχέσης πυκνότητας και ακτίνας του μορίων των διαλυμένων ουσιών καταλήγουν στην ισότητα των γινομένων της ταχύτητας και της ακτίνας των μορίων. Αυτή η ισότητα ισοδυναμεί με *ίση σάρωση επιφανειών από τα μόρια των διαφορετικών διαλυμένων ουσιών*.
- 3. Η ποσοτική μελέτη του αριθμού συγκρούσεων ανάμεσα στα μόρια του διαλύτη και τα μόρια της διαλυμένης ουσίας (της γλυκόζης, της σακχαρόζης κλπ) καταλήγει σε σχέση όπου η συχνότητα των συγκρούσεων ανάμεσα στα μόρια του διαλύτη και της διαλυμένης ουσίας εξαρτάται από το γινόμενο της αποτελεσματικής επιφάνειας κρούσεων (τετράγωνο του αθροίσματος των ακτίνων των μορίων του διαλύτη και της διαλυμένης ουσίας) επί τη μέση σχετική ταχύτητα των μορίων του διαλύτη ως προς τα μόρια της διαλυμένης ουσίας. Το γινόμενο αυτό έχει διαστάσεις *όγκου που σαρώνουν ανά μονάδα χρόνου* τα μόρια της διαλυμένης ουσίας με τη μέση σχετική ταχύτητα μορίων διαλύτη – μορίων διαλυμένης ουσίας όταν τα μόρια του διαλύτη θεωρηθούν ακίνητα (ή αντίστροφα). Είναι προφανές ότι η συχνότητα των συγκρούσεων εξαρτάται από τις διαστάσεις και τις ταχύτητες τόσο των μορίων του διαλύτη όσο και των μορίων της διαλυμένης ουσίας.
- 4. Οι θεωρήσεις 2 και 3 και η ανάγκη να ποσοτικοποιήσουμε μερικά την «αιτία διαλυμένη ουσία» μας οδηγεί στην επιλογή του να θεωρήσουμε ότι η δυναμική παρεμπόδιση της κίνησης των μορίων του διαλύτη (που έχει ως αποτέλεσμα την ώσμωση στη θεωρούμενη πειραματική διάταξη) εκφράζεται με τον όγκο που σαρώνουν στη μονάδα του χρόνου τα μόρια της διαλυμένης ουσίας. Οι σαρωνόμενοι όγκοι στη μονάδα του χρόνου είναι ίδιοι για τα μόρια διαφορετικών διαλυμένων ουσιών και επομένως η δυναμική παρεμπόδιση είναι ίδια για όλα τα μόρια διαφορετικών διαλυμένων ουσιών ανεξάρτητα του μεγέθους και της φύσης τους. Έτσι ερμηνεύεται η

εξάρτηση των αθροιστικών ιδιοτήτων από την γραμμομοριακή συγκέντρωση της διαλυμένης ουσίας.

Η ακολουθία μαθημάτων για την αποδοχή του στατικού μοντέλου και την μετεξέλιξή του από τους μαθητές της Α' λυκείου στο δυναμικό μοντέλο παρεμπόδισης, μέσα από διαδικασίες περιγραφής – ερμηνείας και πρόβλεψης της εξέλιξης φαινομένων καθώς και του επιστημονικού διαλόγου μέσα στην τάξη θα αποτελέσει αντικείμενο μίας άλλης διάλεξης.

Βιβλιογραφία

- ARRHENIUS S., 1912, *Theories of Solutions*, Copyright 1912, by Yale University, p 72-111.
- CHEVALLARD Y., 1985, *La transposition didactique*, éd. La Pensée Sauvage, Grenoble.
- CHEVALLARD Y., 1991, *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné. Avec un exemple de la transposition didactique par Y. Chevalard et M-A Johsua*, éd. La Pensée Sauvage, Grenoble.
- DEKKER J.W., 1932, Kinetic derivation of Van-t-Hoff law for the osmotic pressure of dilute solution, *Physica* 1932, 12, pp 38 - 55.
- FRIEDLER Y., AMIR R. et TAMIR P., 1987, High school students' difficulties in understanding osmosis, *International Journal of Science Education*, vol. 9, N° 5, p. 541-551.
- JIANNAKOPOULOS T.N., 1974, *Thermodynamique chimique*, ed Université d'Athènes.
- JOHNSTONE A. H., MAHMOUD N. A., 1980a, Isolating topics of high perceived difficulty in school biology, *Journal of Biological Education*, 14 (2), P 163-166.
- JOHNSTONE A. H., MAHMOUD N. A., 1980b, Pupils problems with water potential, *Journal of Biological Education*, 14 (4), P. 325-328.
- JOHNSTONE A. H., MAHMOUD N. A., 1981, Pupils' response to a model for water transport, *Journal of Biological Education*, 15 (3), p 203-208.
- JOHNSTONE A.H. ,1982, Macro and microchemistry, *School Science Review*, vol 64 p 377.
- JONES H. C., 1913, The bearing of osmotic pressure on the development of physical or general chemistry, *Chemical News*, II pp 172-176.
- OSTWALD W., 1909, *L'évolution d'une science, La chimie*, Traduit sur la dernière édition allemande par M. Dufourd, E. Flammarion, éditeur, Paris.
- OSTWALD W., 1912, *L'évolution de L'Electrochimie*, Traduction de l'allemand par E. Philippi, Editions Librairie Félix Alcan, Paris, 1912, pp 179.
- PRIGOGINE I. et DEFAY R., 1950, *Thermodynamique Chimique*, ed Desoer , Liège.
- VAN'T HOF J.H. ,1899, *Leçons de Chimie Physique professées à l'université de Berlin*, 2ème partie, La statique chimie, Ed Librairie Scientifique A. Hermann, Paris.
- TSOUMPELIS L., 1993, *Contribution théorique à la didactique des sciences physiques, Explications et modèles dans des situations a-didactiques en sciences physiques: le cas de la concentration molaire*, Thèse de l'Université Claud Bernard, Lyon.
- TSOUMPELIS L., 1993, Etude comparative des démarches de modélisation chez les élèves de la classe de seconde et les étudiants de DEUG dans une situation de prédiction, *Troisième séminaire national de recherches en didactique des sciences physiques*, Toulouse 1993, p. 25-36.

Εργαστηριακή Εκπαίδευση



Προτάσεις για την Εργαστηριακή Διδασκαλία της Χημείας στη Β' Λυκείου (κατεύθυνσης).

Δ.Ι. Μαρκογιαννάκης¹ Κ. Παπαθανασίου² Ι.Δ Μαρκογιαννάκης³
^{1,2} χημικοί καθ. Δευτεροβάθμιας ³ χημικός μετ-φοιτητής. Πολυτεχνείου Κρήτης
dmarkogiannakis@sch.gr Βάμου 20 73133 Χανιά

Περίληψη Η εργασία μας παρουσιάζει προτάσεις για την εργαστηριακή διδασκαλία της χημείας στη Β' Λυκείου (κατεύθυνσης). Οι προτάσεις αυτές αναδεικνύουν την αναγκαιότητα της εργαστηριακής διδασκαλίας και δίνουν λύσεις, ανταποκρινόμενες στα υπάρχοντα προβλήματα υποδομής και εργαστηριακής παιδείας, που υπάρχουν στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Αποτελούν, δηλαδή ένα εργαλείο στα χέρια των μαχόμενων καθηγητών, για το πέρασμα, με πειράματα, της απαιτητικής χημικής γνώσης στο Λύκειο.

Εισαγωγή

Σκοπός της εργασίας μας είναι η παρουσίαση των προτάσεών μας για μια σωστή εργαστηριακή διδασκαλία της επιστήμης μας, της Χημείας, στη Β' Λυκείου κατεύθυνσης, όπως εμείς την βιώσαμε μέσα στον σχολικό μας χώρο και κάτω από την πίεση της ύλης, που θα πρέπει να διδαχθεί.

Προσδοκώμενα αποτελέσματα (Διδακτικοί στόχοι).

Όταν θα έχουμε τελειώσει την παρουσίασή μας φιλοδοξούμε να:

- α) αποδεχτείτε την αναγκαιότητα της εργαστηριακής διδασκαλίας,
- β) διακρίνετε τα διαφορετικά είδη πειραμάτων και τα πλεονεκτήματά των,
- γ) επιλέξετε τα πειράματα που ανταποκρίνονται καλύτερα στη περίπτωση σας, ανάλογα δηλαδή, του επιπέδου των μαθητών σας και του εξοπλισμού που διαθέτετε.
- δ) εκτιμήσετε τους διάφορους τρόπους (τεχνικές) παρουσίασης των πειραμάτων.

1^η Εργαστηριακή δραστηριότητα

Μέτρηση ενθαλπίας εξουδετέρωσης (ΔΗn) ισχυρού οξέος από ισχυρή βάση.

(Εκτέλεση από όλους τους μαθητές οι οποίοι χωρισμένοι σε ομάδες εργάζονται ταυτόχρονα –ΜΕΤΩΠΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ).

Απαιτούνται

Συσκευές ανά ομάδα:

2 ποτήρια ζέσεως 100mL και 1 των 400mL

2 ογκομετρικοί κύλινδροι

2 πλαστικά ποτήρια από πολυστυρόλιο το ένα μέσα στο άλλο που θα αποτελέσουν το θερμιδόμετρό μας,

1 πλαστικό καπάκι

1 θερμόμετρο.

1 ζυγός ακριβείας.

Διαλύματα:

HCl 2M, και NaOH 2M

Διαδικασία πειράματος

- 1) Ζυγίστε το ζεύγος των πλαστικών ποτηριών που αποτελούν το θερμιδόμετρό σας, $m_{\text{αρχική}}$.
- 2) Μεταφέρατε περίπου 80mL από καθένα από τα διαλύματα HCl και NaOH σε αντίστοιχα γυάλινα ποτήρια.
- 3) Μετρείστε με ακρίβεια 50 mL διαλύματος HCl με τον ογκομετρικό κύλινδρο και τοποθετείστε στο θερμιδόμετρο σας. Εφαρμόστε το καπάκι του με το θερμόμετρο στο θερμιδόμετρο και αφού σταθεροποιηθεί η θερμοκρασία περίπου μετά από 1min σημειώστε την, $\theta_{\text{αρχική}}$.
- 4) Μετρείστε με ακρίβεια και προσεκτικά 50 mL διαλύματος NaOH με τον δεύτερο ογκομετρικό κύλινδρο. Μεταφέρατε ομαλά το διάλυμα στο θερμιδόμετρο, κλείστε εφαρμοστά το καπάκι, ανακινείτε περιστροφικά το περιεχόμενο για 10 s και παρατηρείστε τη μεταβολή της θερμοκρασίας στο διάλυμα. Καταγράψτε την τελική θερμοκρασία $\theta_{\text{τελική}}$.
- 5) Μετά το τέλος της μέτρησης αποσύρατε το θερμόμετρο ξεπλύνετε το σκουπίστε το και φυλάξτε το στη θήκη του. Ανοίξτε το καπάκι προσεκτικά.
- 6) Ζυγίστε το θερμιδόμετρό σας με το περιεχόμενό του $m_{\text{τελική}}$.
- 7) Απορρίψατε προσεκτικά το περιεχόμενο του θερμιδόμετρου στο πλαστικό δοχείο αποβλήτων ή στο νεροχύτη και πλύνετε τα ποτήρια και τους ογκομετρικούς που χρησιμοποιήσατε με νερό βρύσης.

Προσδιορισμός ενθαλπίας εξουδετέρωσης

Μετρήσεις

Τελική μάζα συστήματος	$m_{\text{τελική}} = \dots\dots\dots \text{g}$
Αρχική μάζα θερμιδομέτρου	$m_{\text{αρχική}} = \dots\dots\dots \text{g}$
Μάζα διαλύματος αντίδρασης	$m_{\text{διαλύματος}} = \dots\dots\dots \text{g}$
Τελική θερμοκρασία διαλύματος	$\theta_{\text{τελική}} = \dots\dots\dots ^\circ\text{C}$
Αρχική θερμοκρασία διαλύματος	$\theta_{\text{αρχική}} = \dots\dots\dots ^\circ\text{C}$
Μεταβολή θερμοκρασίας	$\Delta\theta = \dots\dots\dots ^\circ\text{C}$

Υπολογισμοί

Παρατήρηση Θεωρούμε ότι η ειδική θερμοχωρητικότητα των διαλυμάτων είναι $c \sim 1 \text{ cal/g } ^\circ\text{C}$, καθώς και την θερμοχωρητικότητα του θερμιδόμετρου αμελητέα.

θερμότητα που απορροφήθηκε από το διάλυμα (1cal=4,18 J)	$Q = m c \Delta\theta =$
mol ισχυρού οξέος	$n = C.V \dots\dots\dots$
mol ισχυρής βάσης	$n = C.V \dots\dots\dots$
Ενθαλπία εξουδετέρωσης	$\Delta H_n \dots\dots\dots \text{kJ/mol.}$
Οι μετρήσεις μας από το εργαστήριο	
Τελική μάζα συστήματος	109,42 g
Αρχική μάζα θερμιδόμετρου	$m_{\text{αρχική}} = \dots 6,35 \text{ g}$
Μάζα διαλύματος αντίδρασης	$m_{\text{διαλύματος}} = 103,07 \text{ g}$
Τελική θερμοκρασία διαλύματος	$\theta_{\text{τελική}} = 31,40. ^\circ\text{C}$
Αρχική θερμοκρασία διαλύματος	$\theta_{\text{αρχική}} = 18,20 ^\circ\text{C}$
Μεταβολή θερμοκρασίας	$\Delta\theta = 13,20. ^\circ\text{C}$
$Q = mc\Delta\theta$	$Q = 103,07 \times 1 \times 13,2 \text{ cal} = 1360,524 \text{ cal} = 1360,524 \times 4,18 \text{ J} = 5686,99 \text{ J} = 5,69 \text{ kJ.}$
mol ισχυρού οξέος και βάσης	$n = C.V = 2 \times 0,05 = 0,1 \text{ mol}$
Ενθαλπία εξουδετέρωσης	$\Delta H_n = 56,9 \text{ kJ/mol.}$

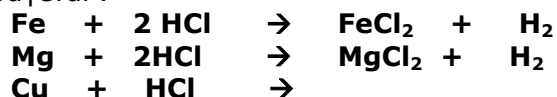
2^η Εργαστηριακή δραστηριότητα

Πειραματική προσέγγιση των παραγόντων που επηρεάζουν την ταχύτητα χημικών αντιδράσεων.

(Εκτέλεση από τους μαθητές οι οποίοι χωρισμένοι σε ομάδες εργάζονται περνώντας διαδοχικά από θέσεις που έχουν αναπτυχθεί οι ασκήσεις –ΚΥΚΛΙΚΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ).

A) Η φύση των αντιδρώντων:

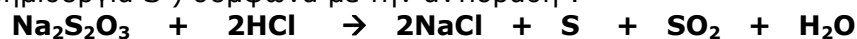
Σε 3 ποτήρια ζέσεως των 25mL βάζουμε μικρές ποσότητες ρινισμάτων από Fe, Mg, και Cu αντίστοιχα . Στη συνέχεια προσθέτουμε σε κάθε ποτηράκι ίσες ποσότητες HCl 2M (περίπου 10ml). Παρατηρούμε τον ρυθμό παραγωγής φυσαλίδων του αερίου που παράγεται .



Συμπέρασμα :

B) Συγκέντρωση

Σε 2 ποτήρια ζέσεως, βάζουμε 10mL διαλύματος $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (θειοθειικού νατρίου) συγκέντρωσης C M στο πρώτο και C/2 M στο δεύτερο (5mL από το προηγούμενο διάλυμα και αραιώνουμε μέχρι 10mL με νερό). Ρίχνουμε στη συνέχεια από 2ml HCl σε καθένα από αυτά και χρονομετρούμε μέχρι να αρχίσει να εμφανίζεται θόλωμα στα ποτήρια (δημιουργία S) σύμφωνα με την αντίδραση :



Συμπέρασμα:

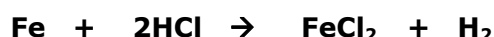
Γ) Θερμοκρασία

Σε 2 ποτήρια ζέσεως των 25mL βάζουμε από 5mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. Θερμαίνουμε 10mL HCl 2M σε δοκιμαστικό σωλήνα και το ρίχνουμε στο ένα ποτηράκι ενώ ταυτόχρονα στο άλλο ρίχνουμε 10ml HCl 2M κανονικής θερμοκρασίας . Χρονομετρούμε τότε θα εμφανιστεί το γνωστό θόλωμα σε κάθε ένα από τα ποτηράκια .

Συμπέρασμα :

Δ) Επιφάνεια επαφής :

Σε 3 ποτηράκια των 25 mL βάζουμε μικρές ποσότητες Fe σε σκόνη , Fe σε ρινίσματα , και σε κομμάτι (καρφί) . Προσθέτουμε υδροχλωρικό οξύ και παρατηρούμε το ρυθμό παραγωγής του εκλυόμενου υδρογόνου.



Συμπέρασμα :

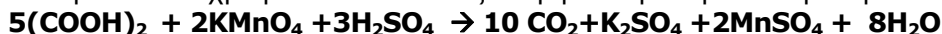
Ε) Δράση καταλυτών :

- 1) Σε 2 ποτήρια των 50ml βάζουμε H_2O_2 10ml και στη συνέχεια στο ένα από αυτά προσθέτουμε μικρή ποσότητα MnO_2 (πυρολουσίτη). Παρατηρούμε το ρυθμό παραγωγής του οξυγόνου σε κάθε ένα από αυτά .



Συμπέρασμα:

- 2) Σε ποτήρι ζέσης 100mL ρίχνουμε μικρή κοφτή κουταλιά από οξαλικό οξύ και στη συνέχεια προσθέτουμε οξινισμένο με θειικό οξύ διάλυμα αραιού 0.1M KMnO_4 200mL περίπου. Περιμένετε περίπου 5 min παρατηρώντας διαρκώς το χρώμα στο διάλυμα. Μετά από λίγο το διάλυμα θα αποχρωματιστεί εντελώς σύμφωνα με την αντίδραση :



Πραγματοποιήστε την ίδια αντίδραση προσθέτοντας ελάχιστη ποσότητα Mn^{+2} .

Τι παρατηρείτε;

Συμπέρασμα:

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ

Μετά από κάθε άσκηση καθαρίζουμε την θέση που βρισκόμαστε και την αφήνουμε όπως θα θέλουμε να βρούμε την επόμενη που θα πάμε.

3^η Εργαστηριακή δραστηριότητα

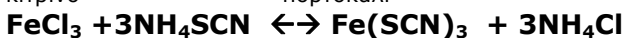
Παράγοντες που επηρεάζουν την θέση της χημικής ισορροπίας.

Μερικές αντιδράσεις που αναφέρονται στη βιβλιογραφία και μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι :



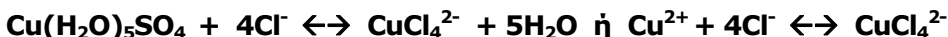
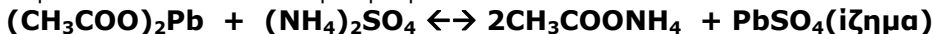
κίτρινο

πορτοκαλί



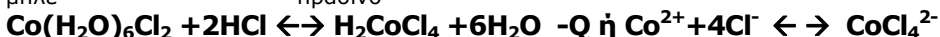
Κίτρινο

Αιματέρυθρο



μπλέ

πράσινο



ρόδινο

γαλάζιο

Όμως υπάρχει πρόβλημα στην εύρεση των αντιδραστηρίων, στη θέρμανση των, (από τους μαθητές) και στην χρήση των (επικινδυνότητα -τοξικά καρκινογόνα).

Μετά από έντονο προβληματισμό καταλήξαμε στο μετωπικό εργαστήριο με την χρήση της

μπλέ

πράσινο

και σε πείραμα επίδειξης με την



A) Διαδικασία μετωπικού πειράματος

Απαιτούνται ανά ομάδα

Συσκευές: 3 δοκιμαστικοί σωλήνες, ξύλινη λαβίδα, λύχνος θέρμανσης

Διαλύματα CuSO_4 : κορεσμένο διάλυμα **NaCl**

- 1) Σε 2 δοκιμαστικούς σωλήνες βάλλετε από 2mL διαλύματος CuSO_4
- 2) Στον ένα προσθέστε σταγόνες κορεσμένου διαλύματος NaCl μέχρι αλλαγής χρώματος ενώ αφήστε τον άλλο σαν δείγμα αναφοράς.
- 3) Χρησιμοποιώντας την ξύλινη λαβίδα θερμάνετε ήπια το διάλυμα του δοκιμαστικού σωλήνα.

Τι παρατηρείτε;.....

Δώστε μια εξήγηση στην αλλαγή που παρατηρήσατε συγκρίνοντας τα χρώματα στους δυο σωλήνες

.....

- 4) Τη μισή ποσότητα από το ζεστό περιεχόμενο του σωλήνα ρίξτε το σε ένα άλλο δοκιμαστικό σωλήνα και ψύξτε το χρησιμοποιώντας παγόλουτρο.

Τι παρατηρείτε;.....

Ερμηνεύσατε την αλλαγή

.....

Η αντίδρασή σας προς τα δεξιά ή προς τα αριστερά είναι εξώθερμη;

- 5) Στο άλλο μισό διάλυμα του αρχικού σωλήνα προσθέστε νερό με σταγόνες παρατηρώντας το ταυτόχρονα με το δείγμα αναφοράς.

Τι παρατηρείτε μετά από λίγο;

.....

Ερμηνεύσατε

.....

B) Διαδικασία πειράματος επιδείξης

- 1) Βάλτε μικρή ποσότητα CoCl_2 σε μικρό δοκιμαστικό σωλήνα και προσθέσατε μερικές σταγόνες HCl 2M.
- 2) Θερμάνετε ήπια το πάνω μέρος του σωλήνα κοντά στο στόμιο του.
- 3) Γείρετε προσεκτικά το σωλήνα με το περιεχόμενο του προσπαθώντας να οριζοντιωθεί αυτός, χωρίς φυσικά να χύσετε το μίγμα.
- 4) Παρατηρήστε το χρώμα του μίγματος ενώ αυτό μεταφέρεται προς το στόμιο που έχετε θερμάνει.
- 5) Επιστρέψατε κατακόρυφα το σωλήνα και παρατηρήστε πάλι το χρώμα του μίγματος.
- 6) Τοποθετήστε το κάτω μέρος του σωλήνα σε παγόλουτρο και επαναλάβετε την διαδικασία (από το 2 και μετά).

Προσοχή: Η θέρμανση θα πρέπει να είναι ήπια γιατί και το γυαλί έχει τις αντοχές του.

4^η Εργαστηριακή δραστηριότητα

Πειράματα οξειδοαναγωγής (πειράματα επίδειξης)

Τα πειράματα στο κεφάλαιο αυτό είναι εκατοντάδες και είναι απορίας άξιον, γιατί δεν προτείνονται, από το Γραφείο Εργαστηρίων και το Π.Ι, να γίνονται μερικά από αυτά.

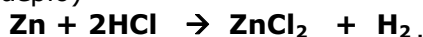
Οι επιλογές μας:

Α) Σειρά δραστικότητας στοιχείων (βλέπετε, φύση αντιδρώντων στους παράγοντες που επηρεάζουν την ταχύτητα χημικών αντιδράσεων).

Β) Δραστικότητα,

Άναμμα φωτιάς με νερό: $\text{Na} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{NaOH} + \frac{1}{2} \text{H}_2$.

Γ) Επίδραση οξέων σε μέταλλα (και το επακόλουθό των, κροτούν αέριο)



Δ) Σύνθετες οξειδοαναγωγικές, (βλέπετε προηγούμενο πείραμα, δράση καταλυτών αυτοκατάλυση οξαλικού) πως το κρασί γίνεται νερό, $5\text{Na}_2\text{SO}_3 + 2\text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$.

Ε) Τέλος απαιτείται και η επίδειξη μιας εντυπωσιακής **ηλεκτρόλυσης** για την οποία προτείνουμε το διάλυμα KI στο οποίο έχουμε προσθέσει φαινολοφθαλεΐνη. Στο ηλεκτρόδιο της καθόδου (-) θα δημιουργηθεί KOH οπότε θα εμφανιστεί το χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα του δείκτη, ενώ στο ηλεκτρόδιο της ανόδου (+) θα δούμε το χρώμα του παραγόμενου I₂.

Συμπερασματικά

Πιστεύουμε ότι και στη Β' Λυκείου (κατεύθυνσης) τα πειράματα χημείας πρέπει να αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της διδασκαλίας μας με όλα τα προβλήματα που παρουσιάζονται. Ένα από τα ζητούμενα είναι η συμμετοχή των μαθητών μας στη διαδικασία αυτή, πράγμα που επιτυγχάνεται απόλυτα στις τρεις πρώτες ασκήσεις.

Ένα άλλο ζήτημα είναι η επιλογή των ασκήσεων, προσπαθήσαμε με την εργασία μας να προτείνουμε και να παρουσιάσουμε ασκήσεις που εύκολα να μπορούν να λειτουργήσουν μέσα στη σχολική τάξη ή στο εργαστήριο. Ασκήσεις που έχουν δοκιμαστεί και μπορούν να αποτελέσουν εργαλείο, στο πέρασμα της απαιτητικής χημικής γνώσης, χωρίς να δημιουργήσουν προβλήματα.

Βιβλιογραφία :

- 1) Σχολικοί εργαστηριακοί οδηγοί,
- 2) Κ.Γιούρη-Τσοχατζή , Γ.Μανουσάκης *Σχολικά πειράματα χημείας* Εκδ.Κυριακίδη Θεσσαλονίκη1994
- 3) Σ.Μητσιαόδη *Οδηγός πειραμάτων χημείας*, Εκδ.Σαββάλα Αθήνα 1994
- 4) Μ.Μαυρόπουλος *Διδάσκω χημεία*, Εκδ.Σαββάλα Αθήνα 1997

Η τιτλοδότηση διαλύματος οξέος ή βάσης με την αυτόματη πεχαμετρική μέθοδο, ως μέσο διδακτικής αξιοποίησης της «σιγμοειδούς» καμπύλης εξουδετέρωσης.

Ιωάννης Γράψας, Δρ. Χημικός
Ζάννειο Πειραματικό Γυμνάσιο Πειραιά
Κολοκοτρώνη 6, 185 31 Πειραιάς
E-mail: igrapsas@sch.gr

Περίληψη

Η εφαρμογή στο σχολικό εργαστήριο Χημείας της αυτόματης πεχαμετρικής μεθόδου για την τιτλοδότηση οξέος από βάση (ή το αντίστροφο) οδηγεί στην παραγωγή πειραματικών καμπυλών εξουδετέρωσης, οι οποίες προσφέρουν πολλές ευκαιρίες για εμβάθυνση σε θέματα, όπως η έννοια της αντίδρασης εξουδετέρωσης, η ισχύς οξέων και βάσεων, τα ρυθμιστικά διαλύματα κ.ά. Περιγράφεται η κατασκευή αυτοσχέδιας γυάλινης διάταξης η οποία μπορεί να εξασφαλίσει σταθερή ροή του προτύπου διαλύματος στη φιάλη αντίδρασης και σε συνδυασμό με τον αισθητήρα pH του συστήματος DBLab/Multilog να κάνει εφικτή την εφαρμογή της μεθόδου στις συνθήκες του σχολικού εργαστηρίου.

Εισαγωγή

Η τιτλοδότηση διαλύματος οξέος ή βάσης με την αυτόματη πεχαμετρική μέθοδο αποτελεί συνήθη πρακτική στο σύγχρονο αναλυτικό εργαστήριο. Η εργαστηριακή διάταξη περιλαμβάνει αυτόματη προχοΐδα, η οποία διοχετεύει υπό συνεχή και σταθερή ροή μετρούμενο όγκο προτύπου διαλύματος στη φιάλη της αντίδρασης και κατάλληλο αισθητήρα για τη συνεχή καταγραφή των τιμών pH που προκύπτουν. Στο επίπεδο του σχολικού εργαστηρίου χημείας, έχει προταθεί η χρήση απλούστερης πειραματικής διάταξης που στηρίζεται στο σύστημα αισθητήρων DBLab/Multilog και συνδυάζει την πεχαμετρική μέθοδο με την μέθοδο της κλασσικής ογκομέτρησης για τον προσδιορισμό του ισοδυνάμου σημείου (Καλογήρου κ.ά., Παπαγιαννακόπουλος, Παπαευσταθίου κ.ά.). Από το σχεδιασμό της, η συνδυαστική αυτή πειραματική διάταξη χρησιμοποιεί απλή προχοΐδα με την οποία προστίθεται σε συνεχή ροή πρότυπο διάλυμα στη φιάλη της αντίδρασης, μέχρις ότου μεταβληθεί το χρώμα του δείκτη και ταυτόχρονα παρατηρηθεί η απότομη μεταβολή της τιμής pH. Το ισοδύναμο σημείο ελέγχεται με την ταυτόχρονη εφαρμογή δύο μεθόδων και προσδιορίζεται με μεγάλη ακρίβεια. Η διάταξη παρόλ' αυτά δεν παρέχει τη δυνατότητα ρύθμισης μιας σταθερής ροής του προτύπου διαλύματος προς τη φιάλη της αντίδρασης και έτσι η

αντίστοιχη καμπύλη εξουδετέρωσης χαρακτηρίζεται από χαμηλή αξιοπιστία. Στην παρούσα εργασία περιγράφεται η κατασκευή, η βαθμονόμηση και η χρήση μιας αυτοσχέδιας γυάλινης διάταξης, η οποία εξασφαλίζει σταθερή ροή υγρού στο κάτω άκρο της και για τούτο μπορεί να λειτουργήσει ως «αυτόματη προχοΐδα» στο πλαίσιο του σχολικού εργαστηρίου. Συζητείται η χρησιμότητα αυτής της διάταξης για την εφαρμογή της αυτόματης πεχαμετρικής μεθόδου στην τιτλοδότηση διαλυμάτων οξέος ή βάσης, και τη συνακόλουθη παραγωγή αξιόπιστων πειραματικών καμπυλών εξουδετέρωσης, καθώς και τα μαθησιακά οφέλη που αναμένεται να προκύψουν από αυτήν τη διδακτική επιλογή.

Πειραματικό μέρος

Η αυτοσχέδια γυάλινη διάταξη αποτελείται κατά το ένα μέρος από λεπτό γυάλινο σωλήνα \varnothing 4 mm και μήκους περίπου 240 mm με τριχοειδή απόληξη στο ένα άκρο, μετά από κατεργασία σε φλόγα λύχνου. Ο γυάλινος σωλήνας συνδέεται στεγανά μέσω του ευρέος άκρου του με κοινό γυάλινο χωνί ύψους περί τα 180 mm, με τη βοήθεια ελαστικού συνδέσμου. Τοποθετούμενη κατακόρυφα η διάταξη με το τριχοειδές άκρο προς τα κάτω παρουσιάζει ύψος περί τα 420 mm και χωρητικότητα περί τα 150 mL. Η διακοπή (ή η έναρξη) της ροής γίνεται δυνατή με την τοποθέτηση (ή την αφαίρεση) μικρού σβώλου πλαστικής γόμας σχεδίου («γόμα για κάρβουνο») ή και πλαστελίνης στο τριχοειδές άκρο της, οπότε ανάλογα κλείνει ή ανοίγει το τριχοειδές άκρο.

Ο ακριβής προσδιορισμός της ροής από την αυτοσχέδια γυάλινη διάταξη (βαθμονόμηση) έγινε με υπολογισμούς που στηρίχτηκαν σε μετρήσεις κατά την εξουδετέρωση σειράς δειγμάτων CH_3COOH γνωστής συγκέντρωσης από πρότυπο διάλυμα NaOH που έρεε από την αυτοσχέδια γυάλινη διάταξη. Πριν την έναρξη κάθε μέτρησης, η αυτοσχέδια γυάλινη διάταξη είχε πληρωθεί με το διάλυμα της βάσης (ως το χείλος του χωνιού) και ταυτόχρονα με την έναρξη της ροής προς το διάλυμα του οξέος άρχιζε και η καταγραφή των μετρήσεων pH συναρτήσει του χρόνου με το σύστημα αισθητήρων DBLab/Multilog - ρυθμός δειγματοληψίας: 10 μετρήσεις ανά δευτερόλεπτο, δεν χρησιμοποιήθηκε αντιστάθμιση θερμοκρασίας (βλ. *Εικόνα 1*). Στη συνέχεια καθορίστηκε σε κάθε μια περίπτωση το ισοδύναμο σημείο από την αντίστοιχη καμπύλη ($\text{pH} - t$), και προσδιορίστηκε γραφικά ο αντίστοιχος χρόνος συνεχούς ροής του διαλύματος NaOH . Ο χρόνος αυτός αντιστοιχίστηκε στον θεωρητικά ισοδύναμο όγκο του προτύπου διαλύματος και υπολογίστηκε έτσι η ροή της αυτοσχέδιας γυάλινης διάταξης σε mL/s. Καταβλήθηκε ιδιαίτερη προσπάθεια να περιοριστούν



Εικόνες 1,2

κατά το δυνατόν τα πειραματικά σφάλματα, που είναι συνήθη στις συνθήκες του σχολικού εργαστηρίου, ώστε όλες οι μετρήσεις να χαρακτηρίζονται από μεγάλη ακρίβεια και να οδηγήσουν σε αξιόπιστο προσδιορισμό της ροής. Για όλες τις μετρήσεις χρησιμοποιήθηκε πρότυπο διάλυμα NaOH 0,1 M του εμπορίου και διάλυμα CH₃COOH 0,1 M, το οποίο παρασκευάστηκε με ζύγιση σε αναλυτικό ζυγό 6,0 g CH₃COOH 100% (glacial) και αραιώση με απιονισμένο νερό στο 1 L με τη βοήθεια ογκομετρικής φιάλης «class B». Ποσότητα 20 mL του αραιωμένου διαλύματος οξικού οξέος (0,1 M) ελήφθη σε όλες τις περιπτώσεις με ογκομετρικό σιφώνιο πλήρωσης (class B), τοποθετήθηκε σε ποτήρι 250 mL και αφού προστέθηκαν 25 mL απιονισμένου νερού, εξουδετερώθηκε με την αδιάκοπη προσθήκη του

πρότυπου διαλύματος βάσης υπό συνεχή ανάδευση με μαγνητικό αναδευτήρα.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων προσδιορισμού της ροής της αυτοσχέδιας γυάλινης διάταξης προσθήκης προτύπου διαλύματος, καθώς και ο προσδιορισμός της τιμής pK_a του CH_3COOH με βάση τις αντίστοιχες καμπύλες εξουδετέρωσης. Τα αποτελέσματα χαρακτηρίζονται από ελάχιστη απόκλιση ροής για συνολικό προστιθέμενο όγκο 20 mL, ενώ ελαφρά είναι η απόκλιση για τις προσδιορισθείσες τιμές pK_a . Το γεγονός της επαναληψιμότητας των τιμών ροής μετά από έλεγχο σε δύο σημεία της καμπύλης εξουδετέρωσης (στον ισοδύναμο όγκο και στο μισό του ισοδύναμου όγκου), πείθει ότι η γυάλινη διάταξη εμφανίζει μέση σταθερή ροή **0,13 mL/s** καθ' όλη τη διάρκεια των περίπου 150 s που διαρκούν

οι

Πίνακας 1
Αποτελέσματα μετρήσεων προσδιορισμού ροής και pK_a (CH_3COOH)

α/α	Χρόνος ροής προτύπου διαλύματος μέχρι το ισοδύναμο σημείο (s)	Θεωρητικός ισοδύναμος όγκος προτύπου διαλύματος (mL)	Υπολογισθείσα μέση ροή (mL/s)	Προσδιορισθέν pK_a (CH_3COOH)
1	147,6	20	0,14	4,95
2	150,3	20	0,13	4,90
3	150,9	20	0,13	4,91
4	150,1	20	0,13	4,89
5	149,9	20	0,13	4,91

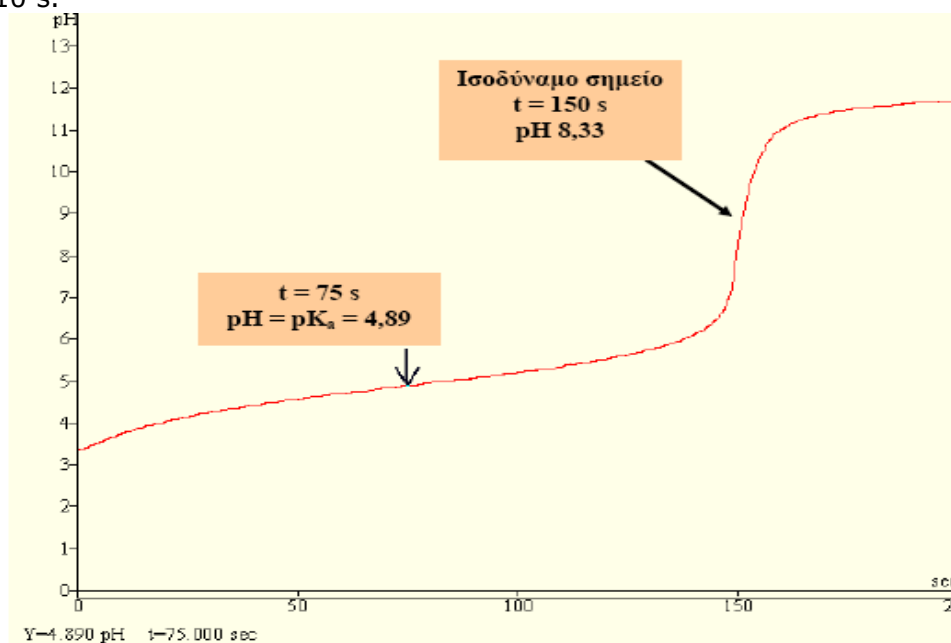
Μέση σταθερή ροή: 0,13 mL/s

Μέση προσδιορισθείσα τιμή pK_a (CH_3COOH): 4,91

συγκεκριμένες εξουδετερώσεις. Ο υπολογισμός του ισοδύναμου όγκου μπορεί κατά συνέπεια να γίνεται με ασφάλεια μέσω απλού υπολογισμού και σε κάθε άλλη χρήση της διάταξης για προσθήκη προτύπου διαλύματος. Η μέση τιμή 4,91 που προκύπτει για το pK_a του CH_3COOH είναι ικανοποιητικά κοντά στην τιμή 4,74 που αναφέρεται στη βιβλιογραφία (Chang). Η απόκλιση αντιστοιχεί σε σχετικό σφάλμα 3,6% που είναι απόλυτα αποδεκτό για το σχολικό εργαστήριο. Συμπεραίνεται λοιπόν ότι η συνολική πειραματική διάταξη παρέχει πειραματικές καμπύλες εξουδετέρωσης, οι οποίες είναι κατάλληλες για περαιτέρω διδακτική αξιοποίηση.

Η ροή του υγρού από τη γυάλινη διάταξη (βλ. *Εικόνα 2*) είναι φανερό ότι εξαρτάται από τα κατασκευαστικά της στοιχεία (διάμετρος

τριχοειδούς, ύψος στήλης υγρού), και κάθε νέα τέτοια διάταξη χρειάζεται εξ αρχής βαθμονόμηση. Είναι επίσης φανερό ότι η κάθε διάταξη είναι αξιόπιστη μέχρι την προσθήκη εκείνου του όγκου που φέρνει μη σημαντική μείωση στην υδροστατική πίεση στο τριχοειδές άκρο (20 mL για τη συγκεκριμένη διάταξη αυτής της εργασίας). Όσο μεγαλύτερη η διάμετρος του χείλους του χωνιού σε σχέση με τη διάμετρο του τριχοειδούς, τόσο λιγότερο σημαντική θα είναι η μείωση της υδροστατικής πίεσης κατά τη ροή. Χρησιμοποιώντας κανείς μικρότερο μήκος σωλήνα μπορεί να πετύχει μικρότερη ροή και επιμήκυνση του χρόνου εξουδετέρωσης, ενώ η προσθήκη μεγαλύτερων συνολικών όγκων μπορεί να επιτευχθεί με μεγαλύτερης χωρητικότητας γυάλινο χωνί. Ένας σημαντικός παράγοντας που πρέπει πάντα να συνεκτιμάται είναι ο χρόνος απόκρισης του ηλεκτροδίου μέτρησης pH του συστήματος αισθητήρων. Ο χρόνος αυτός δίνεται από τον κατασκευαστή να είναι 10 s για το 95% της τιμής και κατά συνέπεια ο συνολικός χρόνος της εξουδετέρωσης, που είναι συνάρτηση αφενός της ροής και αφετέρου της ενεργού ποσότητας του δείγματος, πρέπει να είναι σημαντικά μεγαλύτερος των 10 s.



Σχήμα 1. Πειραματική καμπύλη εξουδετέρωσης διαλύματος CH_3COOH από διάλυμα NaOH και προσδιορισμός ισοδυνάμου σημείου και pK_a με τη βοήθειά της.

Συμπεράσματα

Η χρήση της αυτόματης πεχαμετρικής μεθόδου για την τιτλοδότηση οξέων με βάσεις (ή το αντίστροφο) είναι σχετικά εύκολο να εφαρμοστεί κατά τη διδασκαλία στο σχολικό εργαστήριο. Η ογκομέτρηση χωρίς τη χρήση προχοϊδας και δείκτη μπορεί να λειτουργήσει συμπληρωματικά με την κλασσική ογκομέτρηση και να προσφέρει ευκαιρίες προβληματισμού και εμβάθυνσης πάνω στα θέματα που αναδεικνύει η μορφή της καμπύλης εξουδετέρωσης, ιδιαίτερα εκείνη της εξουδετέρωσης ασθενούς οξέος από ισχυρή βάση. Η διδασκαλία θεμάτων όπως η ισχύς οξέων και βάσεων (pK_a , pK_b), ο ρυθμιστικός χαρακτήρας κάποιων διαλυμάτων, η εξίσωση Henderson-Hasselbalch, κ.ά. μπορεί να ωφεληθεί πολλαπλά όταν η διαπραγμάτευση των θεμάτων στηριχτεί σε αξιόπιστες πειραματικές καμπύλες εξουδετέρωσης (βλ. *Σχήμα 1*), οι οποίες μάλιστα μπορούν να παραχθούν με τους μαθητές κοινωνούς του πειράματος και χωρίς ιδιαίτερο κόστος σε διδακτικό χρόνο. Σε απλούστερη διδακτική εκδοχή, η κατάδειξη της απότομης αύξησης του pH γύρω από το ισοδύναμο σημείο μπορεί να φανεί χρήσιμη για τη διδασκαλία της έννοιας της αντίδρασης εξουδετέρωσης, τόσο στο Λύκειο όσο και στο Γυμνάσιο.

Βιβλιογραφία

Chang R., *Chemistry*, 5th edition, McGraw Hill Inc, NJ, p. 659.

Καλογήρου Η. (Ε.Κ.Φ.Ε. Ηλείας), Φλίγκος Γ. (Γ.Ε.Λ. Βάρδας Ηλείας), *προσωπική επικοινωνία*.

Λιοδάκης Σ., Γάκης Δ., Θεοδωρόπουλος Δ., Θεοδωρόπουλος Π., *Χημεία γ' λυκείου θετικής κατεύθυνσης*, Ο.Ε.Δ.Β., έκδοση Ε', **2004**.

Παπαευσταθίου Ε., Βαλλιάνος Δ., Βαμβακούσης Χ., Μακρυωνίτης Τ., Ρούμελης Ν., «Ογκομέτρηση του ξυδιού με χρήση του συστήματος συγχρονικής λήψης και απεικόνισης (Σ.Σ.Λ.Α.) DBLab Fourier/Multilog»,

<http://2ekfe-anatol.att.sch.gr/page6.files/Titration.doc>

Παπαγιαννακόπουλος Ι., "Κατασκευή καμπύλης αλκαλιμετρίας ασθενούς οξέος από ισχυρή βάση», <http://ekfe-g-athin.att.sch.gr/chem.htm>

Αγωγιμότητα ηλεκτρολυτικών διαλυμάτων με μικροκλίμακα

Μουρατίδου Φρειδερίκη.

Χημικός, (Μ. Εδ Υπεύθυνος ΕΚΦΕ Πέλλας, email: fmourat@sch.gr.)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μια από τις πιο καινοτόμες προτάσεις στο πεδίο της πειραματικής διδασκαλίας της Χημείας και Φυσικής αποτελεί η εκτέλεση πειραμάτων σε μικροκλίμακα. Από την εποχή που προτάθηκε ως εναλλακτική παρέμβαση στη πειραματική διδασκαλία, στο τέλος της δεκαετίας του 80, άνοιξε ένα ευρύ πεδίο έρευνας για εισαγωγή νέων πειραματικών ασκήσεων, πιλοτικής εφαρμογής τους και διερεύνησης των αποτελεσμάτων τους στη διδασκαλία. Σήμερα το πεδίο αυτό παραμένει ανοικτό και συνεχώς καταγράφονται στη διεθνή βιβλιογραφία πολλές νέες προτάσεις για καινούρια πειράματα και βελτιώσεις υπαρχόντων.

Στη κατεύθυνση αυτή κινείται και η παρούσα ερευνητική προσπάθεια με προτάσεις βελτίωσης πειραμάτων σε μικροκλίμακα για μαθητές γυμνασίων και λυκείων.

Οι προτάσεις αφορούν την αγωγιμότητα που παρουσιάζουν οι ηλεκτρολύτες στο ηλεκτρικό ρεύμα. Τα πειράματα μπορούν να εκτελεστούν με ποσότητα μιας ή δύο σταγόνων ηλεκτρολύτη και με τη χρήση απλών φθηνών καθημερινών υλικών τα οποία οι μαθητές μπορούν να χειριστούν ατομικά ή σε μικρές ομάδες. Με τα πειράματα δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές, εργαζόμενοι ατομικά ή ομαδικά, να συσχετίσουν την ένταση του ρεύματος με την ισχύ των ηλεκτρολυτών.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πειραματική διδασκαλία αποτελεί τη βάση για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Ο ρόλος της αναγνωρίζεται με την υποχρεωτική ένταξη εργαστηριακών ασκήσεων στο αναλυτικό πρόγραμμα και με την θεσμοθέτηση των Ε.Κ.Φ.Ε. που στόχο έχουν την υποστήριξη των εκπαιδευτικών στην προετοιμασία και εκτέλεση πειραματικών ασκήσεων στη τάξη. Κάποια από τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι καθηγητές στην οργάνωση εργαστηριακών ασκήσεων είναι η προμήθεια υλικών ο διατιθέμενος χρόνος για την διεξαγωγή των πειραμάτων και η διαχείριση των απορριμμάτων. Η μείωση των ποσοτήτων των ουσιών που χειρίζονται οι μαθητές χωρίς όμως την μείωση της εποπτικότητας και αποτελεσματικότητας του πειράματος αποτέλεσε αντικείμενο έρευνας των επιστημόνων της διδακτικής. Έτσι προτάθηκε η πειραματική διδασκαλία σε μικροκλίμακα. Τη δεκαετία του '80, άρχισε μια κίνηση προς τη κατεύθυνση της μείωσης της κλίμακας διδασκαλίας των

εργαστηριακών πειραμάτων. Μεταξύ των πρωτοπόρων της κίνησης αυτής ήταν οι Mayo D. και Pike R. (2001).

Το ενδιαφέρον της επιστημονικής και εκπαιδευτικής κοινότητας υπήρξε άμεσο κι μεγάλο. Το 1987 στις ΗΠΑ στη διάρκεια ενός θερινού σχολείου που οργανώθηκε από το Ίδρυμα Dreyfus/Woodrow Wilson παρήχθη γραπτό υλικό που αποτέλεσε την αφετηρία για περαιτέρω έρευνα. Το καλοκαίρι του 1988 η συνεργασία καθηγητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης της Nebraska βελτίωσε και εμπλούτισε το υλικό αυτό. Η προσπάθεια των εκπαιδευτικών ήταν συλλογική και ο καθένας συνεισέφερε σε ιδέες και εμπειρίες. Το υλικό ήταν ανοικτό για προτάσεις και βελτιώσεις. Τα πειράματα της Nebraska, βελτιώθηκαν σε επόμενες εκδόσεις, χωρίς να φθάσουν στη τελική τους μορφή. Από τότε πολυάριθμες βελτιώσεις προτάθηκαν στη διεθνή βιβλιογραφία, και ακόμα περισσότερα νέα πειράματα αναπτύσσονται και προτείνονται.

Ενώ τη πρώτη περίοδο παρουσίασης τους τα πειράματα υποστηρίχθηκαν για λόγους ασφάλειας και οικονομίας, έχει γίνει σαφές ότι υπάρχουν πολλά παιδαγωγικά πλεονεκτήματα στη χρησιμοποίηση των πειραμάτων μικροκλίμακας.

- Τα περισσότερα υλικά και συσκευές που χρησιμοποιούνται είναι καθημερινά υλικά ή έχουν κατασκευασθεί με απλό τρόπο από συνηθισμένα υλικά.
- Το κόστος για τη προετοιμασία του εργαστηρίου μειώνεται δραστικά και απλοποιεί την προετοιμασία.
- Ο καθηγητής μπορεί να προετοιμάσει γρήγορα τα πειράματα να τα εκτελέσει μέσα σε μια κανονική τάξη μετατρέποντάς τη σε ένα προσωρινό «εργαστήριο» και με το πέρας της διδασκαλίας μπορεί πολύ γρήγορα να τακτοποιήσει το «εργαστήριο».
- Ο μαθητής μπορεί να δουλέψει ομαδικά ή ατομικά καθώς ο εργαστηριακός του χώρος έχει μικρές χωρικές απαιτήσεις, έχει ευχέρεια ελέγχου όλων των «συσκευών» του και αντιδραστηρίων του, οι κίνδυνοι μειώνονται ακόμη και αν χειρίζεται δραστικά υλικά λόγω της πολύ μικρής ποσότητας που χρησιμοποιεί και τέλος μπορεί να επαναλάβει τα πειράματα μετά τη διδασκαλία ώστε να βελτιώσει τη μάθησή του.

Φαίνεται ότι η πειραματική διδασκαλία σε μικροκλίματα συνάδει με πολλές από τις αρχές της πράσινης Χημείας και ταυτόχρονα αποτελεί μια αποτελεσματική παρέμβαση στη διαδικασία μάθησης του μαθητή.

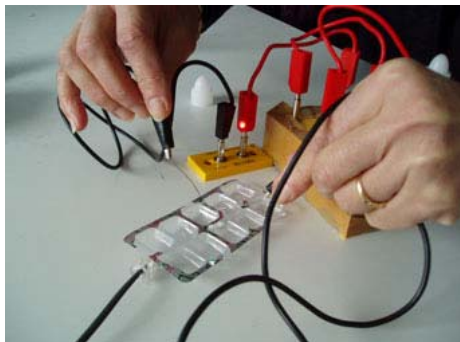
Λίγα από τα πειράματα σε μικροκλίμακα είναι καινούρια. Τα περισσότερα είναι "μικρότερες" εκδόσεις ήδη γνωστών πειραμάτων μεγάλης κλίμακας. Τα πειράματα με μικροκλίμακα αυτήν την περίοδο είναι σε φάση μεγάλης ανάπτυξης και ταξινόμησης τους. Η ανάπτυξη των πειραμάτων είναι αποτέλεσμα της προσπάθειας καθηγητών που εφευρίσκουν νέους τρόπους για να εκτελεστούν γνωστά πειράματα ή

δοκιμάζουν πειράματα που μέχρι σήμερα εκτελούνταν μόνο σε υψηλότερη κλίμακα και θεωρούνταν ακατάλληλα για τα σχολικά εργαστήρια

Στην κατεύθυνση αυτή είναι και οι προτάσεις που αναπτύσσονται στη συνέχεια για πειράματα Χημεία .

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΗΛΕΚΤΡΟΛΥΤΩΝ

Τα πειράματα που παρουσιάζονται αφορούν την αγωγιμότητα των οξέων, βάσεων και αλάτων.



Οι εργαστηριακές ασκήσεις που προτείνονται σε εργαστηριακά βιβλία δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας εκπαίδευσης απαιτούν αρκετή ποσότητα ηλεκτρολύτη ώστε να είναι δυνατόν να ανάψει ένα λαμπάκι πυρακτώσεως αντίστασης $R = 1,5 \Omega$.

Οι συνηθισμένες ουσίες που χρησιμοποιούμε στο εργαστήριο για πειράματα είναι ισχυρά οξέα και βάσεις σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις π.χ. 0,1 M ή ασθενή οξέα και βάσεις. Έτσι η συγκέντρωση των ιόντων είναι πολύ μικρή στο διάλυμα με αποτέλεσμα η ένταση του ρεύματος να είναι επίσης πολύ μικρή ακόμη και με μπαταρίες των 9 V. Απαιτείται λοιπόν μια συσκευή ανίχνευσης πολύ μικρών ρευμάτων.

Η πρότασή μας είναι η χρήση ενός LED εμπορίου αμελητέας αντίστασης αντί του λαμπτήρα πυρακτώσεως.

Δίνοντας ιδιαίτερη προσοχή στη συνδεσμολογία (+) – (-) του LED συνδέουμε σταθερά τον ένα πόλο συστοιχίας τριών μπαταριών 1,5 V με τον αντίστοιχο του LED ενώ οι εναπομείναντες πόλοι της συστοιχίας και του LED συνδέονται ο καθένας με ένα καλώδιο. Τα ελεύθερα άκρα των καλωδίων αυτών θα εμβαπτιστούν στο διάλυμα του ηλεκτρολύτη χωρίς να έρθουν σε επαφή. Ο φωτισμός του LED θα δείξει αν το διάλυμα περιλαμβάνει ή όχι ηλεκτρολύτη.

Οι συνηθισμένες πηγές που χρησιμοποιούμε στη διάταξή μας είναι συστοιχίες τριών μπαταριών των 1,5 V ($V = 4,5 V$)

ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΞΟΥΔΕΤΕΡΩΣΗ ΑΣΘΕΝΟΥΣ ΟΞΕΩΣ ΜΕ ΑΣΘΕΝΗ ΒΑΣΗ.

Υπάρχει παρανόηση στους μαθητές γυμνασίου ως προς την αγωγιμότητα του διαλύματος που προκύπτει κατά την πλήρη εξουδετέρωση οξέως με βάση. Η αντίληψη που επικρατεί είναι ότι το

διάλυμα που προκύπτει από τη πλήρη εξουδετέρωση δεν είναι αγωγίμο. Μπορούμε να τοποθετήσουμε μερικές σταγόνες οξικού οξέος σε μια πλαστική θήκη από μαστίχες ή φάρμακα σε μια άλλη θήκη τοποθετούμε τον ίδιο αριθμό σταγόνων διαλύματος αμμωνίας ίδιας συγκέντρωσης με του οξικού οξέος. Ελέγχουμε την αγωγιμότητα των δύο διαλυμάτων. Στη συνέχεια αναμιγνύουμε τα διαλύματα και ελέγχουμε την αγωγιμότητα του διαλύματος που προκύπτει από την εξουδετέρωση.

ΟΡΓΑΝΑ - ΣΥΣΚΕΥΕΣ	ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ – ΥΛΙΚΑ
4 καλώδια με κροκοδειλάκια στα άκρα Θήκη 3 μπαταριών 3 Μπαταρίες 1,5 V Ένα LED Πλαστική θήκη από μαστίχες ή φάρμακα	Υδροξείδιο νατρίου Οξικό οξύ Υδροχλωρικό οξύ Αμμωνία

ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Με τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιούμε 2-3 σταγόνες ηλεκτρολύτη σε σχέση με τα 20-30 ml που συνήθως περιέχονται σε δοχεία όταν τα πειράματα εκτελούνται σε συνηθισμένο εργαστήριο. Η μείωση του ηλεκτρολύτη είναι περίπου στο 1/20 με 1/50 της συνηθισμένης ποσότητας.

Η ελάχιστη ποσότητα ουσιών που χρησιμοποιούμε οδηγεί σε μεγαλύτερη ασφάλεια και ταυτόχρονα σε μεγαλύτερη οικονομία αντιδραστηρίων. Ταυτόχρονα μειώνεται δραστικά και η περιβαλλοντική επιβάρυνση λόγω απορριμμάτων και επικίνδυνων αποβλήτων. Η χρήση επίσης ηλεκτρικών στοιχείων μικρότερης τάσης οδηγεί σε μεγαλύτερη ευκολία για τη προμήθεια και χρήση των υλικών του πειράματος.

Μπορούν να αντιληφθούν τους ασθενείς ηλεκτρολύτες καθώς παρουσιάζεται μείωση της φωτεινότητας στο Led.

Να διαπιστώσουν ότι το διάλυμα που προκύπτει από την εξουδετέρωση είναι περισσότερο αγωγίμο.

Βιβλιογραφία

Γιούρη Τσοχατζή Κ, (2000), *Διδακτική Πειραμάτων Χημείας*, Εκδόσεις Ζήτη Θεσσαλονίκη
 Γιούρη Τσοχατζή Κ, (2003), *Σχολικά Πειράματα Χημείας Από τη Μακρο- στη Μικροκλίμακα*, Εκδόσεις Ζήτη Θεσσαλονίκη
 Mayo, D. W., Pike, R.& . Trumper , P (2001), *Microscale Techniques for the Organic Laboratory* John Wiley & Sons, Inc, <http://www.wilsoncenter.org/index.cfm>
 Mattson B and Saunders E, (2006), *Percent Composition of Calcium Carbonate in Tums, a Chemistry Laboratory Experiment*. Department of Chemistry, Creighton University, Omaha, Nebraska 68178 USA website: http://mattson.creighton.edu/Microscale_Gas_Chemistry.html

Το Σχολικό πείραμα Χημείας (Ασφαλώς ναι, αλλά πώς;)

Λεωνίδα Τζιανουδάκη
Υπεύθυνου Ε.Κ.Φ.Ε. Ρεθύμνου

Περίληψη

Φαίνεται ότι έχει επιτέλους γίνει αποδεκτή από το «δάσκαλο» της Χημείας η αντίληψη ότι η Χημεία είναι Πειραματική Επιστήμη και κάτω από το πρίσμα αυτό θα πρέπει να διδάσκεται στα Ελληνικά Σχολεία. Επίσης ότι η «Σχολική Χημεία» ξεκομμένη από παράλληλες πειραματικές δραστηριότητες είναι ένα άκρως απωθητικό μάθημα. Έτσι, τα τελευταία χρόνια εμφανίζεται μια καλοδεχούμενη κινητικότητα στον χώρο του σχολικού εργαστηρίου Χημείας. Δυστυχώς όμως, μετά από πολλά χρόνια εργαστηριακής απραξίας, και με ανεπαρκή επιμόρφωση του εκπαιδευτικού δυναμικού, η μεγάλη πλειοψηφία των δασκάλων και καθηγητών στερούνται πειραματικής εμπειρίας, με συνέπεια ακόμη και αν έχουν τη θέληση να κάνουν πείραμα, να το κάνουν αποσπασματικά και με μεθόδους μη ενδεδειγμένες. Αν και σε ζητήματα διδακτικής πρακτικής δεν υπάρχουν απόλυτες συνταγές, ορισμένες θέσεις που απορρέουν από μακρόχρονη πειραματική τριβή με το σχολικό πείραμα Χημείας (και δώστε σημασία στη λέξη σχολικό), πιθανότατα θα βοηθήσουν σε μια καλύτερη εφαρμογή πειραματικών δραστηριοτήτων στο Σχολείο. Αυτός είναι και ο στόχος της εισήγησης. Τα σημεία που αναπτύσσονται είναι τα εξής:

Σημασία δεν έχει μόνο το τι κάνουμε αλλά και πώς το κάνουμε.

Πώς θα επιλέξουμε το κατάλληλο πείραμα;

Είναι δύσκολη η ιδανική επιλογή γιατί υπεισέρχονται σ' αυτήν πολλά στοιχεία μεταξύ των οποίων και τα εξής:

Το επίπεδο των μαθητών.

Η εργαστηριακή υποδομή και τα διαθέσιμα υλικά και μέσα.

Ο αριθμός των μαθητών.

Οι στόχοι στους οποίους αποβλέπει το πείραμα.

Η μέθοδος παρουσίασης

Πότε ένα πείραμα θεωρείται «καλό»;

Στοιχεία που πρέπει να ληφθούν υπ' όψη είναι μεταξύ άλλων και τα εξής:

Να είναι απλό.

Να είναι ασφαλές.

Να είναι εντυπωσιακό

Να έχει σαφή στόχο.

Να συνδέει τη θεωρία με την πράξη.

Προϋποθέσεις για μια επιτυχημένη παρουσίαση

Ακόμη και το καλύτερο πείραμα μπορεί να αποδειχθεί «καμένο χαρτί» αν δεν παρουσιασθεί σωστά και με κατάλληλες προϋποθέσεις, όπως:

Το Θεωρητικό υπόβαθρο του καθηγητή

Το γνωστικό επίπεδο των μαθητών.

Η πολύ καλή προετοιμασία του πειράματος.

Η λήψη μέτρων ασφαλείας.

Η ενεργός συμμετοχή των μαθητών.

Το Πείραμα είναι το «αλατοπίπερο» στη διδασκαλία της Χημείας. Αξίζει να το αξιοποιήσουμε με τη βεβαιότητα ότι οι μαθητές μας θα βγουν πολλαπλά κερδισμένοι.

Το Σχολικό πείραμα Χημείας (Ασφαλώς ναι, αλλά πώς;)

Φαίνεται ότι έχει επιτέλους γίνει αποδεκτή από το «δάσκαλο» της Χημείας η αντίληψη ότι η Χημεία είναι Πειραματική Επιστήμη και κάτω από το πρίσμα αυτό θα πρέπει να διδάσκεται στα Ελληνικά Σχολεία. Επίσης ότι η «Σχολική Χημεία» ξεκομμένη από παράλληλες πειραματικές δραστηριότητες είναι ένα άκρως απωθητικό μάθημα. Έτσι, τα τελευταία χρόνια εμφανίζεται μια καλοδεχούμενη κινητικότητα στον χώρο του σχολικού εργαστηρίου. Τα μπουκαλάκια με τα αντιδραστήρια ξεσκονίζονται και εντάσσονται, έστω και με αργούς ρυθμούς, στο «οπλοστάσιο» του διδάσκοντος. Σημαντική ώθηση προς τη κατεύθυνση αυτή έδωσε και η δημιουργία 1100 περίπου σύγχρονων Εργαστηρίων Φυσικών Επιστημών στα Λύκεια, αλλά και η λειτουργία των ΕΚΦΕ σε κάθε νομό της Χώρας. Όλα δείχνουν ότι περνάμε σε μια φάση «άνθησης» της πειραματικής διδασκαλίας, με ολοένα και περισσότερους διδάσκοντες να χρησιμοποιούν πειραματικές δραστηριότητες, γεγονός αναμφισβήτητο ενθαρρυντικό για το εκπαιδευτικό μας γίγνεσθαι. Στο μάθημα της Χημείας - και όχι μόνο - κυριαρχεί το πείραμα επίδειξης και μάλλον θα κυριαρχεί για πολλά ακόμη χρόνια, λόγω του ανεπαρκούς εργαστηριακού εξοπλισμού και της στενότητας του διδακτικού χρόνου που υπάρχει, αλλά και της πολύ απλούστερης εφαρμογής του. Και είναι παιδαγωγικά κοινά αποδεκτό ότι σαν πειραματική και παιδαγωγική διεργασία το πείραμα επίδειξης υπολείπεται σημαντικά από το μετωπικό πείραμα και από πείραμα «κυκλικού εργαστηρίου». Στο πείραμα επίδειξης ο μαθητής είναι θεατής στα δρώμενα, ενώ σε μετωπικό πείραμα είναι ο πρωταγωνιστής. Και μόνο αυτή η ειδοποιός διαφορά φανερώνει πολλά. Πρέπει όμως να δεχθούμε ότι ακόμη και η «από καθέδρας» πειραματική επίδειξη είναι απείρως προτιμότερη από την μη επίδειξη και την στεία θεωρητικολογία. Η εισήγηση αναφέρεται κυρίως στο

Σχολικό πείραμα επίδειξης, λόγω της σαφώς μεγαλύτερης εφαρμογής του από τη τεράστια πλειοψηφία των διδασκόντων στη τρέχουσα φάση.

Δυστυχώς, μετά από τόσα χρόνια εργαστηριακής απραξίας, η μεγάλη πλειοψηφία των δασκάλων και καθηγητών στερούνται πειραματικής εμπειρίας, με συνέπεια ακόμη και αν έχουν τη θέληση να κάνουν πείραμα, να το κάνουν αποσπασματικά και με μεθόδους μη ενδεδειγμένες. Αν και σε ζητήματα διδακτικής πρακτικής δεν υπάρχουν απόλυτες συνταγές, ορισμένες θέσεις που απορρέουν από μακρόχρονη πειραματική τριβή με το σχολικό πείραμα Χημείας (και δώστε σημασία στη λέξη σχολικό), πιθανότατα θα βοηθήσουν σε μια καλύτερη εφαρμογή πειραματικών δραστηριοτήτων στο Σχολείο.

Σημασία δεν έχει μόνο το τι κάνουμε αλλά και πώς το κάνουμε

Αναζητώντας το κατάλληλο πείραμα στα διάφορα βιβλία πειραμάτων, διαπιστώνουμε ότι υπάρχει μεγάλη ποικιλία πειραμάτων με το ίδιο αντικείμενο. Την καύση μπορούμε να τη δείξουμε με πέντε τουλάχιστον διαφορετικά πειράματα, το πείραμα της αντίδρασης του Νατρίου με νερό το έχουμε δει σε 4 τουλάχιστον παραλλαγές, την επίδραση οξέων σε μέταλλα σε 4 παραλλαγές, τη χρήση των δεικτών με 6 διαφορετικούς τρόπους κλπ. Στον καθηγητή επομένως εναπόκειται να επιλέξει την πλέον κατάλληλη μορφή πειράματος που θα παρουσιάσει. Για την επιλογή, θα πρέπει να λάβει υπόψη του πολλούς παράγοντες, μερικούς από τους οποίους παραθέτουμε στη συνέχεια.

Πώς θα επιλέξουμε το κατάλληλο πείραμα;

Είναι δύσκολη η ιδανική επιλογή γιατί υπεισέρχονται σ' αυτήν πολλά στοιχεία μεταξύ των οποίων και τα εξής:

Το επίπεδο των μαθητών. Δεν είναι σκόπιμο να υποστηρίξεις πειραματικά την έννοια «καύση» στο Δημοτικό Σχολείο με την καύση ξύλου σε ατμόσφαιρα οξυγόνου που παράγεται από την τήξη KClO_3 (1). Το πείραμα αυτό όμως μπορεί να παρουσιασθεί θαυμάσια σε μαθητές της Α' Λυκείου, που μπορούν να κατανοήσουν τη παρουσία του οξυγόνου στο σωλήνα. Στο Δημοτικό μπορεί όμως να γίνει καύση ενός μικρού κεριού μέσα σε ανεστραμμένο ποτήρι ζέσεως.

Η εργαστηριακή υποδομή και τα διαθέσιμα υλικά και μέσα. Η μέτρηση του pH μπορεί να γίνει με πεχαμετρικό χαρτί ή με ηλεκτρονικό πεχάμετρο, ανάλογα με τον εξοπλισμό του Εργαστηρίου. Την έλλειψη δεικτών επίσης θα μπορούσε θαυμάσια να υποκαταστήσει εκχύλισμα κόκκινου λάχανου.

Ο αριθμός των μαθητών. Σε τμήματα με μικρό αριθμό μαθητών μπορούν να γίνουν μετωπικά πειράματα με μεγαλύτερη συχνότητα, ενώ σε πολυμελή τμήματα μάλλον ενδείκνυνται πειράματα επίδειξης.

Οι στόχοι στους οποίους αποβλέπει το πείραμα. (Τι θέλουμε να δείξουμε). Μια εξουδετέρωση θα τη παρουσιάσουμε μόνο ποιοτικά μέσω της παρουσίας δείκτη, όταν θέλουμε να κατανοήσουν οι μαθητές μόνο την αντίδραση οξέων με βάσεις, ενώ θα πάρουμε και ποσοτικές μετρήσεις, όταν το πείραμα στοχεύει σε τιτλοδότηση διαλύματος άγνωστης συγκέντρωσης.

Η μέθοδος παρουσίασης (επίδειξη ή μετωπικό εργαστήριο). Εφ' όσον επιλεγεί η μετωπική μέθοδος το πείραμα πρέπει να είναι ακίνδυνο, να υπάρχουν πολλαπλές σειρές οργάνων και αντιδραστηρίων και συνήθως σχετική άνεση χρόνου. Π.χ. η επίδραση λεμονιού ή ξυδιού σε σόδα φαγητού προσφέρεται για μετωπικό πείραμα, όχι όμως και η επίδραση νατρίου σε νερό ή ψευδαργύρου σε υδροχλωρικό οξύ.

Πότε ένα πείραμα θεωρείται «καλό»;

Και στο θέμα αυτό δεν μπορεί κανείς να είναι απόλυτος. Μπορούμε όμως να καθορίσουμε ένα γενικό πλαίσιο χαρακτηριστικών που πρέπει να έχει το σχολικό πείραμα Χημείας, λαμβάνοντας υπόψη και την εικόνα του μέσου Σχολικού Εργαστηρίου στη χώρα μας. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι τα εξής:

Να είναι **απλό**. Με το χρόνο να αποτελεί το μεγάλο πρόβλημα για τον καθηγητή και την ύλη που πρέπει να βγει «δαμόκλειο σπάθη», είναι προφανές ότι ένα χρονοβόρο και πολύπλοκο πείραμα δεν προσφέρεται για διδακτική αξιοποίηση.

Να είναι **ασφαλές**. Πειράματα με τοξικές ουσίες, επικίνδυνες εκλύσεις αερίων, εύφλεκτα υλικά, πυκνά ισχυρά οξέα ή βάσεις και υψηλές τάσεις ρεύματος, θα πρέπει κατά το δυνατόν να αποφεύγονται. Αν ο διδάσκων κρίνει σκόπιμη την παρουσίαση τέτοιων πειραμάτων τότε πρέπει να τα επιδεικνύει ο ίδιος, λαμβάνοντας όλα τα σχετικά μέτρα ασφαλείας. Και πάνω από όλα δεν πρέπει να υπερεκτιμά τις δυνατότητές του και να εργάζεται με σχολαστικότητα και προσοχή, σαν να εκτελεί το πείραμα για πρώτη φορά. Με την εμπειρία που θα αποκτήσει ο διδάσκων θα μπορεί να ανακαλύψει τρόπους με τους οποίους πειράματα που φαίνονται επικίνδυνα να είναι στην πραγματικότητα εντελώς ακίνδυνα (Π.χ. έκρηξη υδρογόνου που συλλέχθηκε από επίδραση υδροχλωρικού οξέος σε ψευδάργυρο σε ειδικά διαμορφωμένο μεταλλικό κουτί (2)).

Να είναι **εντυπωσιακό**. Ένα εντυπωσιακό πείραμα, αν και δεν αποτελεί αυτοσκοπό, βοηθάει στην αυξημένη προσοχή του μαθητή, στη δημιουργία θετικής στάσης απέναντι στο μάθημα, και

στην καλύτερη απομνημόνευση. Επομένως αποτελεί στοιχείο που πρέπει να συνεκτιμάται, όχι όμως αποσπασματικά.(Π.χ. Γράψιμο με «μελάνη φαινολοφθαλείνης σε χαρτί ποτισμένο με ανθρακικό νάτριο (3), καύση κεριού μέσα σε νερό (4), η διαλυτότητα του Ιωδίου σε νερό και Βενζίνη στο ίδιο δοχείο με σχηματισμό δύο στιβάδων διαφορετικού χρώματος (5), και ο αποχρωματισμός όξινου διαλύματος υπερμαγγανικού καλίου από θειώδες νάτριο (6) , αποτελούν θαυμάσια πειράματα που μένουν για πολύ καιρό χαραγμένα στη μνήμη των μαθητών)

Να έχει **σαφή στόχο**. Δεν πρέπει να λησμονούμε ότι το πείραμα εντάσσεται αρμονικά στην θεωρία και την υποστηρίζει. Πείραμα ξεκομμένο από την διδασκτέα ύλη , δίχως σαφείς διδακτικούς στόχους είναι περιττό χάσιμο χρόνου. Η στοχοθεσία καθορίζει και την επιλογή του πειράματος. Έτσι αν θέλουμε να δείξουμε τη καύση σαν παράδειγμα χημικού φαινομένου αρκεί μια απλή καύση χαρτιού, ενώ αν θέλουμε να τονίσουμε ότι το οξυγόνο είναι απαραίτητο για τη καύση θα προτιμήσουμε μια καύση κεριού σε κλειστό γυάλινο δοχείο.

Να συνδέει τη **θεωρία με την πράξη**. Μια καλή τακτική προς τη κατεύθυνση αυτή είναι η χρήση στο πείραμα υλικών από τη καθημερινή ζωή. Π.χ. χρησιμοποιούμε διάλυμα υδροχλωρικού οξέος από το εμπόριο (απολυμαντικό για τουαλέτες), αποφρακτικό νιπτήρων (TUBOFLO) αντί για υδροξείδιο του νατρίου, ξύδι, σόδα φαγητού, μάρμαρο, εκχύλισμα κόκκινου λάχανου για την επίδειξη ιδιοτήτων των δεικτών κλπ . Εννοείται ότι και αυτή η τακτική θα χρησιμοποιείται με μέτρο. Είναι λάθος να ξεκόψει ο μαθητής από τις κλασσικές συσκευές ενός χημικού Εργαστηρίου και να αγνοεί τη χρήση και την σκοπιμότητά τους.

Προϋποθέσεις για μια επιτυχημένη παρουσίαση.

Ακόμη και το καλύτερο πείραμα μπορεί να αποδειχθεί «καμένο χαρτί» αν δεν παρουσιασθεί σωστά και με κατάλληλες προϋποθέσεις. Ορισμένες από αυτές είναι:

Το **Θεωρητικό υπόβαθρο του καθηγητή** . Είναι αναγκαίο ο διδάσκων να γνωρίζει σε βάθος τα «γιατί» του πειράματος, ώστε να μπορεί να δώσει εξηγήσεις στους μαθητές, σε περίπτωση που κάτι δεν πάει καλά.. Στη περίπτωση αυτή μπορεί ακόμη και να εκμεταλλευθεί διδακτικά τα πειραματικά λάθη που μπορούν να γίνουν.¹

¹ Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το πείραμα σύνθεσης ιωδιούχου μαγνησίου από στερεό ιώδιο και μαγνήσιο. Αρκούν λίγες σταγόνες νερού σε μείγμα των δύο στερεών στοιχείων για να πραγματοποιηθεί αντίδραση και να ελευθερωθεί ένα θαυμάσιο βιολετί σύννεφο ατμών ιωδίου. Αυτό γίνεται γιατί η αντίδραση είναι ισχυρά εξώθερμη και το παραγόμενο ποσό θερμότητα εξαχνώνει το Ιώδιο. Το νερό παίζει ένα «καταλυτικό» ρόλο προκαλώντας αποτελεσματικότερη επαφή μεταξύ των στερεών. Η προσθήκη του νερού λοιπόν πρέπει να γίνει με μέτρο, διότι αν προστεθούν μεγάλες ποσότητες νερού στο μείγμα θα απορροφήσουν το εκλυόμενο ποσό θερμότητας και το πείραμα θα αποτύχει αν και η αντίδραση θα πραγματοποιηθεί.

Το γνωστικό επίπεδο των μαθητών. Οι μαθητές πρέπει να είναι σε θέση να καταλαβαίνουν αυτό που βλέπουν. Το πείραμα λοιπόν θα είναι «κομμένο και ραμμένο» στα μέτρα τους.

Η πολύ καλή προετοιμασία του πειράματος. Σε καμία περίπτωση δεν κάνουμε πείραμα στη τάξη, αν προηγουμένως δεν το έχουμε εκτελέσει μόνοι μας. Μόνο έτσι μπορούμε να ανακαλύψουμε τα «λεπτά» του σημεία. Επίσης δεν αναζητούμε τα απαραίτητα υλικά την τελευταία στιγμή, αλλά έχουμε φροντίσει να τα μεταφέρουμε και να είναι όλα έτοιμα στη θέση του. Με τον τρόπο αυτό χάνουμε σε ελεύθερο χρόνο, αλλά κερδίζουμε σε διδακτικό. (Αναφορά στην επίδραση HCl σε Zn).

Η λήψη μέτρων ασφαλείας. Ο «εφιάλτης» του πειραματιστή, ειδικά όταν εργάζεται με μαθητές, λέγεται ατύχημα. Προηγουμένως αναφέρθηκαν κάποιες απόψεις σχετικά με την ασφάλεια του Εργαστηρίου. Γεγονός είναι ότι οι κανόνες ασφαλείας είναι το Α και το Ω στη λειτουργία ενός Εργαστηρίου. Πέρα από αυτούς όμως πρέπει να έχουμε υπόψη ότι κάθε πείραμα έχει τους δικούς του κανόνες ασφαλείας. Π.χ. στο πείραμα της αντίδρασης του Na με νερό, το μέγεθος του Na δεν πρέπει να ξεπερνάει το μέγεθος φακής, ενώ το δοχείο με το νερό πρέπει να είναι κατά το δυνατόν μεγαλύτερο. (εάν είναι δυνατόν λεκάνη) (7). Έτσι μόνο η μεγάλη προσοχή και η εμπειρία θα προφυλάξουν τον καθηγητή και τους μαθητές από κινδύνους ατυχημάτων.

Η ενεργός συμμετοχή των μαθητών. Αφήσαμε τελευταία την πλέον ουσιαστική προϋπόθεση για επιτυχημένη πειραματική δραστηριότητα. Είτε πρόκειται για μετωπικό πείραμα, είτε για πειραματική επίδειξη αν δεν «βάλεις τον μαθητή στο παιχνίδι» το κέρδος θα είναι ελάχιστο. Ο δάσκαλος διαρκώς προβληματίζει τους μαθητές ρωτώντας για τις αιτίες, προκαλώντας τις προβλέψεις τους, απαιτώντας διαγράμματα, καταγραφή παρατηρήσεων κλπ. Μερικά απλά πειράματα επίδειξης τα αναθέτουμε στα ίδια τα παιδιά, ή έστω ζητάμε τη βοήθειά τους στην εκτέλεση. Ο μαθητής μας πρέπει να αισθάνεται ισότιμος εταίρος στη διαδικασία αυτή και όχι παραγκωνισμένος θεατής.

Το Πείραμα μπορούμε να πούμε ότι είναι το «αλατοπίπερο» στη διδασκαλία της Χημείας. Ενός μαθήματος καθ' όλα γοητευτικού, το οποίο κατορθώσαμε –για κατόρθωμα πρόκειται– να το κάνουμε αντιπαθητικό στους μαθητές λόγω του τρόπου με τον οποίο διδάσκεται. Σχολική χημεία δεν σημαίνει χαρτοχημεία, προβλήματα και πέλαγος χημικών εξισώσεων. Σχολική χημεία σημαίνει εφαρμογή θεωρητικών γνώσεων στη καθημερινή μας ζωή, σημαίνει πανηγύρι αισθήσεων, σημαίνει δραστηριότητες και «άρωμα» Εργαστηρίου. Αξίζει

να αξιοποιήσουμε το πολύτιμο διδακτικό εργαλείο που λέγεται ΠΕΙΡΑΜΑ, με τη βεβαιότητα ότι οι μαθητές μας θα βγουν πολλαπλά κερδισμένοι.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γ. Μανουσάκη, Διδακτική της Χημείας, Εκδ. Αδελφών Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη
2. Η πειραματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Ελλάδα, επιμέλεια Δ. Κολιόπουλος, εκδ. Γ. Πνευματικού.
3. Μ.Σ. Μαυρόπουλου, Διδάσκω Χημεία, εκδ. Σαββάλα.
4. Μύρωνα Ζαβλανού, Διδακτική Φυσικών Επιστημών, εκδ. Ιων.
5. Π.Β.Κόκκοτα, Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, εκδ. Γρηγόρη
6. Κουρεμένου Κ., Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο, εκδ. Γρηγόρη.
7. Τσαπαρλή Γ., Θέματα Διδακτικής Φυσικής και Χημείας στη Μέση Εκπαίδευση, εκδ. Γρηγόρη.
8. Βάρβογλη Αναστ. Η Χημεία χωρίς τύπους, εκδ. Ζήτη, Θεσσαλονίκη 2001
9. Βάρβογλη Αναστ. Η κρυφή γοητεία της Χημείας, εκδ. Τροχαλία, Αθήνα, 1994
10. Jay Ingram, Η Επιστήμη της καθημερινής ζωής, εκδ. Κάτοπτρο, Αθήνα, 1992

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

1. ΤΗΞΗ ΧΛΩΡΙΚΟΥ ΚΑΛΙΟΥ ΚΑΙ ΚΑΥΣΗ ΣΕ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΟΞΥΓΟΝΟΥ
2. ΕΠΙΔΡΑΣΗ HCl ΣΕ ΨΕΥΔΑΡΓΥΡΟ.
3. ΧΑΡΤΙ ΜΕ ΑΝΘΡΑΚΙΚΟ ΝΑΤΡΙΟ + ΦΑΙΝΟΛΟΦΘΑΛΕΪΝΗ
4. ΚΑΥΣΗ ΚΕΡΙΟΥ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΤΟ ΝΕΡΟ.
5. ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ ΙΩΔΙΟΥ ΣΕ ΝΕΡΟ ΚΑΙ BENZΪNH.
6. ΑΠΟΧΡΩΜΑΤΙΣΜΟΣ ΟΞΙΝΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ ΥΠΕΡΜΑΓΓΑΝΙΚΟΥ ΚΑΛΙΟΥ
7. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΝΑΤΡΙΟ Ή ΚΑΛΙΟ

Πρόταση διδασκαλίας εργαστηριακών ασκήσεων για τα Επαγγελματικά Λύκεια (ΕΠΑ.Λ.) – Επαγγελματικές Σχολές (ΕΠΑ.Σ.)

Πολυχρόνης Σ. Καραγκιοζίδης
Χημικός Μ.Σc - Σχολικός Σύμβουλος
Ακροπόλεως 49 - 54634 Θεσσαλονίκη
Site: www.polkarag.gr E-mail: info@polkarag.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η έλλειψη χημικής παιδείας ακόμη και από τους τεχνικούς, υποβιβάζει την ποιότητα των παρεχομένων υπηρεσιών και εκθέτει τους πολίτες σε κινδύνους. Για το λόγο αυτό προτείνω ένα πρόγραμμα ελάχιστων εργαστηριακών ασκήσεων, για τα ΕΠΑ.Λ – ΕΠΑ.Σ με το απαραίτητο ελάχιστο θεωρητικό υπόβαθρο και ταυτόχρονη εισαγωγή του μαθήματος χημείας σε κάποιες ειδικότητες και κάποιους τομείς των σχολείων αυτών.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στην Ελλάδα υπάρχει τεράστιο έλλειμμα επιστημονικής παιδείας γενικώς, καθώς και αντίστοιχο έλλειμμα και στον τομέα της χημικής παιδείας με πολλά δυσάρεστα αποτελέσματα, μεταξύ των οποίων η μη ορθολογική χρήση χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων, με τεράστιες επιπτώσεις στο οικοσύστημα και τον άνθρωπο. Για παράδειγμα οι καλλιεργητές, αλλά και οι κάτοικοι της υπαίθρου δεν γνωρίζουν τις επιπτώσεις από την μη ορθολογική χρήση τους και δεν λαμβάνουν τα απαραίτητα μέτρα προφύλαξης. Ο κάθε πολίτης για την ασφάλειά του θα έπρεπε ακόμη να γνωρίζει ότι το υγραέριο είναι βαρύτερο του ατμοσφαιρικού αέρα, ενώ το μεθάνιο που είναι το κύριο συστατικό του φυσικού αερίου είναι ελαφρύτερο. Τέτοιου είδους γνώσεις δεν διαθέτουν ούτε και οι τεχνίτες που ασχολούνται με την εγκατάσταση συστημάτων φυσικού αερίου.

Για τους παραπάνω λόγους θεωρώ επιβεβλημένο να εισαχθεί κάποιο μάθημα χημείας με εργαστηριακές δραστηριότητες στους τομείς: γεωπονίας, τροφίμων και περιβάλλοντος, υγείας πρόνοιας των ΕΠΑ.Λ – ΕΠΑ.Σ καθώς και στις ειδικότητες: : βοηθών ιατρικών και βιολογικών εργαστηρίων, βοηθών νοσηλευτών, τεχνολογία και έλεγχος τροφίμων, έργα τοπίου και περιβάλλον, σύγχρονη επιχειρηματική γεωργία.

Ως μέλη της Ένωσης Ελλήνων Χημικών, οφείλουμε να υποδείξουμε στους αρμόδιους της Ελληνικής Πολιτείας ένα πρόγραμμα ελάχιστων εργαστηριακών ασκήσεων, με το απαραίτητο ελάχιστο θεωρητικό υπόβαθρο, απαραίτητων για τη στοιχειώδη κατάρτιση όσων θα ασχοληθούν με το επάγγελμα του μηχανικού αυτοκινήτου, του

ψυκτικού, του υδραυλικού, του τεχνίτη εγκατάστασης φυσικού αερίου και άλλων.

ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΣΚΟΠΟΙ ΤΩΝ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΑΣΚΗΣΕΩΝ

Βραχυπρόθεσμες επιδιώξεις:

- α) Η αναβάθμιση του μαθήματος της χημείας στα ΕΠΑ.Λ.
 - β) Η προσφορά εναλλακτικών ιδεών για πειράματα χημείας σε Γυμνάσια και Γενικά Λύκεια.
- Μακροπρόθεσμες επιδιώξεις:
- α) Βελτίωση των παρεχομένων υπηρεσιών από τους τεχνίτες.
 - β) Προστασία της υγείας και ασφάλεια.

ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ

1) ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ ΝΕΡΟΥ.

Θεωρητικό υπόβαθρο:

Παροδική και μόνιμη σκληρότητα, επιπτώσεις στα δίκτυα, μέθοδος απαλλαγής από την παροδική σκληρότητα.

Αναγκαιότητα χρήσης απιονισμένου νερού (με τα απαραίτητα πρόσθετα: αντιπηκτικό, αντιδιαβρωτικό κλπ.) στα κλειστά κυκλώματα, όπως το σύστημα θέρμανσης του ηλιακού θερμοσίφωνα και το σύστημα ψύξης των αυτοκινήτων.

Εργαστηριακές ασκήσεις:

α) Εύρεση σκληρότητας νερού με κάποια τυποποιημένη μέθοδο, όπως για παράδειγμα, τη λήψη συγκεκριμένης μικρής ποσότητας νερού, πχ 4 mL, προσθήκη δείκτη και μέτρηση των σταγόνων πρότυπου διαλύματος μέχρι την αλλαγή χρώματος. Στη συνέχεια αντιστοίχιση του αριθμού των σταγόνων του πρότυπου διαλύματος με μονάδες σκληρότητας, από πίνακα που περιέχει η συσκευασία. Απαιτούμενος χρόνος περίπου 5 λεπτά.

Για τη μέθοδο αυτή δεν απαιτείται εργαστηριακός εξοπλισμός. Το σετ οργάνων και αντιδραστηρίων πωλείται στο εμπόριο και έχει μικρό όγκο.

β) Εύρεση σκληρότητας νερού με τη μέθοδο EDTA αλλά με τη χρήση ογκομετρικού σιφωνίου αντί προχοΐδας.

2) ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΠΑΡΑΚΑΤΩ ΤΕΣΣΑΡΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ: ΑΠΕΣΤΑΓΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ, ΑΠΙΟΝΙΣΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ, ΝΕΡΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΚΑΙ ΥΓΡΩΝ ΣΥΣΣΩΡΕΥΤΩΝ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΩΝ.

Θεωρητικό υπόβαθρο:

Περιγραφή των προαναφερθέντων συστημάτων. Γιατί πρέπει να προσθέτουμε στους συσσωρευτές απεσταγμένο και όχι απιονισμένο νερό ή οτιδήποτε άλλο.

Εργαστηριακή άσκηση:

Τα προαναφερθέντα συστήματα (υγρά), βρίσκονται σε διαφορετικό δοχείο το καθένα. Καλούμαστε να ταυτοποιήσουμε το περιεχόμενο καθενός δοχείου δηλαδή να τοποθετήσουμε ετικέτες.

Η ταυτοποίηση θα γίνει: με τη χρήση πεχαμετρικού χαρτού, με ποιοτική ανίχνευση σκληρότητας, και με την ανίχνευση ανιόντων Cl^- με διάλυμα AgNO_3 .

Το υγρό που περιέχουν οι συσσωρευτές είναι αραιό διάλυμα H_2SO_4 και πρέπει να το ξεχωρίζουμε από το υγρό με το οποίο συμπληρώνουμε τη στάθμη των συσσωρευτών, που είναι απεσταγμένο νερό. Το διάλυμα H_2SO_4 ανιχνεύεται με το πεχαμετρικό χαρτί.

Το φυσικό νερό, όπως είναι το νερό δικτύου ύδρευσης, ανιχνεύεται με ποιοτικό έλεγχο σκληρότητας.

Το απιονισμένο νερό το αντιδιαστέλουμε από το απεσταγμένο, από το γεγονός ότι περιέχει ανιόντα Cl^- τα οποία με διάλυμα AgNO_3 δίνουν θόλωμα.

Εναλλακτική πρόταση: Αντί της ποιοτικής ανίχνευσης σκληρότητας, στις περισσότερες των περιπτώσεων μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε πυκνό διάλυμα $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ (οξαλικού αμμωνίου) ή πυκνό διάλυμα $\text{K}_2\text{C}_2\text{O}_4$.

Ένα σχετικώς πυκνό διάλυμα $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ το οποίο θα παρασκευασθεί χωρίς μετρήσεις, δίνει ίζημα CaC_2O_4 όταν η περιεκτικότητα του νερού σε Ca^{2+} είναι μεγαλύτερη των 10 ή 15mg/L. Τέτοια περιεκτικότητα έχουν σχεδόν όλα τα φυσικά νερά του Ελλαδικού χώρου. Οι εξαιρέσεις είναι ελάχιστες, όπως το νερό Λουτρακίου, του οποίου η σκληρότητα είναι μεν σχετικώς μεγάλη, αλλά αυτή οφείλεται στη μεγάλη περιεκτικότητα σε Mg^{2+} .

Επειδή η δοκιμή με διάλυμα $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ είναι απλή και εύκολη, προτείνω να χρησιμοποιείται για την ταυτοποίηση του φυσικού νερού και μόνον σε περίπτωση που θα δώσει αρνητικό αποτέλεσμα, να χρησιμοποιείται μια συνηθισμένη μέθοδος ποιοτικής ανίχνευσης σκληρότητας.

Παρατηρήσεις:

Ίσως κάποιοι διατυπώσουν την άποψη ότι θα ήταν περισσότερο χρήσιμη η διδασκαλία κάποιων άλλων εργαστηριακών δραστηριοτήτων, όπως η μέτρηση του αλκοολικού βαθμού κρασιού ή της οξύτητας κρασιού και λαδιού.

Θεωρώ ότι, λόγω της γενικότερης υποβάθμισης του μαθήματος της Χημείας και αυτά τα ελάχιστα εάν καταφέρουμε, θα είναι μια σημαντική επιτυχία.

Από σχετική έρευνα που πραγματοποίησα, σε πολύ μικρό όμως δείγμα 21 μαθητών του Τ.Ε.Ε. Άργους Ορεστικού το 2003, οι μαθητές έδειξαν ενδιαφέρον και θεώρησαν χρήσιμες μόνον τις προαναφερθείσες δραστηριότητες. Ίσως επειδή ήταν μαθητές μου και είχαν επηρεασθεί

από μένα για την αναγκαιότητα τέτοιων γνώσεων. Τώρα με την ιδιότητα του σχολικού συμβούλου θα επαναλάβω την έρευνα σε σχολεία της αρμοδιότητάς μου.

Ακόμη, να μην μας διαφεύγει το γεγονός ότι, όπως προκύπτει από το αναλυτικό πρόγραμμα των σχολείων αυτών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, απουσιάζει παντελώς κάποιο μάθημα χημικής τεχνολογίας ή έστω γενικής χημείας, από τους τομείς και τις ειδικότητες που αναφέρθηκαν στην εισαγωγή.

Προτάσεις όμως πρέπει να υποβάλλουμε και να μην περιοριζόμαστε μόνον στην επισήμανση της υποβάθμισης του μαθήματός μας.

Σχέδια Εργασίας

Νέες Τεχνολογίες



Δημιουργία Εκπαιδευτικής Ιστοσελίδας με θέμα: «Οξειδοαναγωγή: Θεωρία και Εφαρμογές»

Μαρία Μπαγανά*, Νίκος Μπεκιάρης, Παναγιώτης Γιαννακουδάκης
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Χημείας
Διατμηματικό - Διαπανεπιστημιακό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
«Διδακτική της Χημείας και Νέες Εκπαιδευτικές Τεχνολογίες»

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αφορά στη δημιουργία ιστοσελίδας με ευέλικτο εκπαιδευτικό υλικό που αναφέρεται στη θεωρία και τις εφαρμογές της οξειδοαναγωγής και απευθύνεται κυρίως στους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Το εκπαιδευτικό αυτό υλικό δεν περιορίζεται σε μία τετριμμένη παρουσίαση του θέματος, αλλά συνδυάζει το πείραμα με τη θεωρία, περιέχει πολλά παραδείγματα και εφαρμογές από την καθημερινή ζωή, τους άλλους τομείς της επιστήμης, τις παραγωγικές διαδικασίες και την τεχνολογία και, γενικότερα, όντας πολυμεσικό, ευνοεί την πολλαπλή πρόσκτηση, αναπαράσταση και διασύνδεση της πληροφορίας. Γνώμονα για τη δημιουργία και τη συλλογή του πρωτογενούς υλικού (συγγραφή κειμένων, δημιουργία σχημάτων, πινάκων και κινούμενων εικόνων, αναζήτηση φωτογραφιών, βιντεοσκοπημένων πειραμάτων, κ.λ.π.) αποτέλεσαν οι ανάγκες εκπαιδευτικών και μαθητών στις τρέχουσες σχολικές συνθήκες. Παράλληλα, κατά τη σύνθεση του εκπαιδευτικού υλικού και τη δημιουργία της ιστοσελίδας (σχεδιασμός περιεχομένων, επεξεργασία, οργάνωση και παρουσίαση πολυμεσικού υλικού) λήφθηκε μέριμνα, ώστε το τελικό αποτέλεσμα να μπορεί να ενταχθεί παραγωγικά στο μάθημα, δηλαδή να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και να αξιοποιηθεί τόσο συνολικά όσο και τμηματικά είτε μέσα στην τάξη είτε από το σπίτι. Εκτιμούμε ότι η ευέλικτη οργάνωση του σε συνδυασμό με δυνατότητα απρόσκοπτης πρόσβασης μπορεί να διευκολύνει το έργο του εκπαιδευτικού και τον εμπλουτισμό του μαθήματος της Χημείας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Εισαγωγή

Η παρούσα εργασία αφορά στη δημιουργία ιστοσελίδας με πολυμεσικό εκπαιδευτικό υλικό που αναφέρεται στη θεωρία και τις εφαρμογές της οξειδοαναγωγής και απευθύνεται κυρίως στους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Αφετηρία για την επιλογή του θέματος της οξειδοαναγωγής αποτέλεσαν:

Ο αποσπασματικός και ανακόλουθος τρόπος διδασκαλίας του σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, όπου η μόνη απόπειρα μιας πιο συγκροτημένης προσέγγισης γίνεται στο πλαίσιο της Θετικής Κατεύθυνσης στη Β' Λυκείου. Μιας

προσέγγισης που, ωστόσο, χαρακτηρίζεται από την τυποποιημένη και χωρίς εννοιολογική εμβάθυνση παρουσίαση της θεωρίας, την απομνημόνευση και την ασκησιολογία, καθώς και την έλλειψη παραδειγμάτων και εφαρμογών που να συνδέουν την οξειδοαναγωγή με την καθημερινή ζωή, τους άλλους τομείς της επιστήμης, τις παραγωγικές διαδικασίες και την τεχνολογία.

Η έλλειψη βιβλιογραφίας και γενικότερα ηλεκτρονικών και μη πηγών στη γλώσσα μας που να προσεγγίζουν σφαιρικά το θέμα και να είναι άμεσα αξιοποιήσιμες ως εργαλεία χρήσης για τη διδασκαλία και τη μάθηση.

Σήμερα είναι καθολικά αποδεκτό πως το διαδίκτυο αποτελεί ένα δυναμικό και πολυδιάστατο εκπαιδευτικό βοήθημα και εργαλείο. Μεταξύ άλλων, αποτελεί και τη σπουδαιότερη πηγή δεδομένων και εκπαιδευτικού υλικού. Με τη χρήση του, εκπαιδευτικοί και μαθητές έχουν πρόσβαση σε ένα ευρύ και ποικίλο φάσμα πληροφοριών και υλικού που μπορεί να αξιοποιηθεί εκπαιδευτικά και να δράσει ως αντίβαρο στη βιβλιοκεντρική διδασκαλία και μάθηση.

Σημαντικό, όμως, εμπόδιο γι' αυτό στη χώρα μας είναι η «γλώσσα»: η συντριπτική πλειοψηφία των ιστοσελίδων είναι στα αγγλικά και ελάχιστες στα ελληνικά. Εμπόδιο ουσιαστικό, αν αναλογιστούμε το ρόλο που παίζει η γλώσσα τόσο στη μετάδοση των γνώσεων όσο και στην εσωτερική τακτοποίηση των σκέψεων.

Από την άποψη αυτή, η παρούσα εργασία δεν αποτελεί μόνο μία πρώτη προσπάθεια συγκρότησης μιας τράπεζας πληροφοριών για την οξειδοαναγωγή στα ελληνικά, αλλά και ένα λιθαράκι στη δημιουργία διαδικτυακών πηγών εκπαιδευτικού υλικού στη γλώσσα μας.

Σχεδιασμός και υλοποίηση της ιστοσελίδας

Ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της ιστοσελίδας ολοκληρώθηκε σε τρία στάδια:

1. *Δημιουργία και συλλογή πρωτογενούς υλικού*, όπως συγγραφή κειμένων, δημιουργία σχημάτων, πινάκων και κινούμενων εικόνων, αναζήτηση φωτογραφιών και βιντεοσκοπημένων πειραμάτων, κ.λ.π. Γνώμονα γι' αυτό αποτέλεσαν οι ανάγκες των εκπαιδευτικών και των μαθητών σε πραγματικές σχολικές συνθήκες (Πρόγραμμα Σπουδών, σχολικά εγχειρίδια, διδακτικά βοηθήματα, εποπτικά μέσα διδασκαλίας και εργαστήρια).
2. *Επεξεργασία και σύνθεση του πρωτογενούς υλικού*, δηλαδή σχεδιασμός των περιεχομένων, επεξεργασία και δόμηση του πολυμεσικού υλικού.
3. *Δημιουργία της ιστοσελίδας* έτσι, ώστε το τελικό αποτέλεσμα να μπορεί να ενταχθεί παραγωγικά στο μάθημα, δηλαδή να μπορεί να χρησιμοποιηθεί και να αξιοποιηθεί τόσο συνολικά όσο και τμηματικά είτε μέσα στην τάξη ως συμπληρωματικό μέσο διδασκαλίας από τον

εκπαιδευτικό είτε από το σπίτι ως υποστηρικτικό μέσο αυτοδιδασκαλίας από τον μαθητή.

Για τη δημιουργία και επεξεργασία του πρωτογενούς υλικού χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα Illustrator CS, Photoshop και Premier της Adobe, Fireworks MX και Flash της Macromedia, ενώ για τη δημιουργία της ιστοσελίδας το πρόγραμμα Dreamweaver 8 της Macromedia.

Οργάνωση του πολυμεσικού υλικού

Δομικό στοιχείο της παρουσίασης είναι η *θεματική ενότητα* (ενότητα περιεχομένου), η οποία αναπτύσσεται μέσα από μικρότερες ενότητες - σελίδες, ώστε να αποφεύγεται η εκτενής κύλιση σε διαφορετικές οθόνες. Ενότητες και υποενότητες ακολουθούν μία διδακτική σειρά, σύμφωνη με την εξέλιξη των ιδεών και ως ένα σημείο με το Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών, που καθοδηγεί το χρήστη στη μελέτη του θέματος. Παράλληλα, όμως, είναι σχετικά αυτοδύναμες, ώστε να μπορεί ο χρήστης να ασχοληθεί αυτόνομα και με τη μελέτη μιας συγκεκριμένης όψης του θέματος. Επιπλέον, οι ακριβείς τίτλοι και υπότιτλοι (λίστα περιεχομένων) ενημερώνουν σχετικά με το περιεχόμενο της κάθε ενότητας (βασικό μενού) και υποενότητας (υπομενού) ελαχιστοποιώντας τυχόν άσκοπες αναζητήσεις.

Ο τρόπος αυτός διάρθρωσης και παρουσίασης του πολυμεσικού υλικού προσφέρει ταυτόχρονα στο χρήστη - εκπαιδευτικό ελευθερία διδακτικών επιλογών, καθώς και ευελιξία χρήσης και αξιοποίησης του. Μεταξύ άλλων, δεν υποχρεώνει τον εκπαιδευτικό να ακολουθήσει ένα συγκεκριμένο τρόπο διδακτικής αξιοποίησης του, αλλά του επιτρέπει να το εντάξει σε μία ποικιλία διδακτικών σχεδιασμών. Για παράδειγμα, μπορεί να χρησιμοποιήσει τμήμα του υλικού (ενότητα / υποενότητα) για να υποστηρίξει την διδασκαλία του, να παραπέμψει τους μαθητές για περαιτέρω μελέτη και διερεύνηση, όπως και κατά την ανάθεση συνθετικών εργασιών ή, ακόμη, να ενσωματώσει κάποια από τα σχήματα, τις κινούμενες εικόνες και τα βιντεοσκοπημένα πειράματα στην παράδοσή του.



Παρουσίαση της ιστοσελίδας

Το εκπαιδευτικό υλικό που περιέχει η ιστοσελίδα δομείται σε οκτώ (8) κύριες θεματικές ενότητες. Κάθε θεματική ενότητα (βασικό μενού) αναπτύσσεται μέσα από μικρότερες ενότητες - σελίδες (υπομενού).

Στις σελίδες αυτές: εισάγονται οι έννοιες και αναπτύσσεται η θεωρία δίνονται πολλά παραδείγματα και εφαρμογές της οξειδοαναγωγής που σχετίζονται με την καθημερινή ζωή, τους άλλους τομείς της επιστήμης, τις παραγωγικές διαδικασίες και την τεχνολογία και δείχνουν τη χρησιμότητα της μελέτης του θέματος υπάρχουν οργανικά ενταγμένα εικοσιένα (21) βιντεοσκοπημένα πειράματα με αφήγηση στα ελληνικά. Ορισμένα από τα πειράματα αυτά χρησιμοποιούνται ως αφόρμηση και μέσο για την εισαγωγή και την κατανόηση των εννοιών, ενώ άλλα για την υποστήριξη παραδειγμάτων και εφαρμογών. Μάλιστα, όπου αυτό στάθηκε δυνατό, επιχειρήθηκε, μέσω της ερμηνείας των πειραματικών δεδομένων με λόγο και κινούμενη εικόνα (animation), να συζευχθούν λειτουργικά η μικροσκοπική με τη μακροσκοπική περιγραφή του φαινομένου. Η ιστοσελίδα περιλαμβάνει, επίσης, και εννέα (9) ένθετες σελίδες, ενώ από το βασικό μενού έχει κανείς πρόσβαση και στη βιβλιογραφία, όπου παρουσιάζονται τόσο οι πηγές συγκέντρωσης του πρωτογενούς υλικού όσο και άλλες ηλεκτρονικές και μη πηγές με στόχο να κινητοποιηθούν οι

ΟΞΕΙΔΑΝΑΓΩΓΗ
Θεωρία και Εφαρμογές

ΔιΧηΝΕΤ

ΟΞΕΙΔΑΝΑΓΩΓΙΚΕΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ

Βασικές έννοιες

Πείραμα

$CuSO_4(aq) + Zn(s) \rightarrow Cu(s) + ZnSO_4(aq)$

Παρατηρητέα δεδομένα

Κατά την αντίδραση ανιχνεύονται οι ακόλουθοι μεταλλικοί ψευδοχρώμιοι (Zn) και θειικό γαλάκιο (II), $CuSO_4$, οι υδατικοί δαίμονες:

- ο ψευδοχρώμιο «θαλάσσιος» και παρόμοιος μεταλλικός γαλάκιο
- το δαίμονα είναι το μέγεθος του, που είναι χαρακτηριστικό των ιόντων του γαλάκιο (II), Cu^{2+} , και υπερμεριζώματα.

Ερωτήσεις: Αρχικά, έλκεται ο μεταλλικός ψευδοχρώμιο σε επαφή με ένα υδατικό δαίμονα $CuSO_4$. Στο

Οι καύσεις των χημικών ενώσεων

Σε αντίθεση με τις καύσεις των στοιχείων, που ανήκουν στις αντιδράσεις σύνθεσης, οι καύσεις των χημικών ενώσεων ανήκουν στην κατηγορία των πολυμετικών οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων.

Γενικά, **κάθε** είναι η αντίδραση μιας χημικής ουσίας (αντικείμενο ή οξυγόνο) με το οξυγόνο που συνοδεύεται από την αποδέσμευση σημαντικών ποσών θερμότητας και φωτός. Χαρακτηριστικές παρατηρήσεις σχετικά με τις καύσεις των οργανικών ουλών που περνούν το δοχείο καύσης, το οποίο χρησιμοποιείται για θέσπιση και παραγωγή ενέργειας.

Τα προϊόντα μιας καύσης εξαρτώνται από τη σύσταση της ουσίας που καίγεται, την ποσότητα του διαθέσιμου οξυγόνου και γενικά από τις συνθήκες στις οποίες γίνεται. Έτσι, όταν κατά την καύση μιας οργανικής ουσίας το οξυγόνο βρίσκεται σε περίσσεια, όπως ο άνθρακας μετατρέπεται σε διοξείδιο του άνθρακα και η καύση χαρακτηρίζεται ως **πλήρης**, π.χ.:

$$C_2H_6(g) + 5O_2(g) \rightarrow 3CO_2(g) + 4H_2O(l)$$

Αντίθετα, η καύση χαρακτηρίζεται ως **απείλες**, όταν η διαθέσιμη ποσότητα οξυγόνου δεν είναι επαρκής, οπότε όπως ο άνθρακας ή ένα μέρος του μετατρέπεται σε μονοξείδιο του άνθρακα ή/και κίτρινος C (αέρας, κίτρινο), π.χ.:

$$C_2H_6(g) + 3O_2(g) \rightarrow 2CO(g) + C(s) + 4H_2O(l)$$

Οι χημικές εκφράσεις

Πείραμα: Χαρακτηριστικό παράδειγμα παραγωγής δραστικού μετάλλου με τη μέθοδο της ηλεκτρόλυσης είναι η παραγωγή του μεταλλικού νατρίου με ηλεκτρόλυση τήγματος χλωριούριου νατρίου. Το χλωριούριο κέρως τήκεται στους 801 °C και στο τήγμα υπάρχουν ελεύθερα κατόντα νατρίου και ανόδια χλωρίδια.

$NaCl_{(s)} \rightarrow Na^+_{(l)} + Cl^-_{(l)}$

Κατά την ηλεκτρόλυση:

- τα κατόντα νατρίου οξείδων προς την **κάθοδο**, όπου προσκομίζονται από ένα ηλεκτρικό (αποσυνδεδεμένο) και κεραιζόνται.
- το ανόδιο **χλωρίδιο** κινούνται προς την **ανόδο**, όπου και κεραιζόνται οξυδίζοντας ένα ηλεκτρόνιο το κατόντο (οξείδωση).

Στην **κάθοδο**, τα ελεύθερα νατρίου κινούνται μεταξύ τους παρατηρίζοντας ορατά μεταλλικά νατρίου, ενώ η ένωση των ατόμων χλωρίου από δύο στην **ανόδο** έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό και την αποκλεισμένη στοιχειακή χλωρίνη.

Η συνολική αντίδραση κατά την ηλεκτρόλυση τήγματος χλωριούριου νατρίου είναι:

κάθοδος (-): $Na^+_{(l)} + e^- \rightarrow Na_{(l)}$ $E^\circ = -2,71 \text{ V}$
 ανόδος (+): $Cl^-_{(l)} \rightarrow Cl_{2(g)} + 2e^-$ $E^\circ = +1,36 \text{ V}$
 συνολική: $Na^+_{(l)} + Cl^-_{(l)} \rightarrow Na_{(l)} + Cl_{2(g)}$ $E^\circ = -4,07 \text{ V}$

ΜΠΑΤΑΡΙΕΣ

Οι μπαταρίες είναι πηγές ηλεκτρικού ρεύματος που μετατρέπουν χημικά και αποθηκεύονται από ένα ή περισσότερα γαλάκιο στοιχεία. Στη διατήρηση ενέργειας, τα γαλάκιο στοιχεία είναι συνδεδεμένα σε σειρά και το συνολικό δυναμικό είναι ίσο με το άθροισμα των επιμέρους δυναμικών των στοιχείων.

Στα περισσότερα στοιχεία που χρησιμοποιούνται σήμερα στις μπαταρίες, ο ηλεκτρώνας δε βρίσκεται σε υψηλή ενέργεια, όπως στο στοιχείο **δυναμ**, αλλά σε χαμηλή κατάσταση, γ' αυτό και χαρακτηρίζονται ως **ελεύθερα στοιχεία**. Φυσικά, υπάρχουν πολλές οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την κατασκευή μπαταριών. Ωστόσο, λίγες μόνο από αυτές εφαρμόζονται στην πράξη.

Οι μπαταρίες διακρίνονται σε:

- 1. μπαταρίες πρώτου είδους**, δηλαδή μπαταρίες μιας χρήσης, που διατηρούνται με την εκφόρτιση τους.
- 2. μπαταρίες δεύτερου είδους**, οι οποίες μπορούν να αποφορτιστούν με τη διαθέσιμη ηλεκτρική ενέργεια (με αυθόρμητες αντιδράσεις). Έτσι, οι χημικές δυνάμεις, που γίνονται κατά την εκφόρτιση, αποθηκεύονται, οι χημικές ουσίες επαναποικοδομούνται και η μπαταρία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξανά. Ωστόσο, ένα μέρος της ενέργειας χάνεται κατά τους κύκλους φόρτισης/εκφόρτισης, με αποτέλεσμα και αυτές να έχουν μια προεβλεπόμενη διάρκεια ζωής.

1. **Στοιχείο οξείδωσης**

2. **Αντικαταστάσιμα στοιχεία**

3. **Συμμεταλλικός μεταλλικός**

ενδιαφερόμενοι προς την έρευνα υλικού σχετικού με το θέμα.

I) Θεματικές ενότητες - υποενότητες

1) Η εξέλιξη των ιδεών

2) Οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις μεταφοράς ηλεκτρονίων

1. Βασικές έννοιες.
2. Οξειδωτικά και αναγωγικά μέσα.
3. Το οξειδοαναγωγικό ζεύγος.

4. Τα γαλβανικά στοιχεία (μια έμμεση απόδειξη μεταφοράς ηλεκτρονίων).

3) Αντιδράσεις απλής αντικατάστασης

1. Επιμέρους κατηγορίες.
2. Σχετική ισχύς οξειδωτικών και αναγωγικών μέσων.
3. Σειρές δραστηριότητας στοιχείων

4) Οξειδωτική κατάσταση ή αριθμός οξείδωσης

1. Οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις σύνθεσης και διάσπασης, 2. Εισαγωγή της έννοιας της οξειδωτικής κατάστασης, 3. Η οξειδωτική κατάσταση ή αριθμός οξείδωσης, 4. Εύρεση του αριθμού οξείδωσης.

5) Σύγχρονες αντιλήψεις

1. Οι οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις.
2. Πολύπλοκες οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις.
3. Οξειδοαναγωγή και οργανισμοί.

6) Οξειδωτικά και αναγωγικά μέσα

1. Γενικά για τα οξειδωτικά και αναγωγικά μέσα.
2. Τα κυριότερα οξειδωτικά μέσα.
3. Τα κυριότερα αναγωγικά μέσα.

7) Ισοστάθμιση οξειδοαναγωγικών αντιδράσεων

1. Μέθοδοι, 2. Μέθοδος του αριθμού οξείδωσης, 3. Μέθοδος των ημιαντιδράσεων.

8) Αυθόρμητες και μη αυθόρμητες οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις

1. Βασικές έννοιες.
2. Πίνακες πρότυπων δυναμικών.
3. Αυθόρμητες και μη αυθόρμητες οξειδο-αναγωγικές αντιδράσεις.
4. Ηλεκτρόλυση.
5. Οπτική φωτογραφία και φωτοχρωμικοί φακοί.

II) Ένθετες σελίδες - αντίστοιχοι στόχοι

Η πρόσβαση στις ένθετες σελίδες γίνεται μέσω συνδέσμων υπερκειμένου. Οι σελίδες αυτές στοχεύουν

στη διευκρίνιση εννοιών, όπως αυτή της ηλεκτρικότητας.

στην εκτενέστερη παρουσίαση ορισμένων από τα παραδείγματα και τις εφαρμογές που αναφέρονται στις διάφορες υποενότητες, όπως: 1. Το υδρογόνο και τα στοιχεία καυσίμου, 2. Η διάβρωση του σιδήρου,

3. Τα αντιοξειδωτικά, 4. Οι μπατα-ρίες, 5. Η οξειδοαναγωγική τιτλοδότηση, 6. Η μεταλλουργία του σιδήρου.

Οι σελίδες αυτές περιλαμβάνουν και δύο ένθετους πίνακες: ένα με τα κυριότερα οξειδωτικά και αναγωγικά μέσα και τα προϊόντα μετατροπής τους κατά τις οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις και ένα δεύτερο με τα πρότυπα δυναμικά διαφόρων ημιστοιχείων.

Επίλογος

Η παρούσα εργασία αποτελεί την πρώτη προσπάθεια συγκρότησης ιστοσελίδας με εκπαιδευτικό υλικό για τη διδασκαλία και τη μάθηση της οξειδοαναγωγής στη γλώσσα μας.

Το υλικό αυτό δεν περιορίζεται σε μία τετριμμένη παρουσίαση του θέματος, αλλά συνδυάζει το πείραμα με τη θεωρία, περιέχει πολλά παραδείγματα και εφαρμογές από την καθημερινή ζωή, τους άλλους τομείς της επιστήμης, τις παραγωγικές διαδικασίες ή την τεχνολογία και, γενικότερα, ευνοεί την πολλαπλή πρόσκτηση, αναπαράσταση και διασύνδεση της πληροφορίας.

Επιπλέον, έχει ευέλικτη δομή και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και να αξιοποιηθεί τόσο μέσα στην τάξη όσο και από το σπίτι, είτε ως τράπεζα πληροφοριών που μπορεί να ενταχθεί σε διάφορους διδακτικούς σχεδιασμούς είτε συνολικά ως διδακτική σειρά. Εκτιμούμε ότι η ευέλικτη οργάνωση της ιστοσελίδας σε συνδυασμό με τη δυνατότητα απρόσκοπτης πρόσβασης μπορεί να διευκολύνει το έργο του εκπαιδευτικού και τον εμπλουτισμό του μαθήματος της Χημείας στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση.

Βιβλιογραφία

1. David W. Brooks: Teaching and Research Web Site, Materials for Chemistry Teachers, Chemmovies Server Materials, "Redox project",
<http://chemmovies.unl.edu/chemistry/redoxlp/Redox000.html>
2. Petrucci R. H., Harwood W. S., Herring G., "General Chemistry: Principles and Modern Applications", 8th Edition, Prentice Hall, 2001.
3. Purdue University, College of Science, Chemical Education Division Groups, "Lecture Demonstration Movie Sheets"
<http://chemed.chem.purdue.edu/demos/index.html>
- Steve Marsden's Chemistry Resources for students and teachers, Media, "Introduction to chemical reactions", <http://www.chemtopics.com/unit02/munit2.htm>
5. The Chem Team, "Reduction Oxidation Table of Contents"
<http://dbhs.wvusd.k12.ca.us/webdocs/Redox/Redox.html>
- Βαλανίδης Ν., Νικολαΐδου Α. (2002) "Αντιλήψεις Μαθητών / τριών Γ Λυκείου για την Οξείδωση και την Καύση", 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο: Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Ρέθυμνο, Πρακτικά: <http://www.clab.edc.uoc.gr/aestit/3rd/>
- Ε.Κ.Φ.Ε. Κέντρου Ανατολικής Θεσσαλονίκης, "Οι εργαστηριακές ασκήσεις Φυσικής, Χημείας, Βιολογίας για το Λύκειο", CD-R, Θεσσαλονίκη, 2005-2006.
8. Στεφανή Χ., (2000) "Πρόταση εποικοδομητικής διδασκαλίας του φαινομένου της οξειδοαναγωγής με τη χρήση απλών πειραμάτων και παραδειγμάτων από την καθημερινή ζωή", 10^ο Επιμορφωτικό Σεμινάριο - ΕΕΧ: Διδακτική της Χημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, Αθήνα, Πρακτικά σελ. 75.

Μελέτη της επίδρασης τριών διαφορετικών μορφών οπτικοποίησης σε μια διαδραστική πολυμεσική εφαρμογή της Χημείας Γ' Λυκείου

Γεώργιος Κορακάκης¹, Ευαγγελία Α. Παυλάτου¹, Ιωάννης Παλυβός², Νικόλαος Σπυρέλλης¹

¹ Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Εργαστήριο Γενικής Χημείας, Σχολή Χημικών Μηχανικών gkor@chemeng.ntua.gr, pavlatou@chemeng.ntua.gr, nspyr@chemeng.ntua.gr

² Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Υπολογιστικό Κέντρο, Σχολή Χημικών Μηχανικών, jpalivos@chemeng.ntua.gr,

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία μελετάται ο βαθμός επίδρασης τριών διαφορετικών μορφών οπτικοποίησης στη μαθησιακή διαδικασία και εξετάζεται αν και κατά πόσο αυτές μπορούν να διευκολύνουν την εκπαιδευτική διαδικασία και να επηρεάσουν θετικά την απόδοση των μαθητών στο μάθημα της Χημείας. Για το σκοπό αυτό κατασκευάστηκε εξ' αρχής μια διαδραστική πολυμεσική εφαρμογή με τίτλο «Ατομικά τροχιακά» που αφορά μαθητές της Γ' τάξης Ενιαίου Λυκείου. Η εφαρμογή αυτή δημιουργήθηκε σε τρεις διαφορετικές εκδόσεις. Συγκεκριμένα, στην πρώτη έκδοση χρησιμοποιήθηκαν 3d διαδραστικά (με ή χωρίς σχεδιοκίνηση), στη δεύτερη 3d γραφικά με σχεδιοκίνηση (3d animation) και στην τρίτη έκδοση 3d στατικές εικόνες (key frames). Όλα τα υπόλοιπα στοιχεία (αφήγηση, κείμενο, πλοήγηση, βοηθητικά εργαλεία, επιφάνεια διεπαφής κ.ά.) ήταν κοινά και στις τρεις εκδόσεις της εφαρμογής. Στη συνέχεια προκειμένου να αξιολογηθεί αλλά και να διαπιστωθεί η πραγματική τους συμβολή στη διδακτική πρακτική, διενεργήθηκε στατιστική έρευνα. Η κυρίως έρευνα έλαβε χώρα σε πραγματικό σχολικό περιβάλλον, όπου συμμετείχαν 114 μαθητές από διάφορα Λύκεια και εξετάστηκαν εννέα υποθέσεις με τη βοήθεια εννέα μεταβλητών. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν πως μεταξύ των τριών μορφών 3d οπτικοποίησης, τα τρισδιάστατα διαδραστικά συνεισφέρουν περισσότερο στη μαθησιακή διαδικασία καθώς έδωσαν και τα μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχημένων απαντήσεων. Επίσης, βρέθηκε ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του χρόνου παρακολούθησης των σκηνών που πλαισίωναν τις δύο πρώτες εκδόσεις της εφαρμογής και του ποσοστού επιτυχημένων απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές.

Εισαγωγή

Η έρευνα που έχει πραγματοποιηθεί τα τελευταία χρόνια επιβεβαιώνει την παρατήρηση ότι η εκμάθηση των μαθητών είναι βαθύτερη και πιο ουσιαστική, όταν αυτοί παρακολουθούν καλά

σχεδιασμένες παρουσιάσεις που βασίζονται στη χρήση πολυμέσων παρά όταν παρακολουθούν παρουσιάσεις που βασίζονται σε παραδοσιακά και μόνο λεκτικά μηνύματα (Mayer, 2003). Παράλληλα ο Kozma και οι υποστηρικτές του διατυπώνουν ότι το θεμελιώδες ζήτημα δεν είναι εάν τα μέσα έχουν επιπτώσεις στην μάθηση αλλά « *το πώς θα χρησιμοποιηθούν για να κάνουν την εκπαίδευση και τη μάθηση αποτελεσματικότερες*» (Samaras, 2006).

Κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών έχουν προταθεί διάφορες οδηγίες για τη δημιουργία πολυμεσικών εφαρμογών. Εντούτοις, δεν υπάρχει ένα συνεπές θεωρητικό πλαίσιο ώστε να μην ανατρέχουμε σε δημιουργία νέων οδηγιών κάθε φορά που έχουμε κάποια τεχνολογική εξέλιξη. Επιπλέον, η εμπειρική υποστήριξη για αυτές τις οδηγίες είναι συχνά αναποτελεσματική ή ακόμα και αντιφατική (Tabbers, 2002).

Επίσης, υπάρχουν οδηγίες που βασίζονται στον τρόπο που οι άνθρωποι μαθαίνουν από τα πολυμέσα και στα χαρακτηριστικά της λειτουργικής μνήμης που επηρεάζουν τη διαδικασία. Τέτοιες οδηγίες δημιουργίας πολυμεσικών εφαρμογών έχουν προταθεί από τον Sweller και Mayer (Cook, 2006). Αξίζει να αναφερθεί ότι μεγάλο μέρος των οδηγιών αναφέρεται σε πολυμεσικές εφαρμογές ενηλίκων (κυρίως φοιτητών), όπως οι οδηγίες του Mayer για τη δημιουργία αποτελεσματικής πολυμεσικής εφαρμογής στη μαθησιακή διαδικασία (Mayer 2002; Robinson 2004).

Γενικά οι οδηγίες που αφορούν στη χρήση πολυμέσων πρέπει να σχεδιάζονται κατά τέτοιο τρόπο που να είναι σύμφωνες με τον τρόπο που μαθαίνουν οι μαθητές, έτσι, ώστε τα πολυμέσα να μπορούν να λειτουργήσουν βοηθητικά στην ενίσχυση της ανθρώπινης μάθησης (Mayer, 2003).

Σκοποί και περιεχόμενο της έρευνας Σκοπός της διεξαχθείσας έρευνας

Με βάση τις παραπάνω οδηγίες κατασκευής αλλά και δημιουργίας πολυμεσικών εφαρμογών και λαμβάνοντας υπόψη έρευνες σχετικές με διάφορα είδη οπτικοποίησης σε πολυμεσικές εφαρμογές, κατασκευάστηκε από τα αρχικά στάδια μια διαδραστική πολυμεσική εφαρμογή με τίτλο «Ατομικά τροχιακά», η οποία αναφέρεται στο μάθημα Χημεία της Γ' τάξης Ενιαίου Λυκείου. Η εφαρμογή αυτή δημιουργήθηκε σε τρεις διαφορετικές εκδόσεις, όπου η κάθε μια διαφέρει ως προς τις άλλες κατά έναν παράγοντα (μέσο).

Συγκεκριμένα, στην πρώτη έκδοση περιλαμβάνονται 3d διαδραστικά (με ή χωρίς σχεδιοκίνηση), στη δεύτερη 3d γραφικά με σχεδιοκίνηση (3d animation) και στην τρίτη έκδοση 3d στατικές εικόνες (τόσες εικόνες ώστε να περιγράφεται η μεταβολή ή το φαινόμενο που εξετάζεται σε κάθε σκηνή - key frames). Όλα τα υπόλοιπα στοιχεία (αφήγηση, κείμενο, πλοήγηση, βοηθητικά εργαλεία,

επιφάνεια διεπαφής κ.α.) είναι κοινά και στις τρεις εκδόσεις της εφαρμογής.

Στη συνέχεια, ακολούθησε στατιστική έρευνα, σκοπός της οποίας ήταν να διαπιστωθεί αν και κατά πόσο οι τρεις παράγοντες, τα 3d διαδραστικά (με ή χωρίς σχεδιοκίνηση), τα 3d γραφικά με σχεδιοκίνηση (3d animation) και οι 3d στατικές εικόνες καθώς και οι συνδυασμοί αυτών, διευκολύνουν τη μάθηση.

Εισαγωγική περιγραφή της πολυμεσικής εφαρμογής

Η συγγραφή των κειμένων της εφαρμογής στηρίχτηκε στο βιβλίο Χημείας Γ' τάξης Λυκείου Θετικής Κατεύθυνσης Ενιαίου Λυκείου (Λιοδάκης κ.ά. 2000), η ύλη του οποίου βασίζεται στο ισχύον αναλυτικό πρόγραμμα. Τα κείμενα εμπλουτίστηκαν με στοιχεία από την ελληνική και ξένη βιβλιογραφία (Κατάκης και Πνευματικάκης 1995; Petrucci κ.α.2002; Λοΐζος 2002; Τοσσίδης 1990; Morrison και Boyd 1991; Vollhardt και Schore 1999). Η πολυμεσική εφαρμογή «Ατομικά τροχιακά», περιλαμβάνει τις εξής ενότητες: Ιστορική Αναδρομή, Εισαγωγή, Κβαντικοί Αριθμοί, Ενέργεια, Περιοδικός Πίνακας, Ασκήσεις

Σκοπός της δημιουργίας της διαδραστικής πολυμεσικής εφαρμογής αποτελεί η διδασκαλία της ενότητας «Ατομικά τροχιακά» με κατάλληλη ηλεκτρονική παρουσίαση των τροχιακών, συμβατής με το επίσημο πρόγραμμα του σχολείου.

Οι επιμέρους στόχοι της εφαρμογής αυτής συνοψίζονται στο να μπορεί ο μαθητής:

- Να γνωρίσει την ιστορική εξέλιξη της ανάπτυξης των τροχιακών.
- Να παρατηρήσει και να ερμηνεύσει τις γραφικές παραστάσεις, από τις οποίες προκύπτουν τα σχήματα των ατομικών τροχιακών.
- Να διατυπώσει τον ορισμό του ηλεκτρονικού νέφους.
- Να συγκρίνει το μέγεθος των τροχιακών.
- Να συνδυάσει το μέγεθος και το σχήμα τους με τους κβαντικούς αριθμούς n και l .
- Να συσχετίσει το μέγεθος των τροχιακών με την ενέργειά τους.
- Να συσχετίσει τις τιμές του κβαντικού αριθμού m_l με τον προσανατολισμό των τροχιακών.
- Να κατανοεί τα ηλεκτρόνια στις υποστιβάδες, με βάση τις τρεις αρχές δόμησης των ηλεκτρονίων.
- Να διαπιστώσει τη σχέση μεταξύ του ενεργειακού διαγράμματος κάθε χημικού στοιχείου και της θέσης του στον περιοδικό πίνακα.

Περιγραφή λειτουργίας της πολυμεσικής εφαρμογής.

Κάθε σκηνή της πολυμεσικής εφαρμογής αποτελείται από το κυρίως παράθυρο, στο οποίο παρουσιάζεται μια συγκεκριμένη θεματική ενότητα.

Επίσης, κάθε σκηνή αποτελείται από τέσσερα βοηθητικά παράθυρα:

- τη μπάρα πλοήγησης,
- το παράθυρο κειμένου,
- την κάθετη μπάρα με τα «βοηθητικά παράθυρα».

Τα παράθυρα αυτά είναι ελεύθερα (floating), δηλαδή μπορούν να μετακινηθούν σε οποιοδήποτε μέρος της οθόνης. Συγκεκριμένα, η μπάρα πλοήγησης περιλαμβάνει βέλη για μετάβαση στην προηγούμενη ή την επόμενη σκηνή, ροοστάτη έντασης φωνής και πλήκτρα για εμφάνιση του παραθύρου «βοήθεια» και του παραθύρου «μενού». Το παράθυρο κειμένου περιέχει το κείμενο που σχετίζεται με το θέμα, εμφανίζεται σε κάθε σκηνή, ενώ ταυτόχρονα ακούγεται ηχογραφημένο το κείμενο από τον αφηγητή. Η μπάρα «βοηθητικά παράθυρα» ανοίγει καινούρια βοηθητικά παράθυρα με θέματα που συσχετίζονται με την κύρια σκηνή. Αυτό επιτυγχάνεται με το πάτημα του ποντικιού πάνω σε οποιαδήποτε μικρογραφία που περιλαμβάνει .

Το παράθυρο «μενού», το οποίο εμφανίζεται πατώντας το πλήκτρο «μενού» από τη μπάρα πλοήγησης αποτελείται από τα πτυσσόμενα: «αρχείο», «ενότητες», «εύρεση», «ασκήσεις», «βιβλιογραφία», «δημιουργοί». Στο πτυσσόμενο μενού «ενότητες», ο χρήστης μπορεί να μεταβεί σε οποιαδήποτε επιμέρους ενότητα της πολυμεσικής εφαρμογής. Επίσης, στο πτυσσόμενο μενού «εύρεση» ο χρήστης μπορεί να βρει οποιαδήποτε παράθυρο υπάρχει στην εφαρμογή.

Χρήση τρισδιάστατων μοντέλων

Τα περισσότερα τρισδιάστατα σχήματα με ή χωρίς σχεδιοκίνηση έχουν τη δυνατότητα ελεύθερης περιστροφής, περιστροφής ως προς καθορισμένο άξονα και επαναφοράς από το χρήστη (μαθητή ή εκπαιδευτικό), για να μπορεί να τα εξετάζει και να τα παρατηρεί από διαφορετικές οπτικές γωνίες που ο ίδιος επιθυμεί (Εικόνα 1). Στη διάρκεια όλων αυτών των παρεμβάσεων τα σχήματα δεν υφίστανται αλλοίωση.

Η περιστροφή τους μπορεί να γίνει ως εξής:

- Αριστερό κλικ του mouse: περιστροφή προς τον άξονα x.
- Αριστερό κλικ του mouse + Shift: περιστροφή προς τον άξονα z.
- Αριστερό κλικ του mouse + Ctrl: περιστροφή προς τον άξονα y.

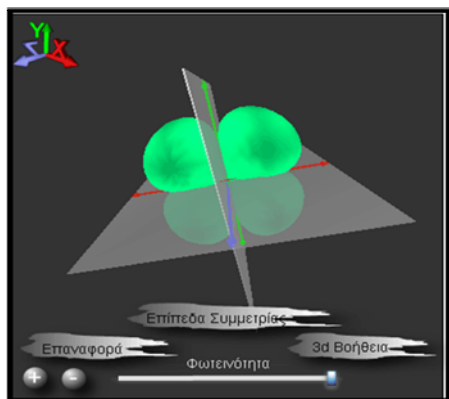
- Αριστερό κλικ του mouse + Shift + Ctrl: περιστροφή προς όλους τους άξονες

Επίσης:

- ♦ Πατώντας «3d Βοήθεια» εμφανίζεται βοήθεια για τη χρήση του 3d.
- ♦ Πατώντας «Επαναφορά» το 3d επανέρχεται στην αρχική του θέση.
- ♦ Πατώντας «Επίπεδο» (όπου υπάρχει) εμφανίζονται ή εξαφανίζονται τα επίπεδα συμμετρίας.

Η φωτεινότητα ρυθμίζεται από το ροοστάτη.

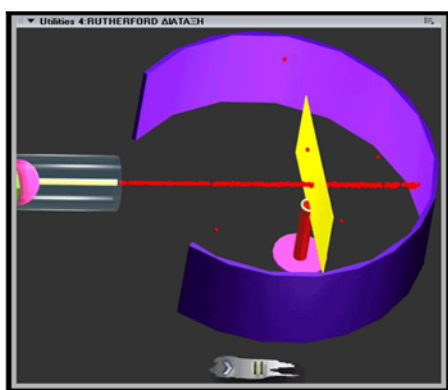
Ακόμα, με τη μετακίνηση του ποντικιού πάνω στους άξονες των 3d (όπου υπάρχουν) εμφανίζεται το όνομα του άξονα.



Εικόνα 1 Τρισδιάστατο διαδραστικό σχήμα

Χρήση γραφικών με σχεδιοκίνηση

Τα τρισδιάστατα γραφικά με σχεδιοκίνηση έχουν χειρισμό «play/pause» διευκολύνουν την κατανόηση των φαινομένων ή εννοιών που περιγράφουν (Εικόνα 2).



Εικόνα 2 Σχήμα με σχεδιοκίνηση

Ερωτήσεις με δυνατότητα ελέγχου της σωστής απάντησης

Στο τελευταίο μέρος της πολυμεσικής εφαρμογής οι μαθητές καλούνται να απαντήσουν σε ερωτήσεις διαφόρων τύπων: πολλαπλής επιλογής, πολλαπλής επιλογής σχήματος, αντιστοιχίσεων λέξεων με τις κατάλληλες απεικονίσεις, συμπλήρωση λέξεων που λείπουν από προτάσεις. Το ποσοστό των σωστών απαντήσεων καταγράφεται και εμφανίζεται

στην τελευταία σκηνή της εφαρμογής.

Παροχή δεδομένων για στατιστική επεξεργασία.

Το ποσοστό επιτυχίας καθώς και οι απαντήσεις κάθε μαθητή καταγράφονται σε αρχείο txt στο σκληρό δίσκο. Επιπρόσθετα,

δημιουργήθηκε ένα αρχείο εντολών (script) ώστε να καταγράφονται πολλές χρήσιμες πληροφορίες και να αποθηκεύονται στο σκληρό, όπως για:

- i. το χρόνο που ο μαθητής παρακολούθησε κάθε σκηνή.
- ii. τον αριθμό των επισκέψεων του μαθητή σε κάθε σκηνή.
- iii. το χρόνο που ο μαθητής αφιέρωσε στο κυρίως λογισμικό (χωρίς τις σκηνές με τις ερωτήσεις).
- iv. το χρόνο που απαιτήθηκε για την απάντηση σε κάθε ερώτηση.
- v. το χρόνο που απαιτήθηκε για την απάντηση στο σύνολο των ερωτήσεων.
- vi. τον αριθμό των επισκέψεων του μαθητή σε κάθε ερώτηση.

Μεθοδολογία έρευνας

Οι υποθέσεις της έρευνας συνοψίζονται παρακάτω:

- Αν ο παράγοντας «στατική εικόνα» υπερισχύει έναντι των άλλων δύο παραγόντων.
- Αν ο παράγοντας «σχεδιοκίνηση» υπερισχύει έναντι των άλλων δύο παραγόντων.
- Αν ο παράγοντας «3d διαδραστικά (με ή χωρίς σχεδιοκίνηση)» υπερισχύει έναντι των άλλων δύο παραγόντων.
- Αν οι παράγοντες της εφαρμογής επηρεάζουν το χρόνο παρακολούθησης των σκηνών κάθε έκδοσης της εφαρμογής, το χρόνο που απαιτήθηκε για να απαντηθούν οι ερωτήσεις, το ποσοστό των σωστών απαντήσεων και το χρόνο που αφιέρωσε κάθε μαθητής σε κάθε σκηνή.
- Αν οι παράγοντες της εφαρμογής επηρεάζουν τον αριθμό παρακολούθησης των σκηνών της εφαρμογής.
- Αν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του χρόνου παρακολούθησης κάθε έκδοσης της πολυμεσικής εφαρμογής και του χρόνου που απαιτήθηκε για την απάντηση των ερωτήσεων.
- Αν υπάρχει συσχέτιση μεταξύ του χρόνου παρακολούθησης της κάθε έκδοσης της πολυμεσικής εφαρμογής και του ποσοστού σωστών απαντήσεων στις ερωτήσεις.
- Αν υπάρχει συσχέτιση ανάμεσα στο χρόνο που αφιέρωσαν οι μαθητές για να απαντήσουν τις ερωτήσεις και στο ποσοστό επιτυχίας τους.
- Αν η πολυμεσική εφαρμογή κεντρίζει το ενδιαφέρον των μαθητών και σε πιο βαθμό, ανάλογα με τους μελετώμενους παράγοντες της εκάστοτε εφαρμογής.

Στην κυρίως έρευνα συμμετείχαν 114 μαθητές (38 από το πρώτο δείγμα, 35 από το δεύτερο και 41 από το τρίτο δείγμα). Το δείγμα επιλέχθηκε τυχαία κατά συστάδες από διάφορα σχολεία. Η τυχειότητα

του δείγματος επιτυγχάνεται με το ότι μέσα σε κάθε τμήμα βρίσκονταν μαθητές διαφορετικής νοητικής ικανότητας, φύλου, οικονομικής κατάστασης κλπ. Κάθε μαθητής παρακολούθησε σε ξεχωριστό υπολογιστή μία έκδοση της πολυμεσικής εφαρμογής κατά τη διάρκεια μισής διδακτικής ώρας.

Προέλεγχος

Η καταλληλότητα των ερωτήσεων ελέγχθηκε με το "item total score" correlation με το δείκτη r του Pearson. Οι ερωτήσεις 1, 3, 7 και 9 βρέθηκαν μετρίως κατάλληλες ($0.20 < r < 0.29$) και κρίθηκε απαραίτητο να τροποποιηθούν.

Επίσης έγινε έλεγχος αξιοπιστίας εσωτερικής συνέπειας με τον υπολογισμό του δείκτη Cronbach's Alpha. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα I.

Πίνακας I Δείκτης Cronbach's Alpha «εσωτερικής συνέπειας».

Έκδοση πολυμεσικής εφαρμογής	Cronbach's Alpha	Αριθμός ερωτήσεων
1 ^η	0,459	9
2 ^η	0,528	9
3 ^η	0,808	9

Παράλληλα πραγματοποιήθηκαν οι απαραίτητες διορθώσεις και βελτιώσεις. Ενδεικτικά αναφέρουμε τις εξής:

1. Έγινε τροποποίηση των ερωτήσεων 1, 3, 7 και 9.
2. Βελτιώθηκαν τα στατικά γραφικά, τα κινούμενα γραφικά και τα διαδραστικά 3d ώστε να μπορούν να τρέχουν πιο εύκολα στις διάφορες γενεές υπολογιστών και κάρτες γραφικών.
3. Τελειοποιήθηκε η πολυμεσική εφαρμογή ως προς διάφορες λειτουργίες της και ως προς την υποστήριξη των γραμματοσειρών.
4. Μειώθηκε δευτερεύουσα ύλη που εξέταζε η πολυμεσική εφαρμογή και από την εισαγωγή αφαιρέθηκαν ορισμένα ιστορικά στοιχεία.
5. Στην αρχή κάθε έκδοσης της πολυμεσικής εφαρμογής προστέθηκε μια εισαγωγική σκηνή, στην οποία οι μαθητές άκουσαν τεχνικές οδηγίες που αφορούσαν τη λειτουργία της. Ο χρόνος που διέθεσαν οι μαθητές για αυτή τη σκηνή δεν καταγράφηκε.

Κυρίως έρευνα

Έγινε έλεγχος αξιοπιστίας εσωτερικής συνέπειας και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στον Πίνακα II.

Πίνακας II Δείκτης Cronbach's Alpha «εσωτερικής συνέπειας».

Έκδοση πολυμεσικής εφαρμογής	Cronbach's Alpha	Αριθμός ερωτήσεων
1 ^η	0,743	9
2 ^η	0,719	9
3 ^η	0,858	9

Οι ερωτήσεις ελέγχθηκαν και πάλι και με το "item total score" correlation και κρίθηκαν κατάλληλες. Επίσης, έγιναν οι απαραίτητες διορθώσεις στα ποσοστά λόγω τυχαίας απάντησης καθώς και κατάλληλοι έλεγχοι, οι οποίοι οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι δεν ίσχυαν όλες οι προϋποθέσεις για την εφαρμογή της ανάλυσης ANOVA (παραμετρικό τεστ). Για αυτό το λόγο επιλέχθηκε ένα μη παραμετρικό τεστ και κρίθηκαν κατάλληλα το Kruskal-Wallis H test και Mann-Whitney U test, όπου λήφθηκε υπόψη η διόρθωση Bonferroni. Για τον έλεγχο των συσχετίσεων χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης ρ του Spearman (Ξεκαλάκη 2001; Κασσωτάκης, 2003; Leech κ.α, 2005).

Αποτελέσματα

Συνοπτικά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την παρούσα έρευνα είναι:

1. Και στις τρεις εκδόσεις της πολυμεσικής εφαρμογής παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές αφιέρωσαν πολύ περισσότερο χρόνο στην πρώτη σκηνή σε σχέση με τις υπόλοιπες σκηνές.
2. Ο χρόνος που αφιέρωσαν οι μαθητές, σε κάθε σκηνή στην πρώτη έκδοση της πολυμεσικής εφαρμογής (χωρίς τις ερωτήσεις) ήταν μεγαλύτερος σε σχέση με τις υπόλοιπες δυο εκδόσεις της εφαρμογής.

Παρατηρήθηκε ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ:

- της έκδοσης με τα interactive 3d γραφικά και της έκδοσης με τα γραφικά σχεδιοκίνησης.
- της έκδοσης με τα interactive 3d γραφικά και της έκδοσης με τα στατικά γραφικά.

Επίσης δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της έκδοσης με τα γραφικά σχεδιοκίνησης και της έκδοσης με τα στατικά γραφικά.

Συγκεκριμένα: με το Kruskal-Wallis H τεστ βρέθηκε ότι:

$H=19,041$ $df=2$ $p=0,000<0,05$

και με το Mann-Whitney U τεστ βρέθηκε ότι:

Μεταξύ 1 και 2 έκδοσης: $U=334,500$ $N_1=38$ $N_2=35$ $p(\text{διπλής ουράς})=0,001<0,017$

Μεταξύ 1 και 3 έκδοσης: $U=351,000$ $N_1=38$ $N_3=41$ $p(\text{διπλής ουράς})=0,000<0,017$

Μεταξύ 2 και 3 έκδοσης: $U=579,500$ $N_2=35$ $N_3=41$ $p(\text{διπλής ουράς})=0,276<0,017$

Οι μέσοι όροι είναι $M_{t1}=779s$ $M_{t2}=506s$ $M_{t3}=472s$

- 3.** Δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών εκδόσεων της πολυμεσικής εφαρμογής ως προς τον αριθμό των σκηνών που παρακολούθησαν οι μαθητές.

Συγκεκριμένα με το Kruskal-Wallis H τεστ βρέθηκε ότι:

$H=2,341$ $df=2$ $p=0,310>0,05$

- 4.** Στη έκδοση με τα τρισδιάστατα διαδραστικά μοντέλα με ή χωρίς σχεδιοκίνηση εμφανίστηκαν τα μεγαλύτερα ποσοστά επιτυχίας.

Πιο συγκεκριμένα υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ

- της έκδοσης με τα interactive 3d γραφικά και της μορφής με τα στατικά γραφικά
- της έκδοσης με τα interactive 3d γραφικά και της μορφής με τα γραφικά σχεδιοκίνησης.

Επίσης δε βρέθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της έκδοσης με τα στατικά γραφικά και της έκδοσης με τα γραφικά σχεδιοκίνησης.

Αναλυτικότερα: με το Kruskal-Wallis H τεστ βρέθηκε ότι:

$H=9,837$ $df=2$ $p=0,007<0,05$

και με το Mann-Whitney U τεστ βρέθηκε ότι:

Μεταξύ 1 και 2 μορφής: $U=419,500$ $N_1=38$ $N_2=35$ $p(\text{διπλής ουράς})=0,014<0,017$

Μεταξύ 1 και 3 μορφής: $U=463,500$ $N_1=38$ $N_3=41$ $p(\text{διπλής ουράς})=0,004<0,017$

Μεταξύ 2 και 3 μορφής: $U=618,500$ $N_2=35$ $N_3=41$ $p(\text{διπλής ουράς})=0,498>0,017$

Οι μέσοι όροι είναι $M_1=80,6\%$ $M_2=68,8\%$ $M_3=60,9\%$

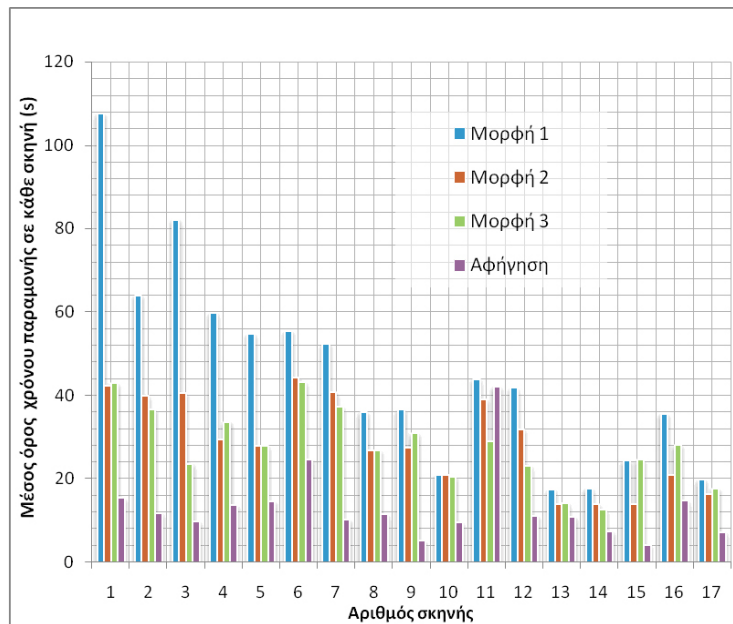
- 5.** Και στις τρεις εκδόσεις της πολυμεσικής εφαρμογής οι μαθητές άκουσαν ολόκληρη την αφήγηση. Εξαίρεση αποτελεί η σκηνή 11, στην οποία η αφήγηση είχε μεγάλη χρονική διάρκεια (Διάγραμμα 1). Στη σκηνή αυτή ο χρόνος ακρόασης της αφήγησης στην πρώτη έκδοση της πολυμεσικής εφαρμογής ήταν μεγαλύτερος σε σχέση με τον αντίστοιχο χρόνο των άλλων δύο εκδόσεων, αλλά το αποτέλεσμα δεν είναι στατιστικά σημαντικό.

- 6.** Ο χρόνος που αφιέρωσαν οι μαθητές για να απαντήσουν στις ερωτήσεις δεν διαφοροποιείται σε καμία από τις τρεις εκδόσεις της πολυμεσικής εφαρμογής. Ειδικότερα:

Παρατηρείται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στο χρόνο που αφιέρωσαν οι μαθητές στην απάντηση ερωτήσεων και στις τρεις εκδόσεις της πολυμεσικής εφαρμογής.

Συγκεκριμένα με το Kruskal Wallis- H τεστ βρέθηκε ότι:

$H=0,307$ $df=2$ $p=0,858>0,05$



Διάγραμμα 1 Μέσος όρος χρόνου παραμονής και χρόνου αφήγησης σε κάθε σκηνή (δεν περιλαμβάνεται η πρώτη κύρια σκηνή)

7. Δεν παρατηρήθηκε συσχέτιση μεταξύ του χρόνου που αφιέρωσαν οι μαθητές στην παρακολούθηση της πολυμεσικής εφαρμογή και του χρόνου που διέθεσαν για να απαντήσουν ερωτήσεις.
8. Όσο μεγαλύτερος ήταν ο χρόνος που αφιέρωσαν οι μαθητές στην παρακολούθηση των σκηνών, τόσο μεγαλύτερος ήταν και ο αριθμός των διαφορετικών σκηνών (εκτός των ερωτήσεων) που παρακολούθησαν. Η θετική αυτή συσχέτιση των δύο παραγόντων διαπιστώθηκε μόνο στην πρώτη έκδοση της πολυμεσικής εφαρμογής.

Για την έκδοση (1) με τα interactive 3d γραφικά ($p=0,364^*$, $df=36$, $p<0,027$)

9. Αποδεικνύεται ότι οι μαθητές με μεγάλο ποσοστό σωστών απαντήσεων στις ερωτήσεις, έλεγχαν την απάντησή τους. Υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ του ποσοστού των σωστών απαντήσεων που έδωσαν οι μαθητές στις ερωτήσεις και του ελέγχου της ορθότητας των απαντήσεών τους.

Η στατιστικά σημαντική συσχέτιση παρατηρήθηκε και στις τρεις εκδόσεις:

Για την έκδοση (1) με τα interactive 3d γραφικά ($p=0,348^*$, $df=36$, $p<0,035$)

Για την έκδοση (2) με τα γραφικά σχεδιοκίνησης ($p=0,376^*$, $df=33$, $p<0,029$)

Για την έκδοση (3) με τα στατικά γραφικά ($p=0,667^{**}$, $df=39$, $p<0,001$)

- 10.** Όσο περισσότερο χρόνο αφιέρωσαν οι μαθητές για την παρακολούθηση των σκηνών, τόσο πιο μεγάλη ήταν η απόδοσή τους όσον αφορά τις σωστές απαντήσεις, στις δυο πρώτες εκδόσεις της πολυμεσικής εφαρμογής. Βρέθηκε ότι υπάρχει θετική συσχέτιση μεταξύ του ποσοστού των σωστών απαντήσεων και του χρόνου που αφιέρωσαν οι μαθητές για να παρακολουθήσουν την πολυμεσική εφαρμογή.

Η θετική αυτή συσχέτιση ήταν στατιστικά σημαντική μόνο στις δυο πρώτες μορφές:

Για την έκδοση (1) με τα interactive 3d γραφικά ($p=0,380^*$, $df=36$, $p<0,020$)

Για την έκδοση (2) με τα γραφικά σχεδιοκίνησης ($p=0,342^*$, $df=33$, $p<0,048$)

Για την έκδοση (3) με τα στατικά γραφικά ($p=0,195$, $df=39$, $p<0,051$)

Συζήτηση-Συμπεράσματα

Μετά την ολοκλήρωση της διεξαχθείσας έρευνας καθώς και της στατιστικής επεξεργασίας των αποτελεσμάτων, έγινε σαφές ότι κατά τη δημιουργία μιας διαδραστικής πολυμεσικής εφαρμογής για σχολικό περιβάλλον, δεν πρέπει η πρώτη κύρια σκηνή να περιέχει ουσιώδεις γνώσεις που αφορούν το διδακτικό αντικείμενο, αλλά να περιορίζεται στην παροχή πληροφοριών σχετικά με τον τρόπο λειτουργίας της εφαρμογής, προκειμένου να εξοικειωθούν οι μαθητές με τη χρήση της.

Επίσης, επειδή η έρευνα πραγματοποιήθηκε με τη συμμετοχή μαθητών ηλικίας 17-18 ετών, παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές αφιέρωσαν περισσότερο χρόνο στην παρακολούθηση της εκάστοτε σκηνής της πρώτης έκδοσης με τα 3d διαδραστικά γραφικά σε σχέση με τις άλλες εκδόσεις. Το αποτέλεσμα αυτό είναι αναμενόμενο με δεδομένο πως στη ηλικία αυτή οι μαθητές εμφανίζουν αυξημένη μεταγνώση (Veenman και Spaans 2005), αυξημένη χωρική ικανότητα (Ferk et al., 2003) και ανεπτυγμένη ικανότητα αντίληψης οπτικών αναπαραστάσεων. Εξάλλου, οι μαθητές της συγκεκριμένης ηλικίας μπορούν πιο εύκολα να παρατηρούν, να ενσωματώνουν τη νέα γνώση και να τη διευρύνουν (Gunstone, 1994), να αντιλαμβάνονται καλύτερα την αντιπροσώπευση, την περιστροφή και την αναστροφή αντικειμένων σε τρεις διαστάσεις όταν παρουσιάζονται σε δυσδιάστατο

χώρο (Barnea 2000) και να κατανοούν περισσότερο οπτικοποιήσεις, δεδομένου ότι η ικανότητα αντίληψής τους βελτιώνεται κατά τη διάρκεια της εφηβείας, με τη σχετική εμπειρία να παίζει σημαντικό ρόλο σε αυτή τη διαδικασία της ανάπτυξης (Gilbert, 2005).

Οι Wu & Shah (2004) επισήμαναν ότι η εξέταση δυναμικών και τρισδιάστατων γραφικών με σχεδιοκίνηση αποτελεί έναν από τους πιθανότερους τρόπους αλλαγής και βελτίωσης των ελλιπών νοητικών μοντέλων των μαθητών. Ο Huk (2006), παρατήρησε ότι τα τρισδιάστατα μοντέλα χρησιμοποιούνται περισσότερο από μαθητές υψηλής λόγω ηλικίας χωρικής ικανότητας από ότι από μαθητές χαμηλής χωρικής ικανότητας. Οι Ferk, Vrtacnik, Blejec & Gril (2003) μέσω της έρευνάς τους επισήμαναν ότι μερικές αναπαραστάσεις της τρισδιάστατης μοριακής δομής γίνονται καλύτερα κατανοητές και μπορούν να χρησιμοποιηθούν πιο εύκολα από τους μαθητές κατά την επίλυση προβλημάτων διαφορετικής πολυπλοκότητας. Ακόμα η κατανόηση τρισδιάστατων απεικονίσεων σε Η/Υ επηρεάζεται από τη χωρική ικανότητα (Keehner et Al 2004). Παρατηρήσεις και διαπιστώσεις που εξηγούν αλλά και επαληθεύουν το εύρημα της ύπαρξης μεγαλύτερων ποσοστών επιτυχίας στην έκδοση με τα τρισδιάστατα γραφικά μοντέλα.

Επιπρόσθετα πρέπει να τονιστεί ότι η αποτελεσματικότητα παρατήρησης των στατικών γραφικών δεν εξαρτάται από το χρόνο μελέτης μιας στατικής εικόνας (Velez et al., 2006). Κατά συνέπεια ανεξάρτητα από το χρόνο που αφιέρωσαν οι μαθητές στην παρακολούθηση σκηνών, η απόδοσή τους (στην έκδοση με τα στατικά γραφικά) ήταν η ίδια. Αντίθετα, στις εκδόσεις με τα τρισδιάστατα διαδραστικά γραφικά και τα γραφικά με σχεδιοκίνηση, όσο περισσότερο χρόνο αφιέρωναν οι μαθητές στη μελέτη των σκηνών τόσο αυξημένο ήταν και το ποσοστό των σωστών απαντήσεων, λόγω του μεγαλύτερου πλήθους πληροφοριών που λάμβαναν μέσω της σχεδιοκίνησης ή της διαδραστικότητας με τα 3d.

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι ανεξαρτήτως της μορφής οπτικοποίησης που παρουσιάζεται σε καθεμία από τις τρεις εκδόσεις της πολυμεσικής εφαρμογής, ο χρόνος που διέθεσαν οι μαθητές για την παρακολούθηση των σκηνών της εφαρμογής καθώς και για την απάντηση ερωτήσεων είναι ό ίδιος.

Βιβλιογραφία

- Barnea, N. (2000). Teaching and learning about chemistry and modelling with a computer managed modelling system. In J. K. Gilbert & C. J. Boulter (eds.), *Developing Models in Science Education* (Dordrecht: Kluwer Academic).
- Cook, M.P (2006), *Visual Representations in Science Education: The Influence of Prior Knowledge and Cognitive Load Theory on Instructional Design Principles*, Science Education, 1073-1091

- Ferk V., Vrtacnik M., 2003. Students' understanding of molecular structure representations. INT. J. SCI. EDUC, 2003, VOL. 25, NO. 10, 1227-1245
- Gilbert J. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. Chapter 1. Visualization in Science Education, 9-27. © 2005 Springer. Printed in the Netherlands.
- Gunstonc, R. F. (1994). The importance of specific science content in the enhancement of metacognition. In P. J. Fensham, R. F. Gunstonc & R. T. White (Eds.), The content of science: A constructivist approach to its teaching and learning, (pp. 131-146). London: Falmer.
- Huk. T., (2006), Who benefits from learning with 3D models? the case of spatial ability. 2006 The Author. Journal compilation & 2006 Blackwell Publishing Ltd Journal of Computer Assisted Learning 22, pp392-404
- Keehner M, Montello D.R., Hegarty M. & Cohen C. (2004) Effects of interactivity and spatial ability on the comprehension of spatial relations in a 3D computer visualization. In Proceedings of the 26th Annual Conference of the Cognitive Science Society (eds K. Forbus, D. Gentner & T. Regier). Erlbaum, Mahwah, NJ, 1576pp.
- Mayer, R. E.(2002)New Directions fir Teaching and Learning 2002, 89 (Spring), 55-71.
- Mayer, R., 2003, The promise of multimedia learning: Using the same instructional design methods across different media. Learning and Instruction, 13(2): 125-140.
- Morrison R. & Boyd R.,(1991) «Οργανική Χημεία - Τόμος Α», Γραφείο Εκτυπώσεων Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, 1991.
- Petrucci R.H., Harwood W.S., Herring F.G., «General Chemistry», Prentice Hall, 2002.Press.
- Robinson R. William (2004) Cognitive Theory and the Design of Multimedia Instruction Journal of Chemical Education Vol. 81 No. 1 January 2004
- Samaras, H., Giouvanakis, T., Bousiou, D., & Tarabanis, K. (2006). Towards a new generation of multimedia learning research. AACE Journal, 14(1),3-30.
- Tabbers, H.K. (2002). The modality of text in multimedia instructions: Refining the design guidelines. Unpublished doctoral dissertation. Open University of the Netherlands. Heerlen.
- Veenman V.J. Marcel and Spaans A. Marleen (2005), Relation between intellectual and metacognitive skills: Age and task differences, Learning and Individual Differences, [Volume 15, Issue 2](#), 2005, Pages 159-176
- Velez C. Maria, Silver Deborah, Tremaine Marilyn, (2006), Understanding Visualization through Spatial Ability Differences.Extended Proceedings of Visualization 2006. Baltimore, MD. 29 Oct - 3 Nov, 2006.
- Vollhardt K. Schore C. Peter, , N.E., «Organic Chemistry 3.0», W.H. Freeman and Company, 1999.
- Wu H.K. & Shah P. (2004) Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. Science Education 88, 465-492.
- Κασσωτάκης, Μ. (2003). Η αξιολόγηση της επιδόσεως των μαθητών. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.
- Κατάκης Δ., Πνευματικάκης Γ., «Πανεπιστημιακή Ανόργανος Χημεία - Τόμος Α'», 1995
- Λιοδάκης Σ., Γάκης Δ., Θεοδωρόπουλος Δ., Θεοδωρόπουλος Π., «Χημεία Γ' Λυκείου Θετικής Κατεύθυνσης», ΟΕΔΒ, Αθήνα 2000.
- Λοΐζος Ζ., «Γενική Χημεία - τεύχος 1^ο», Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2002.
- Ξεκαλάκη, Ε. (2001). Μη Παραμετρική Στατιστική (ISBN: 960-90146-2-3)
- Τσασίδης Ι.Α., «Γενική και Ανόργανη Χημεία - Τόμος Α», Εκδόσεις Ζήτη, Θεσ/κη, 1990.

Παρουσίαση Εκπαιδευτικού Υλικού για το Περιβάλλον και την Αειφόρο Ανάπτυξη

Μιχαήλ Σκούλλος¹ και Δημήτριος Δικαϊάκος^{2*}

¹ Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Χημείας, Εργαστήριο Χημείας Περιβάλλοντος. Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου, Τ.Κ. 15771 Αθήνα Τηλ.:2107274274

² Πλάτωνος 13 Αγία Παρασκευή Αττικής Τ.Κ. 15343 Τηλ.:2106084824
Κιν. 6974659592 e-mail: ddikeakos @gmail.com

Περίληψη

Το συγκεκριμένο εκπαιδευτικό υλικό αφορά τα προβλήματα του ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος που σχετίζονται με την παραγωγή ενέργειας, τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και τους τρόπους εξοικονόμησης ενέργειας στην καθημερινή μας ζωή. Δίνεται βαρύτητα στην μελέτη των οικουμενικών προβλημάτων, την ενίσχυση του αισθήματος της αλληλεγγύης για τις αναπτυσσόμενες χώρες και της προσωπικής ευθύνης για τις επόμενες γενιές. Στοχεύει στην βελτίωση των γνώσεων και των στάσεων των μαθητών στα παραπάνω θέματα. Περιλαμβάνει θεωρητικό μέρος-υποστηρικτικό υλικό για τους εκπαιδευτικούς, δραστηριότητες για τους μαθητές οι οποίες συνοδεύονται από φύλλα εργασίας, χάρτες εννοιών που καλύπτουν ολόκληρο το θεωρητικό μέρος και εποπτικό-βοηθητικό υλικό σε ψηφιακή μορφή. Εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού έγινε σε Γυμνάσια και Λύκεια της Αττικής το σχολικό έτος 2006-07 ως πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης.

Σκοπός και στόχοι του Εκπαιδευτικού Υλικού

Σκοπός του εκπαιδευτικού υλικού είναι να χρησιμοποιηθεί στο σύνολό του ή αποσπασματικά σε μια ή περισσότερες χρονικές περιόδους ανάλογα το σχεδιασμό και τη στοχοθεσία της σχολικής μονάδας ή του φορέα, για τη δημιουργία εκπαιδευτικών προγραμμάτων τυπικής και μη τυπικής εκπαίδευσης για το περιβάλλον και την αειφόρο ανάπτυξη μέσα από μια ολιστική διεπιστημονική προσέγγιση του θέματος : «Προβλήματα ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος οφειλόμενα στην παραγωγή ενέργειας και προοπτικές επίλυσής τους».

Από την φύση αλλά και τη δομή του το υλικό βασίζεται στην ολότητα του περιβάλλοντος φυσικού και ανθρωπογενούς, οικολογικού, πολιτικού, οικονομικού, τεχνολογικού, κοινωνικού, πολιτιστικού και αισθητικού.

Στόχοι του εκπαιδευτικού υλικού είναι :

1. Να διαμορφώσει ένα ενημερωμένο και ευαίσθητο πληθυσμό σχετικά με τα τοπικά, διεθνή και παγκόσμια προβλήματα

ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος που απορρέουν από την παραγωγή ενέργειας που σήμερα βασίζεται κυρίως στη χρήση των ορυκτών καυσίμων.

2. Να συμβάλλει στην κατανόηση της οικονομικής, κοινωνικής, πολιτικής και οικολογικής αλληλεξάρτησης του τρόπου παραγωγής ενέργειας και των επιπτώσεων του στο περιβάλλον των αστικών, αγροτικών και δασικών περιοχών.
3. Να καλλιεργήσει αξίες, στάσεις και πρότυπα παραγωγής και κατανάλωσης σχετικά με την προστασία και τη βελτίωση του περιβάλλοντος, ειδικότερα με την προώθηση των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας στη βάση της αειφόρου ανάπτυξης.
4. Να δημιουργήσει νέα πρότυπα συμπεριφοράς, τρόπου ζωής και κατανάλωσης στα άτομα και τις ομάδες για το περιβάλλον και την αειφορία με ιδιαίτερο βάρος στην ελαχιστοποίηση χρήσης και την εξοικονόμηση ενέργειας.
5. Να συμβάλλει στη διαμόρφωση κινήτρων και αισθήματος προσωπικής δέσμευσης για την ενεργό ατομική και συλλογική δραστηριοποίηση του εκπαιδευόμενου σχετικά με την προστασία, τη βελτίωση του περιβάλλοντος και την αειφόρο ανάπτυξη.
6. Να καλλιεργήσει τις απαιτούμενες δεξιότητες στα άτομα και τις ομάδες για την αναγνώριση και την επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων στη βάση της αειφόρου ανάπτυξης.

Οι γενικοί στόχοι του εκπαιδευτικού υλικού βρίσκονται σε αντιστοιχία με τη στοχοθεσία ανάπτυξης προγραμμάτων όπως προκύπτει από την στρατηγική για την εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη (UNECE ,Vilnius 2005)¹ και τις αρχές της δεκαετίας του Ο.Η.Ε. για την εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη (UN-DESD-UNESCO)² αλλά και όπως έχουν διατυπωθεί από διάφορους ερευνητές^{3,4} και διασκέψεις⁵ και προκύπτει από τη συνοπτική παρουσίαση στο πίνακα του παραρτήματος.

Κριτήρια επιλογής του θέματος.

Οι σημαντικότεροι λόγοι οι οποίοι ελήφθησαν υπόψη στην επιλογή του θέματος είναι οι εξής :

1. Τα προβλήματα ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος που οφείλονται στην παραγωγή ενέργειας από ορυκτά καύσιμα και οι προοπτικές επίλυσής τους αποτελούν μια από τις σοβαρότερες δέσμες προβλημάτων για την υγεία και την οικονομία των σύγχρονων κοινωνιών.
2. Αποτελεί ιδανικό πεδίο εκπαίδευσης για τη διαμόρφωση κατάλληλων στάσεων με στόχο την αποτελεσματικότερη

προώθηση και ενίσχυση πολιτικών σχετικών με το περιβάλλον και την αειφόρο ανάπτυξη.

3. Είναι αντικείμενο καθημερινού προβληματισμού και αναφοράς στο επιστημονικό, οικονομικό και κοινωνικό πεδίο· τα ΜΜΕ αποτελούν σημαντική πηγή πληροφόρησης και ως εκ τούτου παρουσιάζει μεγαλύτερο ενδιαφέρον και προσεγγίζεται ευκολότερα από τους μαθητές.
4. Η διάχυση περιβαλλοντικών εννοιών, προβλημάτων και προτάσεων σχετικών με το θέμα στα μαθήματα του αναλυτικού προγράμματος αποτελεί καλή βάση για την αξιοποίηση του εκπαιδευτικού υλικού.
5. Η διάχυση των διαστάσεων του περιβάλλοντος, της οικονομίας και της κοινωνίας που συνδέεται με την ενέργεια θα έχει ουσιαστικότερα αποτελέσματα με τον εμπλουτισμό των «ενοτήτων σχετικά με την αειφορία» με δραστηριότητες και τη διακλαδική τους διασύνδεση στο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών.

Πλαίσιο συγγραφής του εκπαιδευτικού υλικού.

Το πλαίσιο συγγραφής του εκπαιδευτικού υλικού διαμορφώθηκε από την υιοθέτηση, εφαρμογή και υλοποίηση συγκεκριμένων αρχών, κατευθύνσεων και συμπερασμάτων που διατυπώθηκαν σε διεθνείς διασκέψεις σχετικά με την περιβαλλοντική εκπαίδευση και την εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη. Συνοψίζονται δε παρακάτω :

1. Η περιβαλλοντική εκπαίδευση πρέπει να εξετάζει το περιβάλλον στην ολότητά του, φυσικό και ανθρωπογενές, οικολογικό, πολιτικό, οικονομικό, τεχνολογικό, κοινωνικό, νομικό, πολιτιστικό και αισθητικό.⁶
2. Η εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία είναι δια βίου μάθηση και περιλαμβάνει όλα τα επίπεδα της τυπικής, μη τυπικής και άτυπης εκπαίδευσης.⁷
3. Η εκπαίδευση για το περιβάλλον και την αειφορία απαιτεί μια ολιστική διεπιστημονική προσέγγιση που οδηγεί σε σύγκλιση διαφορετικούς γνωστικούς χώρους και θεσμούς χωρίς απώλεια της χαρακτηριστικής τους ταυτότητας.⁷
4. Η μελέτη των κύριων περιβαλλοντικών θεμάτων πρέπει να γίνεται σε τοπικό, εθνικό, περιφερειακό, διεθνές και παγκόσμιο επίπεδο και να δίνεται έμφαση στην αξία και την αναγκαιότητα μιας τοπικής, εθνικής και διεθνούς συνεργασίας με στόχο την αποτροπή και την επίλυση περιβαλλοντικών προβλημάτων.⁵
5. Η επίτευξη της αειφορίας προϋποθέτει ταχύτατη και ριζική αλλαγή των συμπεριφορών και του τρόπου ζωής

συμπεριλαμβανομένης της αλλαγής των προτύπων παραγωγής και κατανάλωσης.⁷

6. Η περιβαλλοντική εκπαίδευση πρέπει κατά προτίμηση να προσανατολίζεται στην επίλυση των προβλημάτων (προσέγγιση επίλυσης προβλήματος) και να αναζητά ευκαιρίες για δράση (προσέγγιση προσανατολισμένη στη δράση)⁵ έχοντας ως βάση τη γνώση που αποκτάται μέσω της παρατήρησης, της μελέτης και της πρακτικής εμπειρίας σε συγκεκριμένα περιβάλλοντα.⁸
7. Η υποστήριξη της ανάπτυξης αναλυτικών προγραμμάτων περιβαλλοντικής εκπαίδευσης ανάλογα με τις ιδιαίτερες ανάγκες περιοχών αστικών και αγροτικών, κοινωνικής, ιστορικής ή πολιτιστικής σημασίας.⁵
8. Ο επαναπροσανατολισμός της εκπαίδευσης για την προώθηση της αειφόρου ανάπτυξης.⁹
9. Η κατάρτιση των εκπαιδευτικών ώστε να αποκτήσουν τα απαραίτητα εφόδια για να εντάξουν την αειφόρο ανάπτυξη στην διδασκαλία τους.¹
10. Η εξασφάλιση πρόσβασης σε εργαλεία και διδακτικό υλικό για την εκπαίδευση για την αειφόρο ανάπτυξη.¹

Άξονες διαμόρφωσης του περιεχομένου του Εκπαιδευτικού Υλικού.

Οι άξονες πάνω στους οποίους διαμορφώθηκε το περιεχόμενο του συγκεκριμένου εκπαιδευτικού υλικού καθορίζονται από το τρίπτυχο εκπαίδευση «σχετικά με», «μέσα» και «υπέρ» του περιβάλλοντος.^{10,11,12}

Με την εκπαίδευση «για» ή «σχετικά με» το περιβάλλον ("about the environment") προσεγγίζεται κυρίως η γνωστική συνιστώσα που εφοδιάζει τα άτομα και τις κοινωνικές ομάδες με γνώσεις που επιτρέπουν την κατανόηση των θεμάτων ενέργειας και των περιβαλλοντικών προβλημάτων που συνδέονται με αυτή χωρίς να προϋποθέτει την άμεση επαφή με το περιβάλλον.

Η εκπαίδευση «μέσα» ή «δια μέσου» του περιβάλλοντος ("in the environment") δίνει κυρίως τη συναισθηματική συνιστώσα και προάγει τη μάθηση, την αισθητική εκτίμηση του περιβάλλοντος και την ευαισθητοποίηση γι' αυτό. Παράλληλα αναπτύσσει δεξιότητες μέσω δραστηριοτήτων που λαμβάνουν χώρα στο ίδιο το περιβάλλον που δεν αποτελεί μόνο αντικείμενο μελέτης αλλά και μέσο για την κατάκτηση της γνώσης. Στην συγκεκριμένη εκπαιδευτική πρόταση η επαφή αυτή επιτυγχάνεται κυρίως με το πείραμα και την παρατήρηση εντός και εκτός σχολείου/δραστηριότητες πεδίου.

Η εκπαίδευση «υπέρ» ή «προς χάριν» του περιβάλλοντος ("for the environment") δίνει την κοινωνική και πολιτική συνιστώσα που αναπτύσσει αξίες και στάσεις που οδηγούν στην υιοθέτηση ενός

κώδικα συμπεριφοράς που υποκινεί τα άτομα και τις ομάδες να συμμετέχουν στη λήψη αποφάσεων και στην ανάληψη δράσεων με στόχο την πρόληψη και την αντιμετώπιση των προβλημάτων του περιβάλλοντος από μη αειφορική χρήση ενέργειας.

Έχει γίνει προσπάθεια έτσι ώστε στο συγκεκριμένο εκπαιδευτικό υλικό η κατάκτηση της γνώσης και η ανάπτυξη δεξιοτήτων σχετικά με την ενέργεια και το περιβάλλον να εφαρμόζονται για την αντιμετώπιση συγκεκριμένων καταστάσεων απέναντι στις όποιες ο εκπαιδευόμενος να τοποθετείται με αίσθημα προσωπικής δέσμευσης και ευθύνης και στη συνέχεια να τις διευρύνει και να τις χρησιμοποιεί για τη θεώρηση του συνόλου του περιβάλλοντος.

Δομή του εκπαιδευτικού υλικού.

Το εκπαιδευτικό υλικό αποτελείται από τρία μέρη. Το πρώτο μέρος είναι ο «Οδηγός των Εκπαιδευτικών Δραστηριοτήτων» ο οποίος απευθύνεται κατά κύριο λόγο στους εκπαιδευόμενους. Το δεύτερο μέρος είναι ο «Οδηγός των Εκπαιδευτών» και περιλαμβάνει το απαραίτητο θεωρητικό υπόβαθρο για την αποτελεσματική προσέγγιση και παρουσίαση των θεμάτων που αποτελούν το αντικείμενο της μελέτης. Το τρίτο μέρος περιλαμβάνει α) μια σειρά διαφανειών από 35 χάρτες εννοιών που επιχειρούν την συστηματική διασύνδεση των εννοιών και των εννοιών που περιέχονται στο εκπαιδευτικό υλικό με στόχο την αρτιότερη παρουσίασή τους στους εκπαιδευόμενους και την μεγιστοποίηση του παιδαγωγικού αποτελέσματος β) μια παρουσίαση σε ψηφιακή μορφή (Power Point) των χαρτών εννοιών η οποία περιλαμβάνει την μεταξύ τους διασύνδεση και το σύνολο του φωτογραφικού υλικού, των διαγραμμάτων και των πινάκων που περιέχονται στο δεύτερο μέρος του εκπαιδευτικού υλικού (Οδηγός των Εκπαιδευτών) γ) ένα ψηφιακό αρχείο όπου περιλαμβάνει ανά κεφάλαιο το σύνολο του φωτογραφικού υλικού, τους πίνακες και τα διαγράμματα που περιέχονται και στους δύο Οδηγούς.

Τόσο ο «Οδηγός των Εκπαιδευτικών Δραστηριοτήτων» όσο και ο «Οδηγός των Εκπαιδευτών» αποτελούνται από τρία μέρη. Το πρώτο μέρος με τίτλο «Προβλήματα ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος οφειλόμενα στην παραγωγή ενέργειας», περιλαμβάνει τα κεφάλαια : Ατμοσφαιρική ρύπανση, Φαινόμενο θερμοκηπίου, Λέπτυνση της στοιβάδας του όζοντος και Όξινη βροχή. Το δεύτερο μέρος με τίτλο «Προοπτικές επίλυσης», περιλαμβάνει τα κεφάλαια : Ηλιακή ενέργεια, Αιολική ενέργεια, Μικρά υδροηλεκτρικά έργα, Παραγωγή ενέργειας από βιομάζα, Υδρογόνο το καύσιμο του μέλλοντος. Επιπλέον στον «Οδηγό των Εκπαιδευτών» περιλαμβάνονται στο δεύτερο μέρος και τα κεφάλαια Ενέργεια κυμάτων-παλιρροιών-ωκεανών, Γεωθερμική ενέργεια, Φυσικό αέριο και Καύση στερεών αποβλήτων στην τσιμεντοβιομηχανία. Το τρίτο μέρος με τίτλο «Εξοικονόμηση

ενέργειας», περιλαμβάνει ένα κεφάλαιο που αφορά την εξοικονόμηση ενέργειας στην καθημερινή μας ζωή από τις μεταφορές, την θέρμανση και την χρήση ηλεκτρικών συσκευών.

Για τον «Οδηγό των Εκπαιδευτικών Δραστηριοτήτων» συνοπτική παρουσίαση της δομής του καθώς και ταξινόμησή των δραστηριοτήτων δίνεται σε πίνακα του παραρτήματος.

Κατηγορίες δραστηριοτήτων.

Οι δραστηριότητες¹³ έχουν κατηγοριοποιηθεί στις παρακάτω πέντε κατηγορίες με κριτήριο το περιεχόμενό τους και την διδακτική στρατηγική που ακολουθείται για την επίτευξη των στόχων.

- 1) Δραστηριότητες στο πεδίο.
- 2) Προσομοιώσεις – παιχνίδια ρόλων.
- 3) Ανάλυση πληροφοριών από κείμενο και διαγράμματα.

Σε αυτή την κατηγορία οι εκπαιδευόμενοι έρχονται σε επαφή με πληροφορίες για περιβαλλοντικά θέματα και ζητήματα πηγή των οποίων είναι :

- α) ο τύπος (εφημερίδες, περιοδικά, βιβλία)
 - β) οι νόμοι του κράτους που κυρώνουν διεθνείς συμβάσεις που έχει υπογράψει η χώρα μας
 - γ) το διαδίκτυο
 - δ) έντυπα δημόσιων οργανισμών (π.χ. ενημερωτικά έντυπα σχετικά με την εξοικονόμηση ενέργειας, λογαριασμός Δ.Ε.Η.)
 - ε) περιλήψεις αποτελεσμάτων επιστημονικής έρευνας.
- 4) Επισκοπήσεις πεδίου – Δημοσκοπήσεις και ενημερωτική δράση.
 - 5) Πειραματικές δραστηριότητες.

Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται δραστηριότητες με :

- α) πειράματα, β) αναλογικά πειράματα / μοντέλα και γ) κατασκευές.

Στο παράρτημα της εργασίας δίνεται αναλυτική παρουσίαση των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων ανά κεφάλαιο, ταξινόμηση τους και γενικότερη στοχοθεσία κάθε μιας.

Περιγραφή της δομής των εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων.

Όλες οι δραστηριότητες έχουν την ίδια δομή : στόχοι, σκεύη / υλικά, πορεία εργασίας και φύλλο εργασίας.

Οι στόχοι κάθε εκπαιδευτικής δραστηριότητας είναι σύμφωνοι με την ταξινόμια κατά Bloom³ και ως επιμέρους στόχοι εξυπηρετούν τους γενικούς στόχους του εκπαιδευτικού υλικού.

Τα απαιτούμενα σκεύη / υλικά για την εκτέλεση της δραστηριότητας πρέπει να είναι συγκεντρωμένα και ταξινομημένα πριν την έναρξη αυτής και αποτελεί σημαντικό παράγοντα επιτυχίας και ολοκλήρωσης αυτής εντός καθορισμένου χρόνου.

Στην πορεία εργασίας περιγράφονται με σαφήνεια και ακρίβεια όλα τα διακριτά βήματα – στάδια της πορείας εκτέλεσης της δραστηριότητας.

Το φύλλο εργασίας το οποίο πρέπει να αναγνωσθεί από το μαθητή πριν αρχίσει τη συμπλήρωσή του, έρχεται κατά περίπτωση να οργανώσει παρατηρήσεις, να οδηγήσει σε συμπεράσματα, να ενισχύσει την αποκτηθείσα γνώση διευρύνοντάς την και σε άλλες γνωστικές περιοχές, να διασυνδέσει γνωστικές περιοχές, να διαμορφώσει θετικές στάσεις και να οδηγήσει σε ανάληψη δράσης για το περιβάλλον και την αειφορία.

Στην συνέχεια γίνεται αναφορά μόνο στις πειραματικές δραστηριότητες

Πειραματικές δραστηριότητες.

Η μεθοδολογία που ακολουθείται είναι η επαγωγική καθοδηγούμενη ανακαλυπτική ομαδική εργασία.¹⁴ Η ανακαλυπτική εργασία ακολουθεί επαγωγική διαδικασία (εξερεύνηση – επινόηση – ανακάλυψη) και όχι απαγωγική / παραγωγική διαδικασία (θεωρία – επιβεβαίωση αρχών και νόμων – εφαρμογή). Είναι καθοδηγούμενη ανακάλυψη στην οποία δίνεται το πρόβλημα, τα υλικά και η πορεία εργασίας και αποτελεί μια μορφή κλειστής έρευνας η οποία είναι η καταλληλότερη για τους μαθητές Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης. Υιοθετήσαμε ως κύριο άξονα διδακτικής δράσης το μοντέλο της ανακαλυπτικής ομαδικής εργασίας και όχι της ανακαλυπτικής επίδειξης λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών της που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.¹⁴

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
Ανακαλυπτικής επίδειξης:	Ανακαλυπτικής ομαδικής εργασίας:
Δασκαλοκεντρική.	Μαθητοκεντρική.
Μετωπική / ο εκπαιδευτικός κυρίαρχος της τάξης.	Ο εκπαιδευτικός διευκολυντής των δραστηριοτήτων της τάξης.
Συμμετοχή πολλών μαθητών και μαθητριών.	Συμμετοχή όλου του μαθητικού πληθυσμού.
Παραδοσιακή διαχείριση της τάξης.	Τάξη σε ομάδες : ενεργητική μάθηση με χειρισμό οργάνων και φύλλα εργασίας.
Ειδικοί γνωστικοί στόχοι. Νοητικές δεξιότητες.	Γνωστικοί, ψυχοκινητικοί και συναισθηματικοί στόχοι.

Πρέπει βέβαια να σημειωθεί ότι λόγω του πλήθους των δραστηριοτήτων στο πλαίσιο της εξοικονόμησης χρόνου αλλά και με στόχο την παροχή περισσότερων ερεθισμάτων στους εκπαιδευόμενους μπορούν κάποιες από τις δραστηριότητες να παρουσιαστούν και μέσω του μοντέλου της ανακαλυπτικής επίδειξης.

Ακολουθεί αναλυτική παρουσίαση της δομής μιας πειραματικής δραστηριότητας με στόχο την καλύτερη κατανόηση του γενικού

πλαισίου στο οποίο καλούνται να εργαστούν οι μαθητές, αλλά και του μηχανισμού οικοδόμησης γνώσεων, δεξιοτήτων και στάσεων που αφορούν το περιβάλλον και την αειφόρο ανάπτυξη.

Δομή πειραματικής δραστηριότητας.

Στόχοι :

Καθορίζονται οι στόχοι της εκπαιδευτικής δραστηριότητας οι οποίοι είναι σύμφωνοι με την ταξινόμια κατά Bloom³ και ως επιμέρους στόχοι εξυπηρετούν τους γενικούς στόχους του εκπαιδευτικού υλικού.

Σκεύη / Υλικά :

Τα υλικά και τα σκεύη τα οποία απαιτούνται στις περισσότερες από τις πειραματικές δραστηριότητες είναι καθημερινής χρήσης έτσι ώστε ο εκπαιδευόμενος:

1. να εστιάζει την προσοχή του στο φαινόμενο και όχι στη συσκευή
2. να μη συνδέει το πειραματικό αποτέλεσμα με τα χρησιμοποιούμενα ειδικά υλικά
3. να διαμορφώνει θετική στάση για τη θεματική ενότητα κατανοώντας ότι σχετίζεται με αντικείμενα και εμπειρίες της καθημερινής ζωής
4. να μπορεί να πάρει «εργασία για το σπίτι» κάποια πειραματική δραστηριότητα¹⁵
5. να ενθαρρυνθεί στην πειραματική εργασία αφού μπορεί με ευκολία να αναζητήσει τα υλικά και τα σκεύη και να τα αποκτήσει με πολύ μικρό κόστος
6. να ασκηθεί στην αναζήτηση λύσεων ως προς το κομμάτι της υλοποίησης των δραστηριοτήτων μέσα από υλικά καθημερινής χρήσης και να καλλιεργήσει νοητικές ικανότητες.

Πορεία εργασίας :

Στο τμήμα αυτό της δραστηριότητας περιγράφονται με σαφήνεια και ακρίβεια όλα τα διακριτά βήματα – στάδια της πορείας εκτέλεσης της δραστηριότητας.

Ο εκπαιδευόμενος ασκείται στην υλοποίηση με ορθό τρόπο συγκεκριμένων διαδοχικών ενεργειών μέσα σε συγκεκριμένο χρόνο, συνεργαζόμενος αρμονικά με την υπόλοιπη ομάδα με αποτέλεσμα την καλλιέργεια ιδιαίτερων ψυχοκινητικών δεξιοτήτων.

Ειδικότερα κατά τη διεξαγωγή των πειραματικών δραστηριοτήτων η χρήση των σκευών/υλικών και οι μετρήσεις απαιτούν τεχνική, αφού είναι δεξιότητες που έχουν άμεση σχέση με την καθημερινή ζωή και ενισχύονται με την άσκηση. Ο εκπαιδευόμενος παροτρύνεται στην παρατήρηση και την καταγραφή. Η παρατήρηση προϋποθέτει την ενεργοποίηση και τη χρήση όλων των αισθήσεων, από μόνη της όμως δεν είναι τόσο σημαντική, γίνεται όμως σημαντική με τις ερωτήσεις

που ακολουθούν και την απορρηματική κατάσταση που δημιουργούν.¹³

Οι εκπαιδευόμενοι πρέπει να ασκηθούν όχι μόνο στο να παρατηρούν αλλά και στο να καταγράφουν και να περιγράφουν με κάθε δυνατή λεπτομέρεια αυτό που παρατήρησαν, έτσι ώστε να οδηγηθούν στη διατύπωση ορθών συμπερασμάτων σχετικά με την πειραματική διαδικασία.

Φύλλο εργασίας :

Το φύλλο εργασίας μπορεί να αναλυθεί άτυπα σε τρία μέρη μέσα από τη διαδοχή των οποίων ο εκπαιδευόμενος οδηγείται από τις παρατηρήσεις στην κατανόηση των μηχανισμών του περιβάλλοντος με παράλληλη καλλιέργεια θετικών στάσεων γι' αυτό.

Στο πρώτο μέρος του φύλλου εργασίας γίνεται η μεταφορά των μετρήσεων που καταγράφηκαν στο ημερολόγιο με συστηματικό τρόπο σε πίνακες και ακολουθεί η επεξεργασία τους με κατασκευή διαγραμμάτων και η διατύπωση συμπερασμάτων.

Οι ερωτήσεις που διατυπώνονται συντελούν στη μετουσίωση της αισθητηριακής γνώσης (παρατήρηση) σε θεωρητική γνώση. Υπάρχει δε τέτοια ακολουθία έτσι ώστε κάθε ερώτηση να σχετίζεται με την προηγούμενη βοηθώντας στην αποτελεσματικότερη οικοδόμηση της γνώσης στο πλαίσιο της γενικής άποψης ότι η γνώση είναι μια σύνδεση ανάμεσα στις κατάλληλες ερωτήσεις και απαντήσεις. Οι ερωτήσεις αυτές μπορούν να εμπλουτιστούν από το διδάσκοντα και να αποτελέσουν τη βάση ενός Σωκρατικού διαλόγου^{13,16} στο στάδιο της εκτέλεσης της δραστηριότητας και της επεξεργασίας των δεδομένων.

Στο δεύτερο μέρος του φύλλου εργασίας στην περίπτωση αναλογικών πειραμάτων / μοντέλων ο εκπαιδευόμενος καλείται να συγκρίνει δύο φωτογραφίες μια της πειραματικής διάταξης και μία του συστήματος (πραγματική ή ψηφιακό σκίτσο) και μέσα από τη διαδικασία αυτή να καταγράψει σε πίνακα τις αντιστοιχίες όρο προς όρο μεταξύ του εμπειρικού επιπέδου (μοντέλο) και του επιπέδου περιγραφής της πραγματικότητας (σύστημα). Μέσα από τους σαφείς κανόνες αντιστοίχισης που απορρέουν από τη συμπλήρωση του πίνακα οι εκπαιδευόμενοι έχουν τη δυνατότητα να κάνουν αναγωγή των συμπερασμάτων του πρώτου μέρους του φύλλου εργασίας στο οικοσύστημα. Έτσι μπορούν να μελετήσουν, να ερμηνεύσουν, να εντοπίσουν σχέσεις των στοιχείων του καθώς και να προβλέψουν την εξέλιξή του.^{13,17}

Στο τρίτο μέρος του φύλλου εργασίας επιχειρείται ένα ή περισσότερα από τα επόμενα βήματα ανάλογα τη δραστηριότητα :

1. Κατανόηση των μηχανισμών του συστήματος μέσω μελέτης πινάκων και αποσπασμάτων ερευνών σχετικών με το θέμα.

2. Συζήτηση σε ομάδες κάποιου ερωτήματος με ενεργητική συμμετοχή, έκφραση των θέσεων, και άσκηση της ικανότητας να ακούν με παράλληλη ενίσχυση της αυτοπεποίθησης των εκπαιδευομένων.
3. Διαμόρφωση θετικών στάσεων σχετικά με το περιβάλλον και την αειφόρο ανάπτυξη.
4. Σύνοψη των συμπερασμάτων που απορρέουν από την δραστηριότητα και διασύνδεσή τους με τα συμπεράσματα άλλων δραστηριοτήτων.

Τρόποι αξιοποίησης του συγκεκριμένου εκπαιδευτικού υλικού.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο σκοπό του συγκεκριμένου εκπαιδευτικού υλικού είναι να χρησιμοποιηθεί ποικιλοτρόπως για να στηρίξει την ανάπτυξη εκπαιδευτικών προγραμμάτων για το περιβάλλον και την αειφόρο ανάπτυξη τόσο στην τυπική όσο και στη μη τυπική εκπαίδευση.

Ειδικότερα στο πεδίο της μη τυπικής εκπαίδευσης μπορούν να χρησιμοποιηθούν τμήματα του εκπαιδευτικού υλικού ανάλογα με το φορέα, τη στοχοθεσία και το χρονικό ορίζοντα υλοποίησης του προγράμματος, από Ενώσεις Καταναλωτών, τη Δ.Ε.Η., τους Δήμους της χώρας, από Μη Κυβερνητικές Οργανώσεις, από Εντευκτήρια Θρησκευτικών Ομάδων, από Συστήματα Προσκόπων, από Κατασκηνώσεις, από Πολιτιστικούς και Φυσιολατρικούς Συλλόγους της χώρας κ.λπ.

Στην τυπική εκπαίδευση μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση τόσο στη βαθμίδα του Γυμνασίου όσο και του Λυκείου. Ειδικότερα στο Γυμνάσιο στο πλαίσιο των προγραμμάτων Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης μπορεί να ενταχθεί ως αυτούσιο διαθεματικό¹⁸ εκπαιδευτικό πρόγραμμα με κεντρικό κάθετο άξονα το θέμα : «Προβλήματα ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος οφειλόμενα στην παραγωγή ενέργειας και προοπτικές επίλυσής τους» το οποίο θα έχει μια σπειροειδή ανάπτυξη κυρίως για τις τάξεις Β' και Γ' με οριζόντιο άξονα που διαμορφώνεται από το περιεχόμενο του αναλυτικού προγράμματος των μαθημάτων των αντίστοιχων τάξεων έτσι όπως δίνεται στον παρακάτω πίνακα.

Τάξη	Προβλήματα ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος	Προοπτικές επίλυσης	Εξοικονόμηση Ενέργειας
Β	<ul style="list-style-type: none"> • Φαινόμενο θερμοκηπίου • Λέπτυνση στοιβάδας του όζοντος 	<ul style="list-style-type: none"> • Αιολική ενέργεια • Ηλιακή ενέργεια 	Δραστηριότητες 2, 4, 5
Γ	<ul style="list-style-type: none"> • Ατμοσφαιρική ρύπανση • Όξινη βροχή 	<ul style="list-style-type: none"> • Βιομάζα • Μικρά υδροηλεκτρικά έργα • Υδρογόνο το καύσιμο του μέλλοντος 	Δραστηριότητες 1, 3, 5

Μπορούν επίσης να σχεδιαστούν και να υλοποιηθούν προγράμματα Π.Ε. που απορρέουν από τα επιμέρους μέρη του εκπαιδευτικού υλικού και είναι :

- Προβλήματα ατμοσφαιρικού περιβάλλοντος οφειλόμενα στην παραγωγή ενέργειας
- Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας
- Εξοικονόμηση ενέργειας.

Στην περίπτωση αυτή δε θα πρέπει ο σχεδιασμός του προγράμματος να παραμείνει στις δραστηριότητες που βρίσκονται στις αντίστοιχες θεματικές ενότητες του υλικού αλλά να υπάρξει μια ώσμωση κατάλληλων δραστηριοτήτων και από άλλες θεματικές ενότητες (στο πλαίσιο της διερεύνησης του αντίστοιχου θέματος) που θα προκύψουν με απαντήσεις σε καίρια ερωτήματα όπως π.χ. Γιατί να χρησιμοποιήσουμε ανανεώσιμες πηγές ενέργειας και όχι ορυκτά καύσιμα; Θα καλύψουν τις ενεργειακές μας ανάγκες οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας; Γιατί θα πρέπει να κάνουμε εξοικονόμηση ενέργειας; Με ποιους τρόπους μπορούμε προσωπικά να συμβάλουμε στην ύφεση και αποτροπή των παγκόσμιων ατμοσφαιρικών προβλημάτων; κ.λπ.

Στο «κλασικό» αναλυτικό πρόγραμμα του Γυμνασίου το εκπαιδευτικό πρόγραμμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί :

- α) για τη διαμόρφωση, εφαρμογή και υλοποίηση projects^{18,19} (διεπιστημονικό μοντέλο¹⁸) τα οποία σχετίζονται με τις ολοκληρωμένες θεματικές ενότητες που περιέχονται στα τρία μέρη του που είναι : Ατμοσφαιρική ρύπανση, Φαινόμενο θερμοκηπίου, Όξινη βροχή, Λέπτυνση στοιβάδας του όζοντος, Ηλιακή ενέργεια, Αιολική ενέργεια, Παραγωγή ενέργειας από βιομάζα, Μικρά υδροηλεκτρικά έργα, Υδρογόνο το καύσιμο του μέλλοντος, Εξοικονόμηση ενέργειας.

Στην περίπτωση αυτή όπως αναφέρθηκε και παραπάνω θα πρέπει η κύρια θεματική ενότητα να διασυνδέεται και με άλλες θεματικές ενότητες του εκπαιδευτικού υλικού έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η σφαιρική κάλυψη του θέματος.

- β) για τη διεύρυνση και προέκταση των εφαρμογών του γνωστικού αντικειμένου του συνόλου σχεδόν των μαθημάτων του αναλυτικού προγράμματος καθώς και τον εμπλουτισμό του περιεχομένου τους με δραστηριότητες που εισάγουν την εκπαιδευτική διάσταση για το περιβάλλον και την αειφόρο ανάπτυξη (πολυεπιστημονικό μοντέλο^{21,19,20}) όπως ενδεικτικά φαίνεται στον παρακάτω πίνακα

Μάθημα	Γνωστική περιοχή	Εκπαιδευτική διάσταση για το περιβάλλον και την αειφόρο ανάπτυξη
Φυσική	Πυκνότητα.	Μεταφορά αέριων ρύπων. Φαινόμενο θερμοκρασιακής αναστροφής. Ροή του νερού σε παθητικό ηλιακό θερμοσίφωνα.
	Διαστολή υγρών.	Ανύψωση της στάθμης των ωκεανών (φαινόμενο θερμοκηπίου).
	Αλλαγές φυσικής κατάστασης ενός σώματος.	Ο κύκλος του νερού στη φύση. Συνέπειες του φαινομένου του θερμοκηπίου (ανύψωση της στάθμης των ωκεανών).
	Θερμότητα και ρεύματα μεταφοράς.	Δημιουργία τοπικών ανέμων.
	Θερμότητα και ακτινοβολία.	Φαινόμενο θερμοκηπίου. Επίπεδος ηλιακός συλλέκτης Τοίχοι trombe (βιοκλιματική αρχιτεκτονική).
	Αποτελέσματα της ενέργειας του φωτός.	Ανανεώσιμες πηγές ενέργειας.

ΤΑΞΗ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

Στη βαθμίδα του Λυκείου το εκπαιδευτικό υλικό μπορεί να αξιοποιηθεί για :

- α) την υλοποίηση projects κατά τον ίδιο τρόπο που προτάθηκε στο Γυμνάσιο,
- β) τη διεύρυνση του τρόπου παρουσίασης και την προσέγγιση μέσω βιωματικής μάθησης διδακτικών ενοτήτων που σχετίζονται με τη θεματολογία του εκπαιδευτικού υλικού και περιέχονται κυρίως στα παρακάτω μαθήματα:

- Βιομηχανική παραγωγή και ενέργεια, Τεχνολογική κατεύθυνση Γ' τάξη Ενιαίου Λυκείου.

- Τεχνολογία και Ανάπτυξη. Τεχνολογική κατεύθυνση, Γ' τάξη Ενιαίου Λυκείου.

- Αρχές περιβαλλοντικών Επιστημών, Β' τάξη Ενιαίου Λυκείου.

- Διαχείριση Φυσικών Πόρων, Τεχνολογική κατεύθυνση, Β' τάξη Ενιαίου Λυκείου

- γ) με τη διεύρυνση και προέκταση των εφαρμογών του γνωστικού αντικειμένου των μαθημάτων του αναλυτικού προγράμματος καθώς και τον εμπλουτισμό του περιεχομένου τους με δραστηριότητες που εισάγουν την εκπαιδευτική διάσταση για το περιβάλλον και την αειφόρο ανάπτυξη (πολυεπιστημονικό μοντέλο) όπως προτάθηκε και στη βαθμίδα του Γυμνασίου.

Τέλος πρέπει να τονιστεί ότι ο «Οδηγός των Εκπαιδευτικών Δραστηριοτήτων» μπορεί να αποτελέσει μια πλούσια τράπεζα κατασκευών και ερευνητικών πειραμάτων που αφορούν το θέμα των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας και μπορεί εύκολα να χρησιμοποιηθεί στο μάθημα της Τεχνολογίας τόσο στο Γυμνάσιο όσο και στο Λύκειο.

Εφαρμογή του εκπαιδευτικού υλικού.

Το εν λόγω εκπαιδευτικό υλικό εφαρμόστηκε στην Α τάξη πέντε Λυκείων (N=315) ως πρόγραμμα Τεχνολογίας Περιβάλλοντος, σε τέσσερα Γυμνάσια (N=84) ως πρόγραμμα Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης και σε ένα Γυμνάσιο (N=45) του νομού Αττικής. Η αξιολόγηση του εκπαιδευτικού υλικού έγινε στο πλαίσιο διδακτορικής διατριβής με πειραματική έρευνα που περιέλαβε δύο μετρήσεις, μια πριν και μια μετά την εφαρμογή του με χρήση πειραματικής ομάδας και ομάδας ελέγχου από τα ίδια ή γειτονικά σχολεία ανάλογα την περίπτωση.

Ως μέσο συλλογής των δεδομένων για την έρευνα χρησιμοποιήθηκε αυτοσχέδιο ερωτηματολόγιο η διαμόρφωση του οποίου στηρίχθηκε σε ανάλογα ερωτηματολόγια και έρευνες από την ξενόγλωσση βιβλιογραφία το οποίο περιλαμβάνει «κλίμακα στάσεων» και «κλίμακα γνώσεων»

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν βελτίωση τόσο των γνώσεων όσο και των στάσεων των μαθητών. Αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων θα γίνει σε άλλη ανακοίνωση.

Βιβλιογραφία

1. UNECE STRATEGY ON ESD
<http://www.unece.org/env/esd/strategy&Framework.htm>
2. UNESCO DRAFT IMPLEMENTATION PLAN FOR THE DECADE
<http://www.portal.unesco.org/education/en/ev.php>
3. B.S. Bloom, D.R. Krathwohl «Ταξινομία διδαχτικών στόχων» τόμος Α και Β. Μετάφραση Α.Λαμπράκη-Παγανού. Εκδόσεις Κώδικας.
4. H.R.Hungerford, T.L.Volk, J.M.Ramsey "A prototype E.E. curriculum for the middle school revised", UNESCO-UNEP-IEEP Environmental Education Series, No 29,Paris 1994.
5. Π.Ε.ΕΚ.Π.Ε. «Η Διακήρυξη της Τιφλίδας». Σειρά : Βασικά κείμενα για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση τεύχος 2, Έκδοση Ελληνική Εταιρεία, Αθήνα 1999.
6. Π.Ε.ΕΚ.Π.Ε. «Η Χάρτα του Βελιγραδίου». Σειρά : Βασικά κείμενα για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση τεύχος 1, Έκδοση Ελληνική Εταιρεία, Αθήνα 1999.
7. Η Διακήρυξη της Θεσσαλονίκης. Διεθνής Διάσκεψη Περιβάλλον και Κοινωνία : Εκπαίδευση και ευαισθητοποίηση των Πολιτών για την Αειφορία. Έκδοση ΕΚΠΑ και Μεσογειακό Γραφείο Περιβάλλοντος, Αθήνα 1997.
8. Π.Ε.ΕΚ.Π.Ε. «Η Διάσκεψη της Μόσχας». Σειρά : Βασικά κείμενα για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση τεύχος 3, Έκδοση Ελληνική Εταιρεία Αθήνα 1999.
9. Π.Ε.ΕΚ.Π.Ε. «Το κεφάλαιο 36 της ημερήσιας διάταξης 21(Agenda 21)». Σειρά : Βασικά κείμενα για την Περιβαλλοντική Εκπαίδευση τεύχος 4, Έκδοση Ελληνική Εταιρεία, Αθήνα 1999.
10. Β.Παπαδημητρίου «Περιβαλλοντική Εκπαίδευση και Σχολείο μια Διαχρονική Θεώρηση» Εκδόσεις Τυπωθήτω, Αθήνα 1998.
11. Α. Γεωργόπουλος, Ε. Τσαλίκη «Περιβαλλοντική Εκπαίδευση : Αρχές – Φιλοσοφία, Μεθοδολογία, Παιχνίδια και Ασκήσεις» Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα 1998.
12. Α. Τρικαλίτη «Περιβαλλοντική Εκπαίδευση θεωρία και πράξη» Μεταπτυχιακό πρόγραμμα ΔΙ.ΧΗ.ΝΕ.Τ.
13. Μ. Scoullou, V. Malotidi "Handbook on Methods used in Environmental Education and Education for Sustainable Development" ed. Mediterranean Information Office for Environment, Culture and Sustainable Development. Athens 2004.
14. Δ. Σπυροπούλου-Κατσάνη «Διδακτικές και Παιδαγωγικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες» Εκδόσεις Τυπωθήτω, Αθήνα 2000.
15. Π.Κουμαράς, Μ.Βασιλοπούλου, Σ.Λευκοπούλου, «Πειράματα Φυσικών Επιστημών με υλικά καθημερινής χρήσης», Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, ΟΕΔΒ, Αθήνα 2000.
16. Σ.Βοσνιάδου, «Γνωσιακή Ψυχολογία» Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα 1998.
17. Ε. Σταυρίδου «Μοντέλα Φυσικών Επιστημών και διαδικασίες μάθησης» Εκδόσεις Σαββάλας, Αθήνα 1995.
18. Η.Ματσαγγούρας «Η Διαθεματικότητα στην σχολική Γνώση, Εννοιοκεντρική Αναπαισίωση και σχέδια εργασίας» Εκδόσεις Γρηγόρη, Αθήνα 2003.
19. Ε. Φλογαίτη «Περιβαλλοντική Εκπαίδευση» Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα 1998.
20. UNESCO-UNAPT, International Environmental Programme, Environmental Education Series 14 (1984), "L' Approche Interdisciplinaire En Education A L' Environment" UNESCO.
21. Α. Δανασής-Αφεντάκης «Περιβαλλοντική Εκπαίδευση» στο Εφαρμοσμένη Παιδαγωγική Τεύχος 1, Αθήνα 2002.

«Ότι φαίνεται αντανακλά το είδος του χημικού δεσμού»

Μαρία Βλάσση^{1*}, Αλεξάνδρα Καραλιώτα²

¹ Εκπαιδευτικός Δ/θμιας Εκπαίδευσης, Υποψήφια Διδάκτωρ Τμήματος Χημείας, Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου, mvlassi@yahoo.com

² Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Τμήματος Χημείας, Τομέας Ανόργανης Χημείας, Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου, akaraliota@chem.uoa.gr

Περίληψη

Στη σημερινή εποχή που είναι διαθέσιμα πολλά σύγχρονα τεχνολογικά μέσα είμαστε σε θέση να εξηγούμε πολύ ικανοποιητικά, μεταξύ άλλων, τη δομή και τις ιδιότητες των χημικών ενώσεων. Το γεγονός ότι τα αντικείμενα εμφανίζονται τόσο διαφορετικά στις ιδιότητές τους, οφείλεται στα είδη των χημικών δεσμών που δημιουργούνται κατά τη συνένωση των συστατικών των ατόμων. Στους δεσμούς που δημιουργούνται ανάμεσα στα άτομα με τη βοήθεια των ηλεκτρονίων τους, οφείλονται τα σχήματα, η γεωμετρία, οι μορφές που παρατηρούμε στο χώρο και κάνουν τα πράγματα να φαίνονται όπως φαίνονται. Η μελέτη του χημικού δεσμού είναι μια πολύ σπουδαία και δύσκολη υπόθεση. Η διδακτική του προσέγγιση είναι ακόμη δυσκολότερη και θα πρέπει να στηρίζεται στη σύγχρονη θεωρία της γνωστικής ψυχολογίας για τη μάθηση, τον εποικοδομητισμό. Σκοπός της εργασίας είναι η συμβολή στην αποτελεσματικότερη διδασκαλία του χημικού δεσμού μέσω της παρουσίασης πρωτότυπων παραδειγμάτων βασισμένων στην εμπειρία των μαθητών από την καθημερινή ζωή καθώς και γνωστών τεχνολογικών εφαρμογών.

Εισαγωγή

Το Φεβρουάριο του 1635 ο φιλόσοφος Καρτέσιος βρέθηκε στο Άμστερνταμ και για δύο συνεχείς ημέρες παρατηρούσε το χιόνι. Οι περιγραφές του για τις νιφάδες του χιονιού είναι εξαιρετικές: «...Εκείνο που με κατέπληξε περισσότερο ήταν ότι ανάμεσα στις νιφάδες που έπεφταν ήταν ορισμένες που είχαν γύρω γύρω έξι μικρά δόντια, σαν τα γρανάζια του ρολογιού... το επόμενο πρωί, υπήρχαν μικρές πλάκες από πάγο, τόσο επίπεδες, τόσο γυαλιστερές, τόσο διαφανείς και τόσο τέλεια εξάγωνα, που ανθρώπινο χέρι θα ήταν αδύνατο να τις φτιάξει με τόση ακρίβεια... Και συνέχιζαν μικρές κρυστάλλινες στήλες, διακοσμημένες στις άκρες με ένα εξαπέταλο τριαντάφυλλο, λίγο μεγαλύτερο από τη βάση τους». (Ingram, 1989). Αυτό ήταν το παρελθόν.

Και σιγά σιγά η επιστήμη εξελίχθηκε. Που στηρίχτηκε η εξέλιξή της; Μα φυσικά στην παρατήρηση και στην προσπάθεια εξήγησης των καθημερινών φαινομένων. Και ερχόμαστε στο παρόν. Στη σημερινή

εποχή που είναι διαθέσιμα πολλά σύγχρονα τεχνολογικά μέσα είμαστε σε θέση να εξηγούμε πολύ ικανοποιητικά, μεταξύ άλλων, τη δομή και τις ιδιότητες των χημικών ενώσεων. Όλες αυτές τις επιστημονικές γνώσεις θέλουμε να τις μεταδώσουμε στους μαθητές μας. Μα με ποιο τρόπο θα πρέπει να γίνει αυτό; Ξεκινώντας τη μεταβίβαση της γνώσης από αυτό που άθελά του έκανε ο Καρτέσιος: από την παρατήρηση και την εξήγηση των φαινομένων που συνέβαιναν γύρω του. Έτσι μόνο το μέλλον της εκπαίδευσης γενικά, αλλά και της διδασκαλίας της Χημείας διαγράφεται ευοίωνα.

Η ανάγκη σύνδεσης Χημείας και των καθημερινών φαινομένων αντανακλάται: στα προγράμματα σπουδών «επιστήμη-τεχνολογία-περιβάλλον-κοινωνία» όπως: Το Salter's (Αγγλία), το ChemCom (Η.Π.Α.) και άλλα, καθώς και στην αξιοποίηση κατά τη διδασκαλία παραδειγμάτων από τον «πραγματικό κόσμο» (Barker, 2000). Ένα «χημικά εγγράμματο άτομο» ανάμεσα σε άλλα πρέπει να είναι σε θέση: να κατανοεί την πειραματική φύση της Χημείας και τη συνεισφορά της σε άλλες επιστήμες, να αναγνωρίζει τη σημασία της χημικής γνώσης στην εξήγηση καθημερινών φαινομένων και τη διαθεματική της προσέγγιση, συνδυάζοντας τη Χημεία με τις υπόλοιπες επιστήμες: Βιολογία, Φυσική κ.τ.λ. (Καραλιώτα, 1998).

Ο Roald Hoffmann (βραβείο Nobel Χημείας, 1981), θέλοντας σε μία από τις διαλέξεις του να συνδέσει την επιστημονική γνώση με τις καθημερινές εφαρμογές και να τονίσει τη σημασία της δομής των χημικών ενώσεων, χρησιμοποίησε σαν παράδειγμα το μόριο της αιμοσφαιρίνης. Ανέφερε ότι «βλέποντας τη δομή της, είναι σαν να βλέπεις μία μάζα από μπερδεμένα μακαρόνια ή μία φωλιά από σκουλήκια. Άρα που βρίσκεται η ομορφιά σε ένα τέτοιο μόριο; Γιατί είναι σημαντική η γνώση μιας τέτοιας δομής; Η απάντηση βρίσκεται στο αποτέλεσμα που συνεπάγεται αυτή η δομή: η αιμοσφαιρίνη είναι απαραίτητη για τη μεταφορά του οξυγόνου στο αίμα, μια διαδικασία απαραίτητη για τη λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού».

Όμως δεν είναι σημαντικό να γνωρίζουμε μόνο από ποια άτομα αποτελείται μία ένωση, αλλά και τον τρόπο με τον οποίο αυτά συνδέονται μεταξύ τους (είδος του χημικού δεσμού) και ποιες θέσεις καταλαμβάνουν στο χώρο.

Αυτό ακριβώς έρχονται να επιβεβαιώσουν τα λόγια του καθηγητή Jean-Marie Lehn (Βραβείο Nobel, 1987): «Έχετε αναρωτηθεί ποτέ τι μπορεί να λέει ένα μόριο στο άλλο και ποιες είναι οι συνέπειες της συνδιαλλαγής τους; Πώς; Δεν έχετε σκεφτεί ποτέ ότι τα μόρια συνομιλούν μεταξύ τους; Μα ο κόσμος μας είναι η ζωντανή απόδειξη αυτής της ακατάπαυστης συνομιλίας. Σε ποια γλώσσα μιλούν όμως τα μόρια; Αν δεν κωδικοποιήσουμε τη γλώσσα τους δε θα μάθουμε ποτέ τι λένε...» Ο καθηγητής βρίσκεται καθ' οδόν προς την αποκωδικοποίησή της. Στο εργαστήριό του φτιάχνονται μόρια τα οποία

ξέρουν ποια είναι η θέση τους στο χώρο και πώς να αλληλεπιδρούν με τα γειτονικά τους. Μεταξύ άλλων αναφέρει: «Δημιουργώντας μόρια τα οποία έχουν την πληροφορία που απαιτείται για την αυτοοργάνωσή τους μελετάμε τον τρόπο με τον οποίο τα μοριακά συστήματα αλληλεπιδρούν και αυτοοργανώνονται στο χώρο δημιουργώντας πολύπλοκες δομές, τους μοριακούς Παρθενώνες».

Το γεγονός ότι τα αντικείμενα εμφανίζονται τόσο διαφορετικά στις ιδιότητές τους, οφείλεται στα είδη των χημικών δεσμών που δημιουργούνται κατά τη συνένωση των ατόμων. Στους δεσμούς που δημιουργούνται ανάμεσα στα άτομα με τη βοήθεια των ηλεκτρονίων τους οφείλονται τα σχήματα, η γεωμετρία, οι μορφές που παρατηρούμε στο χώρο και κάνουν τα πράγματα να φαίνονται όπως φαίνονται.

Η μελέτη του χημικού δεσμού είναι μια πολύ σπουδαία αλλά και δύσκολη υπόθεση. Η διδακτική του προσέγγιση είναι ακόμη δυσκολότερη και θα πρέπει να στηρίζεται στη σύγχρονη θεωρία της γνωστικής ψυχολογίας για τη μάθηση, που είναι ο εποικοδομητισμός. Σύμφωνα με αυτόν, η μάθηση έχει κοινωνική συνιστώσα. Η γνωστική ανάπτυξη είναι αποτέλεσμα κοινωνικών αλληλεπιδράσεων. Η οικοδόμηση της γνώσης πρέπει να βασίζεται σε αυτά που ήδη γνωρίζουν οι μαθητές. Επίσης η μάθηση ενισχύεται όταν αναζητά και διευκρινίζει τις ιδέες των μαθητών (Καραλιώτα, 1992, 1998). Τι θα πρέπει λοιπόν να μαθαίνουμε τους μαθητές μας όσον αφορά το χημικό δεσμό; Μερικά παραδείγματα θα μπορούσαν να είναι: πώς τα γυάλινα αντικείμενα όταν πέσουν κάτω γίνονται χίλια κομμάτια; Γιατί άλλα υλικά όπως το χρυσάφι λαμποκοπάνε στο φως, ενώ άλλα είναι διαφανή, όπως τα διαμάντια; Γιατί άλλα υλικά λιώνουν σε χαμηλές θερμοκρασίες, όπως ο πάγος και άλλα σε υψηλές, όπως το αλάτι;

Βασιζόμενοι στα παραπάνω, αφού προβήκαμε το 2001 σε μία διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών (Βλάσση et. al., 2001, 2002) σε ότι αφορά στο χημικό δεσμό και στην ικανότητα τους να συνδέουν τις ιδιότητες των σωμάτων με τα είδη του χημικού δεσμού, καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι οι μαθητές δε συσχετίζουν το χημικό δεσμό με την καθημερινή ζωή. Έτσι, προτάθηκε μία διδακτική προσέγγιση του χημικού δεσμού, όπου μελετήθηκαν και παρουσιάστηκαν παραδείγματα και εφαρμογές που βασιζόταν στις έννοιες του εποικοδομητισμού, της διαθεματικότητας και της ανακαλυπτικής μάθησης. Η ερευνητική αυτή εργασία έγινε στα πλαίσια εκπόνησης διατριβής για την απόκτηση διπλώματος ειδίκευσης με τίτλο: «Νέα διδακτική προσέγγιση του χημικού δεσμού» (Βλάσση et. al., 2001).

Σκοπός της εργασίας είναι η συμβολή στην αποτελεσματικότερη διδασκαλία του χημικού δεσμού μέσω της παρουσίασης πρωτότυπων παραδειγμάτων βασισμένων στην εμπειρία των μαθητών από την

καθημερινή ζωή καθώς και γνωστών τεχνολογικών εφαρμογών. Αναφέρονται επίσης και οι σχετικές διδακτικές ενότητες που θα μπορούσαν αυτές οι εφαρμογές να χρησιμοποιηθούν.

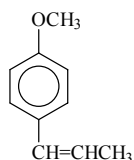
Το υλικό που παρουσιάζεται στην εργασία απευθύνεται σε εκπαιδευτικούς, οι οποίοι μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν κατάλληλα, ανάλογα με το μάθημα και τη διδακτική ενότητα που πρόκειται να διδαχτεί, καθώς και με το ηλικιακό επίπεδο των μαθητών. Η ποσότητα των πληροφοριών μπορεί να προσαρμοστεί με τέτοιο τρόπο, ώστε να επιτυγχάνεται κάθε φορά ο στόχος του εκπαιδευτικού.

Παραδείγματα - Εφαρμογές

- **Γιατί το ούζο ασπρίζει όταν προσθέτουμε σε αυτό νερό ή παγάκια;**

(Σχετικές διδακτικές ενότητες: αλκοόλες, αρωματικές ενώσεις, διαλυτότητα, δεσμοί υδρογόνου, πολικότητα)

Το ούζο παρασκευάζεται με διπλή απόσταξη τσίπουρου και την προσθήκη αρωματικών υλών, όπως γλυκάνισου, μάραθου, πιπερόριζας, κανέλας και άλλων. Οι αρωματικές αυτές ύλες περιέχουν



Σχήμα 1 Συντακτικός τύπος της ανηθόλης, ένα αιθέριο έλαιο που περιέχεται στο ούζο.

το αιθέριο έλαιο ανηθόλη ή ανησόλη. Η μη πολική αυτή ένωση, της οποίας ο συντακτικός τύπος φαίνεται στο παρακάτω σχήμα έχει πολύ μικρή διαλυτότητα στο νερό. Καθώς προσθέτουμε το νερό στο ούζο η αλκοόλη διαλύεται σε αυτό σχηματίζοντας δεσμούς υδρογόνου, ενώ η ανηθόλη μένει αδιάλυτη και σχηματίζει ένα λευκό γαλάκτωμα

- **Πώς δημιουργείται το ζελέ που τρώμε;**

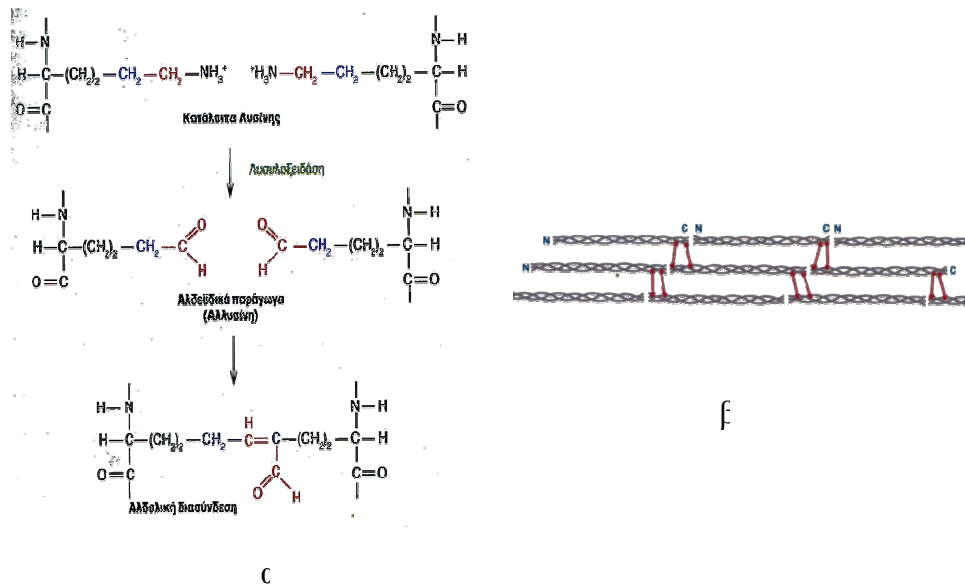
(Σχετικές διδακτικές ενότητες: αμινοξέα, πρωτεΐνες-ένζυμα, πεπτιδικός δεσμός, γεωμετρία μορίων, κατηγορίες οργανικών ενώσεων, ενδομοριακοί δεσμοί, διαμοριακές δυνάμεις).

Το κύριο συστατικό του ζελέ είναι η ζελατίνη, που προέρχεται από κολλαγόνο (κόλλα και παράγω). Το ότι το κολλαγόνο είναι αδιάλυτο δημιούργησε μεγάλο πρόβλημα στη χημική του ανάλυση. Η λύση δόθηκε όταν βρέθηκε πως το κολλαγόνο των ιστών νέων ζώων είναι πιο εύκολα διαλυτό γιατί δεν έχει ακόμα τόσες πολλές διασυνδέσεις. Αυτή η έλλειψη ομοιοπολικών διασυνδέσεων στο «ανώριμο» κολλαγόνο μας δίνει τη δυνατότητα να πάρουμε τη βασική δομική

μονάδα, το τροποκολλαγόνο. Κάθε μόριό του αποτελείται από τρεις πολυπεπτιδικές αλυσίδες που διατάσσονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να αποτελούν μια τριπλή έλικα. Οι τρεις αυτές αλυσίδες ανήκουν σε δύο συγγενή αλλά διαφορετικά είδη. Υπάρχουν δύο περίπου ίδιες αλυσίδες α_1 και μία διαφορετική, η α_2 . Από πλευράς δομής το κολλαγόνο χαρακτηρίζεται από ψηλό ποσοστό ορισμένων αμινοξέων και συγκεκριμένα γλυκίνης και προλίνης. Η αλληλουχία των αμινοξέων είναι τέτοια, ώστε κάθε τρίτο αμινοξύ είναι γλυκίνη. Η τόσο συχνή παρουσία του αμινοξέος αυτού οφείλεται στο γεγονός ότι καταλαμβάνει μικρό χώρο και επομένως επιτρέπει στις πολυπεπτιδικές αλυσίδες να πλησιάζουν τόσο κοντά η μία στην άλλη. (Γεωργάτσος, 1989).

Η τριπλή έλικα σταθεροποιείται με δεσμούς υδρογόνου που αναπτύσσονται από την ομάδα NH μιας γλυκίνης, προς την ομάδα C=O της προλίνης ή άλλου αμινοξέος ενός διπλανού κλώνου. Εκτός από τους δεσμούς υδρογόνου μεταξύ δύο κλώνων της τριπλής έλικας αναπτύσσονται ενδομοριακές διασυνδέσεις που προέρχονται από τις πλευρικές αλυσίδες λυσίνης. Τα αλδεϋδικά παράγωγα δύο καταλοίπων λυσίνης υφίστανται αλδολική συμπίκνωση (**σχήμα 2α,β**).

Σχήμα 2 α) Αλδολική διασύνδεση δύο καταλοίπων λυσίνης. β) Σχηματική παράσταση της αλδολικής διασύνδεσης.



Αν το διάλυμα τροποκολλαγόνο θερμανθεί, παρατηρούνται μεγάλες αλλαγές στις φυσικές του ιδιότητες σε μία χαρακτηριστική θερμοκρασία. Για παράδειγμα το ιξώδες του διαλύματος ελαττώνεται

απότομα και αυτό είναι ένδειξη ότι το μόριο έχει χάσει το σχήμα της ράβδου. Η αλλαγή στις ιδιότητες στροφής του πολωμένου φωτός δείχνει ότι η ελικοειδής δομή των μεμονομένων αλυσίδων έχει καταστραφεί. Επομένως η θερμική ενέργεια υπερνικά τις δυνάμεις που σταθεροποιούν την έλικα των τριών αλυσίδων, και έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία τυχαίου σπειράματος που ονομάζουμε ζελατίνη. Αυτή η αλλαγή της δομής συμβαίνει ξαφνικά σε μία στενή περιοχή θερμοκρασιών. Το ότι η δομή εξαρθώνεται ξαφνικά με την αύξηση της θερμοκρασίας αποκαλύπτει ότι η έλικα των τριών αλυσίδων σταθεροποιείται με συνεργειακές αλληλεπιδράσεις.

Το πρωτεϊνικό μακρομόριο περιέχει αρκετές ομάδες, στις οποίες άτομα του αζώτου ή οξυγόνου περιέχουν ασύζευκτο ζεύγος ηλεκτρονίων και συνεπώς οι ομάδες αυτές δυνατόν να σχηματίσουν δεσμούς υδρογόνου με το νερό του περιβάλλοντος. Παραδείγματα τέτοιων ομάδων αποτελούν το άζωτο του πεπτιδικού δεσμού καθώς και το άζωτο της ελεύθερης αμινομάδας στην πεπτιδική αλυσίδα. Ακόμη, το οξυγόνο του διπλού δεσμού στο καρβοξύλιο και το οξυγόνο του καρβονυλίου στον πεπτιδικό δεσμό.

Γενικά, οι δομές των πρωτεϊνών με ιοντισμένες ομάδες που σχηματίζονται πάνω ή κάτω από το αντίστοιχο ισοηλεκτρικό σημείο ευνοούν τη δέσμευση του νερού και συνεπώς την εφυδάτωση της πρωτεΐνης. Οι πρωτεΐνες έχουν την ικανότητα να σχηματίζουν πηκτές (gels), όπως και το γνωστό ζελέ (σπιτικό γλυκό). Οι πηκτές είναι κολλοειδή συστήματα στα οποία μεγάλοι όγκοι υγρού παγιδεύονται από μικρή ποσότητα στερεού. Το υγρό αποτελεί το μέσο αιωρήματος και το στερεό την αιωρούμενη φάση. Πειραματικά αποδείχτηκε πως 5g πρωτεΐνης μπορούν να συγκρατήσουν μέχρι και 1g νερού. Το νερό αυτό βρίσκεται προσροφημένο στο τρισδιάστατο πλέγμα που σχηματίζουν οι δεσμοί υδρογόνου στην πρωτεΐνη.

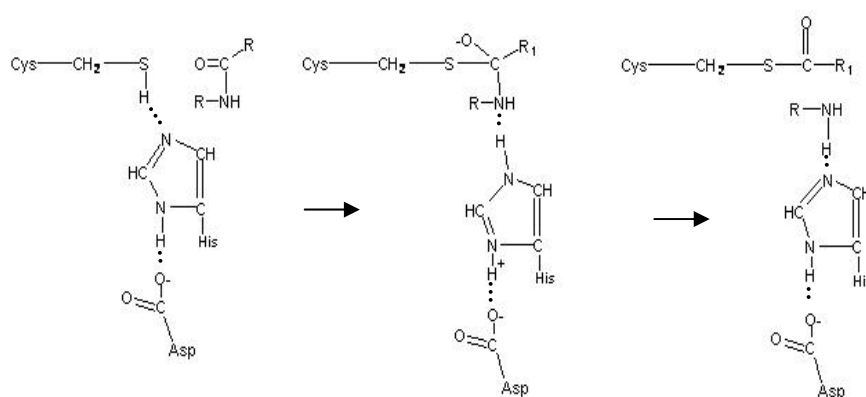
Όταν το κολλαγόνο κατεργαστεί με ζεστό νερό και οξύ, όλοι οι ασθενείς δεσμοί σπάνε. Το προϊόν (ζελατίνη) είναι ευδιάλυτο, και περιέχει εκτός από τις πρωτεΐνες, περίπου 12 % νερό. Όταν στη ζελατίνη προστεθεί κρύο νερό, διογκώνεται λόγω απορρόφησης σημαντικού όγκου νερού. Τα πρωτεϊνικά μόρια, στα οποία η ζελατίνη βρίσκεται υπό μορφή φύλλων σε διαμόρφωση zig-zag, σχηματίζουν με την απορρόφηση νερού τρισδιάστατο πλέγμα που γίνεται αντιληπτό σαν διόγκωση της ζελατίνης. Αν η εφυδατωμένη ζελατίνη θερμανθεί, παρουσία νερού, σε θερμοκρασία πάνω από τους 35°C διαλυτοποιείται (Βουδούρης, 1992).

- **Γιατί το ακτινίδιο, ο φρέσκος ανανάς, το σύκο και η παπάγια δεν πρέπει να προστίθενται μέσα στο ζελέ;**

Το ένζυμο ακτινιδίνη (**σχήμα 3**), που βρίσκεται στο ακτινίδιο, είναι μια πρωτεάση της κυστεΐνης που είναι υπεύθυνο για το «σπάσιμο» του πεπτιδικού δεσμού του κολλαγόνου. Με ανάλογο τρόπο δρουν και τα υπόλοιπα ένζυμα που ανήκουν στην ίδια οικογένεια πρωτεασών: η βρωμελαΐνη, που περιέχεται στο φρέσκο ανανά, η φυκίνη που υπάρχει στο σύκο και η παπαΐνη που βρίσκεται στο εξωτικό φρούτο παπάγια και ευδοκιμεί στις χώρες της Ασίας και της Αφρικής (Praekelt, M. U.; McKee, R. A.; Smith, H., 1988).



Σχήμα 3
Δομή της
ακτινιδίνης



Σχήμα 4 α,β,γ Μηχανισμός διάσπασης του πεπτιδικού δεσμού

Η πολυπεπτιδική αλυσίδα της ακτινιδίνης περιλαμβάνει 220 κατάλοιπα αμινοξέων και μία ελεύθερη σουλφιδική ομάδα. Το κύριο καταλυτικό κατάλοιπο είναι η κυστεΐνη (Cys) ενώ η κατάλυση ενισχύεται μέσω των πλευρικών αλυσίδων της ιστιδίνης (His) και του ασπαραγινικού οξέος (Asp). Η υδρόλυση του πεπτιδικού δεσμού αρχίζει με μία προσβολή από το άτομο του θείου (S) της ομάδας -SH της κυστεΐνης στο καρβονυλικό άτομο άνθρακα (C) του πεπτιδικού δεσμού (**σχήμα 4α**). Ο δεσμός άνθρακα - οξυγόνου αυτής της καρβονυλομάδας γίνεται απλός και το οξυγόνο αποκτά ένα καθαρό

αρνητικό φορτίο. Τα τέσσερα άτομα που είναι ενωμένα με τον καρβονυλικό άνθρακα είναι διατεταγμένα όπως σε ένα τετράεδρο. Ο σχηματισμός αυτού του μεταβατικού τετραεδρικού ενδιαμέσου (**σχήμα 4β**) από μία επίπεδη αμιδική ομάδα γίνεται δυνατός από τους δεσμούς υδρογόνου μεταξύ του αρνητικά φορτισμένου καρβονυλικού οξυγόνου και δύο ομάδων NH της κύριας αλυσίδας.

Το άλλο ουσιαστικό γεγονός στο σχηματισμό αυτού του τετραέδρου είναι η μεταφορά ενός πρωτονίου από την κυστεΐνη στο δακτύλιο της ιστιδίνης. Η παρουσία της καταλυτικής τριάδας διευκολύνει αυτή τη μεταφορά. Το ασπαραγινικό προσανατολίζει επακριβώς τον δακτύλιο της ιστιδίνης και εξουδετερώνει μερικώς το φορτίο που αναπτύσσεται σε αυτόν κατά τη διάρκεια της μεταβατικής κατάστασης (**σχήμα 4γ**). Το πρωτόνιο της πρωτονιωμένης μορφής της ιστιδίνης μεταφέρεται κατόπιν στο άζωτο του προσβαλλόμενου πεπτιδικού δεσμού, ο οποίος διασπάται. (Stryer, 1994)

- **Πώς βελτιώνεται η ποιότητα της βενζίνης;**

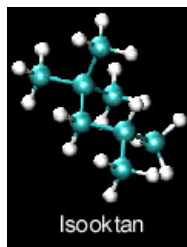
(Σχετικές διδακτικές ενότητες: Πετρέλαιο-βενζίνη, διαμοριακές δυνάμεις London, ονοματολογία οργανικών ενώσεων, συντακτική ισομέρεια)

Ο αριθμός οκτανίου είναι ένα μέτρο της τάσεως ενός καυσίμου για την εμφάνιση «κτυπήματος» (knock) στον βενζινοκινητήρα. Η βενζίνη μπαίνει στους κυλίνδρους μια μηχανής εσωτερικής καύσης μαζί με αέρα. Μέσα στους κυλίνδρους το μίγμα καυσίμου – αέρα βρίσκεται υπό πίεση και αναφλέγεται με τη βοήθεια των σπινθηριστών (μπουζί). Όταν όμως η πίεση ξεπεράσει κάποιο όριο, το οποίο εξαρτάται από την ποιότητα του καυσίμου, τότε η ανάφλεξη δε γίνεται κανονικά αλλά αντίθετα προκαλείται αυτοανάφλεξη του καυσίμου. Τότε ακούγεται ένας χαρακτηριστικός ήχος, το «κτύπημα», ο οποίος δημιουργείται από την επίδραση του κρουστικού κύματος της πρόωρης έκρηξης του καυσίμου στα τοιχώματα του κυλίνδρου του κινητήρα. Αποτέλεσμα του φαινομένου αυτού είναι η μείωση της ενεργειακής απόδοσης του κινητήρα αλλά και η φθορά των κυλίνδρων της μηχανής.

Το «κτύπημα» δεν εμφανίζεται στην ίδια πίεση σε όλες τις βενζίνες καθώς αυτή εξαρτάται από μια σημαντική ιδιότητά τους, τη θερμοκρασία αυτανάφλεξης. Όσο υψηλότερη είναι η θερμοκρασία αυτή τόσο μεγαλύτερη αντικρουστική ικανότητα εμφανίζει μία βενζίνη, δηλαδή τόσο περισσότερο μπορεί να αντέξει σε αυξημένη πίεση χωρίς να δώσει κτύπημα. Είναι ευνόητο ότι το καύσιμο αυτό θεωρείται καλύτερης ποιότητας καθώς αυξάνεται η ενεργειακή απόδοση του κινητήρα (Παπαγεωργίου, 1986).

Η βενζίνη από χημικής άποψης είναι μίγμα υδρογονανθράκων από 5 έως 12 άνθρακες. Όσο πιο διακλαδισμένα είναι τα μόρια των

υδρογονανθράκων τόσο πιο ασθενείς θα είναι οι δυνάμεις London που αναπτύσσονται μεταξύ των μορίων αυτών και ο βαθμός πακεταρίσματος είναι μικρότερος από ότι στα λιγότερο διακλαδισμένα μόρια. Τα μόρια που πακετάρονται δυσκολότερα (δηλαδή τα διακλαδισμένα) είναι αυτά που αντιστέκονται σε μεγάλη πίεση. Η διαδικασία κατά την οποία τα μόρια καθίστανται πιο διακλαδισμένα ονομάζεται αναμόρφωση της βενζίνης. Ο αριθμός οκτανίου και κατ'



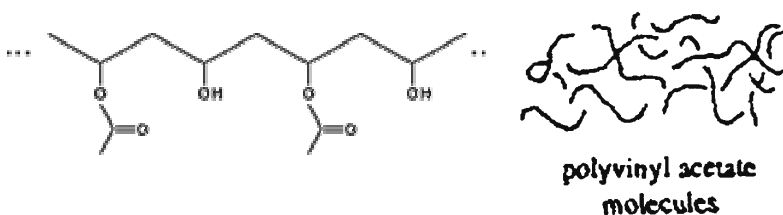
επέκταση και η ποιότητα της βενζίνης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη μοριακή δομή των ενώσεων που περιέχονται μέσα σε αυτή. Όσο πιο μεγάλος είναι ο αριθμός των μορίων του ισοοκτανίου τόσο μεγαλύτερος είναι ο αριθμός οκτανίου της βενζίνης (σχήμα 5).

- **Πώς ξεκολλάει η τσιχλα από τα υφάσματα;**

Σχήμα 5
Δομή του ισοοκτανίου

(Σχετικές διδακτικές ενότητες: Διαμοριακές δυνάμεις, πολυμερή)

Το βασικό συστατικό της τσιχλας που κυκλοφορεί στο εμπόριο είναι ο πολυοξικός βινυλεστέρας (PVA), ένα πολυμερές που ανήκει στην κατηγορία των ελαστομερών και προσδίδει στην τσιχλα τις ελαστικές και συγκολλητικές της ιδιότητες. Ανάμεσα στις γραμμικές αλυσίδες του πολυμερούς αυτού αναπτύσσονται ασθενείς διαμοριακές ομοιοπολικές δυνάμεις Van der Waals (**σχήμα 6α,β**) που δικαιολογούν και τις ελαστικές ιδιότητες της τσιχλας. (Χατζηχριστίδης, 1992).



Σχήμα 6α) δομή PVA β) σύνδεση αλυσίδων πολυμερούς

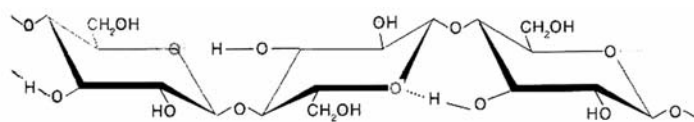
Για να ξεκολλήσει η τσιχλα από τα υφάσματα θα πρέπει αυτά να τοποθετηθούν μέσα στην κατάψυξη. Αν αυτό δεν είναι εφικτό ένας άλλος τρόπος είναι να τοποθετηθούν μερικά παγάκια (που θα βρίσκονται μέσα σε μία νάιλον σακούλα) πάνω στην τσιχλα, ώστε να ψυχθεί (Selinger, 1998).

Η μείωση της θερμοκρασίας έχει ως αποτέλεσμα οι διαμοριακές δυνάμεις να γίνουν πιο ισχυρές και τα μόρια του πολυμερούς να πλησιάσουν μεταξύ τους έτσι, ώστε η τσίχλα να αποκτήσει μεγάλη σκληρότητα. Με αυτόν τον τρόπο οι δυνάμεις συνοχής ανάμεσα στα μόρια των υφάνσιμων ινών και της τσίχλας γίνονται ασθενέστερες από τις αντίστοιχες δυνάμεις μεταξύ των μορίων του πολυμερούς της τσίχλας και έτσι η τσίχλα μπορεί εύκολα να σπάσει σαν γυαλί και να αποκολληθεί από το ύφασμα.

- **Πώς στεγνώνουμε το σώμα μας μετά το μπάνιο με μία βαμβακερή πετσέτα;**

(Σχετικές διδακτικές ενότητες: διαμοριακοί δεσμοί, υδατάνθρακες, πολυσακχαρίτες)

Η κυτταρίνη είναι ένα γραμμικό πολυμερές που αποτελείται από μόρια γλυκόζης ενωμένα μεταξύ τους με γλυκοζιτικούς δεσμούς και περιέχει δραστικές ομάδες υδροξυλίου (-OH), γι' αυτό και χαρακτηρίζεται και ως πολυσακχαρίτης. Η δομή της κυτταρίνης φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Σχήμα 7 Γλυκοζιτικοί δεσμοί στην κυτταρίνη.

Κατά τη διάρκεια που σκουπιζόμαστε με την πετσέτα το νερό απομακρύνεται

από το σώμα μας δια μέσου των κενών που υπάρχουν στις ίνες της κυτταρίνης. Επίσης το νερό σχηματίζει ισχυρούς δεσμούς υδρογόνου με την κυτταρίνη. Αυτοί οι δεσμοί υδρογόνου είναι ισχυρότεροι από τις διαμοριακές δυνάμεις που εμφανίζονται ανάμεσα στο σώμα μας και το νερό. Έτσι τα μόρια του νερού αποχωρίζονται το σώμα μας και στεγνώνουμε (Blei, 2000).

- **Πώς γράφουμε με ένα στυλό;**

(Σχετικές διδακτικές ενότητες: διαμοριακές δυνάμεις, ιξώδες)

Τα κύρια μέρη ενός στυλό είναι μία μπίλια που μπορεί και περιστρέφεται καθώς γράφουμε και ένας πλαστικός ή μεταλλικός σωλήνας μέσα στον οποίο περιέχεται το μελάνι. Οι διαμοριακές δυνάμεις μεταξύ της μπίλιας και του μελανιού είναι ισχυρότερες απ' τις δυνάμεις συνοχής που εμφανίζονται μεταξύ των ίδιων των μορίων του μελανιού. Καθώς όμως η μπίλια κυλάει πάνω στο χαρτί, οι δυνάμεις ανάμεσα στο μελάνι και τη μπίλια αντικαθίστανται από αυτές μεταξύ

του μελανιού και του χαρτιού. Το υπόλοιπο μελάνι παραμένει μέσα στο σωλήνα εξαιτίας του μεγάλου ιξώδους που έχει (Snyder, 1998).

- **Είναι όλα τα ακόρεστα λιπαρά οξέα ακίνδυνα για την υγεία μας;**

(Σχετικές διδακτικές ενότητες: στερεοισομέρεια, κορεσμένες-ακόρεστες οργανικές ενώσεις, λιπαρά οξέα, σύσταση και λειτουργία κυτταρικής μεμβράνης)

Τα trans ακόρεστα λιπαρά οξέα παράγονται από την μερική υδρογόνωση των cis ισομερών τους και βρίσκονται σε πληθώρα προϊόντων διατροφής. Τα λιπαρά αυτά οξέα που παράγονται από τις βιομηχανίες τυγχάνουν τελευταία μεγάλης προσοχής εξαιτίας των επικίνδυνων επιδράσεων στην υγεία. Όπως τα κορεσμένα λιπαρά οξέα, έτσι και τα trans λιπαρά οξέα φαίνεται ότι προκαλούν αύξηση στην τιμή της χαμηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνης (LDL), ενώ ταυτόχρονα μειώνουν την τιμή της υψηλής πυκνότητας λιποπρωτεΐνης (HDL). Η επίδραση των trans λιπαρών οξέων στην αναλογία LDL / HDL μπορεί να είναι πιο δραστική από εκείνη των κορεσμένων λιπαρών οξέων. Επίσης επιδημιολογικές μελέτες έδειξαν ότι η κατανάλωση trans λιπαρών οξέων αυξάνει τις πιθανότητες στεφανιαίων νόσων, ξαφνικών θανάτων και πιθανώς και της εμφάνισης ενός τύπου διαβήτη.

Τα trans πολυακόρεστα λιπαρά μπορούν να μεταμορφωθούν σε κορεσμένα λιπαρά οξέα χωρίς να επηρεάζουν την κλίση των άκυλο αλυσίδων. Σε αντίθεση, η παρουσία των cis διπλών δεσμών απαιτεί αλλαγή της κλίσης της αλυσίδας (**σχήμα 8α**). Άρα, τα trans λιπαρά οξέα έχουν πιο γραμμική μορφή (**σχήμα 8β**) από ότι τα cis ισομερή του

ς.
Επί
σης
ότα
ν
μετ
ατρ
έπο



Σχήμα 8 α) cis λιπαρό οξύ β) trans λιπαρό οξύ

νται σε φωσφολιπίδια, τα trans λιπαρά οξέα φαίνεται ότι προκαλούν ιδιότητες της μεμβράνης, παρόμοιες με αυτές που προκαλούνται από τα κορεσμένα, παρά από τα cis ακόρεστα οξέα. Επίσης τα trans ακόρεστα οξέα αυξάνουν την πολικότητα της επιφάνειας της μεμβράνης. Επιπλέον επιτρέπουν καλύτερο πακετάρισμα των άκυλο-αλυσίδων που οδηγούν στη στερεοποίηση της και την καθιστούν λιγότερο λειτουργική (Bjorkbom; Ramstedt; Slotte, 2007).

Επίλογος

Μελετώντας τα παραπάνω παραδείγματα δεν έχουμε παρά να συμφωνήσουμε με τα λόγια του Jay Ingram, (1989): «Όταν αγνοούμε την επιστήμη της καθημερινής ζωής είμαστε αρκετά φτωχότεροι. Κατ' αρχάς πρόκειται για ένα είδος επιστήμης προσιτό σε οποιονδήποτε πτοήθηκε από το μάθημα της Χημείας στο Γυμνάσιο και το Λύκειο. (Η κβαντική θεωρία μπορεί να είναι τρομακτική, όχι όμως και το γιατί βλεφαρίζουμε). Το σπουδαιότερο πάντως είναι ότι η ζωή γίνεται πιο ενδιαφέρουσα όταν κατανοούμε καλύτερα τον κόσμο που μας περιβάλλει. Σας εγγυώμαι ότι το να τρώτε σπαράγγια ή να χασμουριέστε δε θα είναι πια το ίδιο από τη στιγμή που θα γνωρίζετε την επιστημονική τους σημασία».

Βιβλιογραφία

- Barker, K. (2000). Why do I have to study chemistry, *Journal of Chemical Education*, 77, 1300-1301.
- Bjorkbom, A.; Ramstedt, B.; Slotte, P. (2007). Biochemica et Biophysica Acta, Phosphatidylcholine and sphingomyelin containing an elaidoyl fatty acid can form cholesterol – rich lateral domains in bilayer membranes, 1768:1839-1847.
- Blei, I. (2000). General, Organic and Biochemistry, Michelle Russel Julet, USA.
- Ingram, J. (1989). Η επιστήμη της καθημερινής ζωής, Εκδόσεις Κάτοπτρο, Αθήνα.
- Praekelt, M. U.; McKee, R. A.; Smith, H. (1988). Molecular analysis of actinidin, the cysteine proteinase of *Actinidia chinensis*, *Plant Molecular Biology* 10: 193-202.
- Selinger, B. (1998). Chemistry in the market place, Harcourt Brace & Company, Australia.
- Snyder C., (1998). The Extraordinary Chemistry of Ordinary Things, 3rd edition, John Wiley & Sons Inc., New York.
- Stryer, L. (1994). Βιοχημεία, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.
- Βλάσση, et. al. (2001). Οι παρανοήσεις των μαθητών ως αιτία για μια νέα διδακτική προσέγγιση του χημικού δεσμού, 11^ο επιμορφωτικό σεμινάριο διδακτικής της χημείας, Αθήνα.
- Βλάσση, et. al. (2002). Σύγκριση δύο μεθόδων διδασκαλίας: της παραδοσιακής και της καθοδηγούμενης ανακαλυπτικής μεθόδου, 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των φυσικών επιστημών και εφαρμογής νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση, Ρέθυμνο.
- Βλάσση, Μ. (2001). Νέα διδακτική προσέγγιση του χημικού δεσμού, Ερευνητική εργασία διπλώματος ειδίκευσης, Αθήνα.
- Βουδούρης, Ε.; Κοντομηνάς, Μ. (1992). Εισαγωγή στη χημεία των τροφίμων, ΟΕΔΒ, Αθήνα.
- Γεωργάτσος, Ι. (1986). Βιοχημεία, Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούλη, Θεσσαλονίκη.
- Καραλιώτα, Α. (1992). Θεωρίες δεσμού και εφαρμογές τους, Πρακτικά 2^{ου} επιμορφωτικού σεμιναρίου διδακτικής της Χημείας, Αθήνα.
- Καραλιώτα, Α. (1998). Χημεία και καθημερινή ζωή, Σημειώσεις Μεταπτυχιακού Τμήματος ΔιΧηNET, Αθήνα.
- Καραλιώτα, Α. (1998). Ειδικά Θέματα Χημείας Ι, Σημειώσεις Μεταπτυχιακού Τμήματος ΔιΧηNET, Αθήνα.
- Παπαγεωργίου, Β.Π. (1986). Εφαρμοσμένη Οργανική Χημεία: Άκυκλες Ενώσεις, Εκδόσεις Παρατηρητής, Θεσσαλονίκη.
- Χατζηχριστίδης, Ν. (1992). Σημειώσεις Χημείας Πολυμερών, Αθήνα.

Αναρτημένες εργασίες



Χημεία και λαμπερό χαμόγελο – Έρευνα σε πρωτοετείς φοιτητές

Ε. Παπαγεωργίου^{*1}, Δ. Σταμπάκη-Χατζηπαναγιώτη²

¹Μεταπτυχιακή φοιτήτρια ΜΠΣ «Διδακτική της Χημείας και Νέες Εκπαιδευτικές Τεχνολογίες», Τμήμα Χημείας, Ε.Κ.Π.Α.

²Αναπ. Καθηγήτρια, τμήμα Χημείας Ε.Κ.Π.Α., Email: stambaki@chem.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αναφέρεται, συνοπτικά, στην έρευνα η οποία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια διπλωματικής εργασίας που εκπονείται στο Μεταπτυχιακό Πρόγραμμα Σπουδών «ΔιΧηNET» στο Τμήμα Χημείας του Ε.Κ.Π.Α. Σκοπός τη έρευνας ήταν να διαπιστωθεί κατά πόσο είναι αναγνωρίσιμη η άμεση σχέση της Χημείας με ένα σύστημα του οργανισμού τόσο άμεσο όπως είναι τα δόντια και το περιβάλλον του στόματος. Χρησιμοποιήθηκε ερωτηματολόγιο, απευθυνόμενο σε φοιτητές. Από τα αποτελέσματα της έρευνας προέκυψε ότι σχετικά μεγάλο ποσοστό των ερωτηθέντων φοιτητών αναγνωρίζει αυτή τη σχέση, όμως δεν είναι σε θέση να ερμηνεύσει με χημικούς όρους τα όσα συμβαίνουν στη στοματική κοιλότητα.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο σκοπός της διδασκαλίας της Χημείας στην υποχρεωτική εκπαίδευση είναι οι μαθητές να κατανοήσουν τον κόσμο γύρω τους, γι' αυτό και πρέπει να επισημαίνονται συνεχώς οι τομείς της καθημερινής ζωής που συνδέονται άμεσα με τη Χημεία [1]. Θα ήταν όμως χρησιμότερο και ίσως αποδοτικότερο αν, εκτός από την απλή επισήμανση αυτών των τομέων, δίνονται ταυτόχρονα και εξηγήσεις ή ερμηνείες, βασισμένες σε χημικούς όρους, σε σχετικά ερωτήματα που ίσως απασχολούν τους μαθητές.

Ένα θέμα, αρκετά οικείο στους μαθητές και ικανό να κεντρίσει το ενδιαφέρον τους ώστε να γίνει κίνητρο μελέτης της Χημείας, μπορεί να είναι ένα σύστημα του οργανισμού, τόσο άμεσο όσο τα δόντια, η υγιεινή τους και η Χημεία του οδοντιατρείου. Υπάρχουν πολλά ζητήματα και ερωτήματα σχετικά, στα οποία μπορούν να δοθούν σαφείς ερμηνείες και απαντήσεις μέσα από συγκεκριμένα διδασκόμενα κεφάλαια Χημείας και Βιολογίας.

Ο σκοπός της συνολικής ερευνητικής εργασίας είναι η ανάδειξη της σύνδεσης της Χημείας με το αντικείμενο και η ανάπτυξη του κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού για τη διδακτική παρέμβαση.

Για την οργάνωση και διαμόρφωση του κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία της Χημείας μέσα από ένα τόσο οικείο αντικείμενο κρίθηκε απαραίτητη η διεξαγωγή έρευνας – καθώς μετά από αναζήτηση δεν βρέθηκε να έχει διενεργηθεί παρόμοια έρευνα [2] – σκοπός της οποίας ήταν η ανίχνευση γνώσεων και απόψεων σχετικά με το θέμα. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε φοιτητές, γιατί μας ενδιέφερε η διαμορφωμένη άποψη, ενώ λήφθηκε υπόψη και η μεσολάβηση της διδασκαλίας της Χημείας σε επίπεδο τριτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Οι επιμέρους στόχοι της έρευνας ήταν να διερευνηθεί κατά πόσο οι φοιτητές:

1. συνδέουν ορισμένους τομείς της καθημερινής ζωής με τη Χημεία

2. αναγνωρίζουν τη συμμετοχή χημικών στοιχείων και ιόντων σε διαδικασίες που πραγματοποιούνται μέσα στον ανθρώπινο οργανισμό
3. μπορούν να εφαρμόζουν έννοιες της Χημείας στην εξήγηση φαινομένων που σχετίζονται με τα δόντια και την υγιεινή τους
4. έχουν θετική στάση απέναντι στην υγιεινή των δοντιών

Τα συμπεράσματα αυτής της δουλειάς εμφανίζουν γενικότερο ενδιαφέρον και δικαιολογούν την παρούσα ανακοίνωση.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η έρευνα διεξήχθη τον Απρίλιο του 2007 και σε αυτήν έλαβαν μέρος 141 πρωτοετείς φοιτητές του Χημικού, Γεωλογικού και Βιολογικού τμήματος του Ε.Κ.Π.Α. Πιο συγκεκριμένα, οι 59 ήταν φοιτητές του τμήματος Γεωλογίας (30 από θετική και 29 από τεχνολογική κατεύθυνση), οι 61 του τμήματος Βιολογίας (όλοι από θετική κατεύθυνση) και οι 21 του τμήματος Χημείας (όλοι από τη θετική κατεύθυνση).

Για τη διεξαγωγή της έρευνας χρησιμοποιήθηκε η διερευνητική – περιγραφική στρατηγική, η οποία επιλέγεται όταν επιθυμείται η πλήρης περιγραφή και απεικόνιση της κατάστασης που ερευνάται και όχι τόσο η ερμηνεία της και η απόδοση αιτιωδών σχέσεων [3]. Το δείγμα επιλέχτηκε με «κατά συστάδες» τυχαία δειγματοληψία, όπου ομάδες που υπάρχουν στην πράξη, όπως ένα εργαστηριακό τμήμα, περιλαμβάνονται αυτούσιες στο δείγμα της έρευνας [4], ενώ ως μέσο συλλογής των εμπειρικών δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο, το οποίο κατασκευάστηκε ειδικώς για τους σκοπούς της έρευνας.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε προκαταρκτική έρευνα ώστε να ελεγχθεί ο βαθμός κατανόησης και δυσκολίας των ερωτήσεων και ο απαιτούμενος χρόνος για τη συμπλήρωση του ερωτηματολογίου. Τα αποτελέσματα της πιλοτικής έρευνας οδήγησαν στην τελική διαμόρφωση του ερωτηματολογίου. Οι 11 ερωτήσεις που το συνθέτουν είναι ερωτήσεις τόσο κλειστού (ερωτήσεις διαζευκτικής απάντησης και πολλαπλής επιλογής) όσο και ανοιχτού τύπου (ερωτήσεις σύντομης απάντησης) και η διαμόρφωση τους στηρίχτηκε στην εξυπηρέτηση των προαναφερθέντων στόχων της έρευνας.

Για τη στατιστική επεξεργασία και παρουσίαση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν οι πιο απλές μέθοδοι περιγραφικής στατιστικής (πρόγραμμα επεξεργασίας: Excel). Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων έγινε επί του συνόλου του δείγματος, αλλά και ανά το τμήμα στο οποίο φοιτούν τα υποκείμενα του δείγματος. Στην τελευταία περίπτωση έχει γίνει και διαχωρισμός των φοιτητών του Γεωλογικού τμήματος σε θετική και τεχνολογική κατεύθυνση.

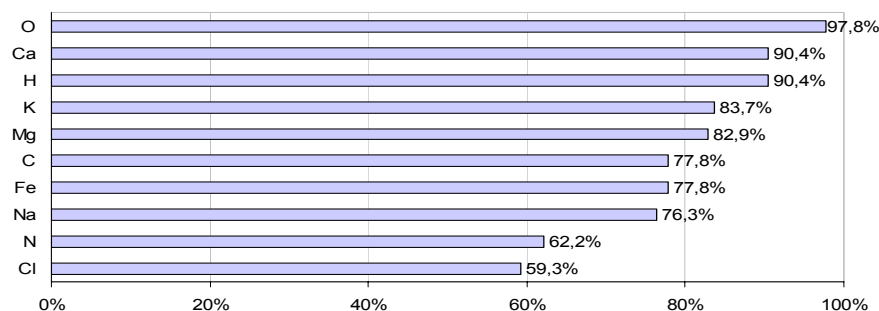
ΠΙΝΑΚΑΣ Ι: Ορισμένες ερωτήσεις της έρευνας.

3. Κυκλώστε τα σύμβολα των χημικών στοιχείων που νομίζεται ότι βρίσκονται στο ανθρώπινο σώμα, ανεξάρτητα από την ποσότητα τους. (Δίνεται Περιοδικός Πίνακας με τα σύμβολα των πιο γνωστών στοιχείων)	
5. Ποια από τα παρακάτω κεφάλαια της Χημείας νομίζετε ότι σχετίζονται με τη Χημεία των δοντιών; Σημειώστε ✓ στο αντίστοιχο κουτάκι.	
<input type="checkbox"/> οξέα – βάσεις	<input type="checkbox"/> δομή ατόμου
<input type="checkbox"/> εξουδετέρωση	<input type="checkbox"/> χημική ισορροπία
<input type="checkbox"/> ιοντική ισορροπία	<input type="checkbox"/> διαλυτότητα
<input type="checkbox"/> διαλύματα	<input type="checkbox"/> οξειδοαναγωγή

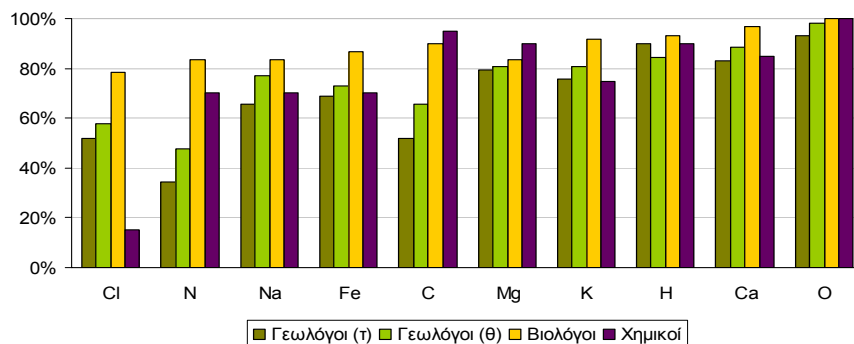
6. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές;
- ☐ Τα δόντια αποτελούνται από ανόργανα άλατα.
 - ☐ Το υλικό των δοντιών είναι διαλυτό στο νερό.
 - ☐ Το σάλιο είναι ένα διάλυμα που ρυθμίζει το pH της στοματικής κοιλότητας.
 - ☐ Το pH του στόματος μειώνεται αμέσως μετά από κάποιο γεύμα, ενώ αυξάνεται ενδιάμεσα στα γεύματα.
 - ☐ Τα δόντια περιέχουν ιόντα ασβεστίου και φωσφορικά ιόντα

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ενδεικτικά παρουσιάζεται ο τρόπος επεξεργασίας των δεδομένων τριών ερωτήσεων.



ΣΧΗΜΑ I: Κατανομή απαντήσεων στην ερώτηση 3 που αφορά τα 10 στοιχεία που συγκέντρωσαν το μεγαλύτερο ποσοστό «προτιμήσεων», του συνόλου του δείγματος.



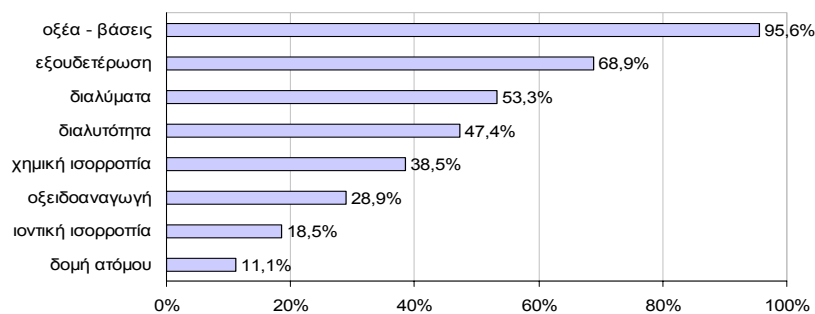
ΣΧΗΜΑ II: Κατανομή ανά τμήμα απαντήσεων στην ερώτηση 3 που αφορά τα 10 στοιχεία που «έλαβαν» το μεγαλύτερο ποσοστό.

Με αυτήν την ερώτηση επιδιώχθηκε να διερευνηθεί αν οι φοιτητές γνωρίζουν την ύπαρξη διαφόρων χημικών στοιχείων στον ανθρώπινο οργανισμό (στόχος 2). Από τις απαντήσεις της ερώτησης 3 προκύπτει ότι:

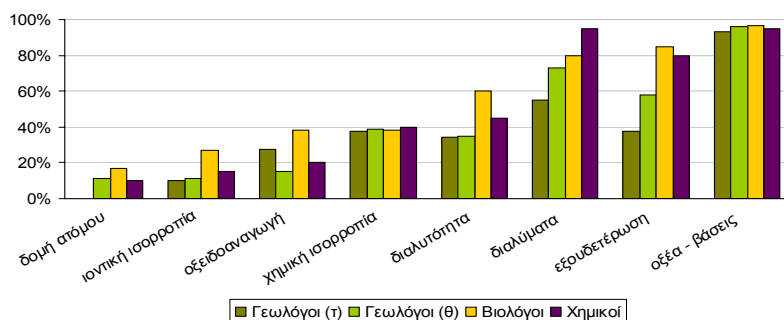
- ✓ Σχεδόν όλοι οι φοιτητές (~98%) γνωρίζουν την ύπαρξη του O στο ανθρώπινο σώμα, αλλά και του H και Ca σε λίγο μικρότερο ποσοστό (90%).
- ✓ Για τη συμμετοχή του C και του Fe στις βιολογικές διεργασίες γνωρίζει μόνο το 78%, του Cl μόνο το 60% και του P μόνο το 50%.
- ✓ Όπως ήταν αναμενόμενο, οι φοιτητές, εκτός του Fe, δεν φαίνεται να γνωρίζουν την ύπαρξη αρκετών από τα υπόλοιπα μέταλλα της 1^{ης} σειράς μετάπτωσης. Από τα ιχνοστοιχεία αυτά φαίνεται να γνωρίζουν καλύτερα την ύπαρξη του Zn και του Mn, όπως δείχνει το ποσοστό 25% και 21% αντίστοιχα, έναντι των υπολοίπων που συγκέντρωσαν ποσοστό κάτω του 12%.

✓ Για τους φοιτητές του χημικού τμήματος τα 5 πρώτα στοιχεία που βρίσκονται στον οργανισμό είναι τα O, C, H, Mg και Ca.

✓ Οι φοιτητές του βιολογικού τμήματος γνωρίζουν περισσότερα για το ποια χημικά στοιχεία υπάρχουν στο ανθρώπινο σώμα, καθώς ποσοστό μεγαλύτερο του 80% έχει κυκλώσει τα σύμβολα των 10 πρώτων στοιχείων του διαγράμματος του σχήματος I, ενώ οι φοιτητές του γεωλογικού τμήματος, ειδικότερα εκείνοι της τεχνολογικής κατεύθυνσης, δεν γνωρίζουν τόσο καλά για τα στοιχεία που υπάρχουν στο ανθρώπινο σώμα. Μόνο το 50% γνωρίζει την ύπαρξη του C και μόνο το 35% του N.



ΣΧΗΜΑ III: Κατανομή του ποσοστού απαντήσεων των φοιτητών που πιστεύουν ότι τα κεφάλαια Χημείας της ερώτησης 5 σχετίζονται με τη Χημεία των δοντιών.



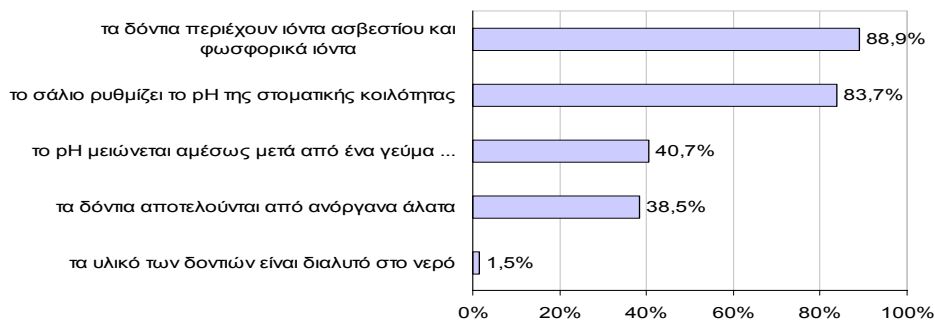
ΣΧΗΜΑ IV: Κατανομή του ποσοστού απαντήσεων των φοιτητών, στην ερώτηση 5, ανά τμήμα φοίτησης.

Ο σκοπός της ερώτησης ήταν να διαπιστωθεί κατά πόσο οι φοιτητές μπορούν να συνδέσουν τις έννοιες της Χημείας που έχουν διδαχτεί με ένα σύστημα τόσο άμεσο όσο τα δόντια και η υγιεινή τους (στόχος 3). Από τα αποτελέσματα της ερώτησης 5 προκύπτει ότι:

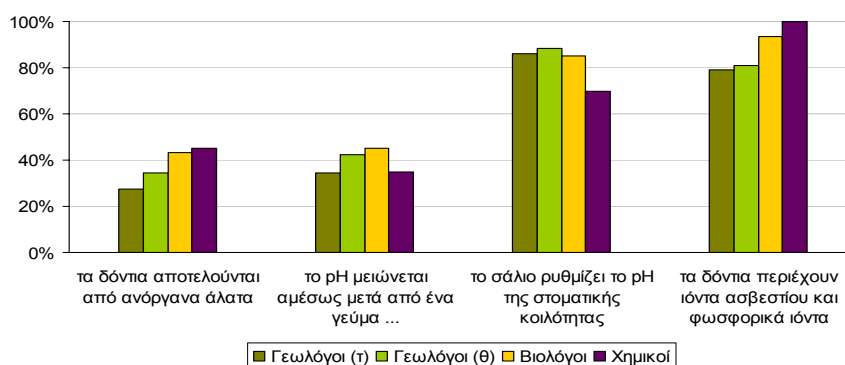
✓ Σχεδόν όλοι οι φοιτητές (~96%) πιστεύουν ότι η Χημεία των δοντιών σχετίζεται με τα οξέα και τις βάσεις, ενώ μόνο το 69% αυτών τη σχετίζει με την εξουδετέρωση, έννοια αλληλένδετη με τα οξέα - βάσεις.

✓ Μικρή μερίδα φοιτητών αναγνωρίζει ότι η διαλυτότητα, η χημική και η ιοντική ισορροπία, η οξειδοαναγωγή και η δομή του ατόμου είναι έννοιες που μπορούν να δώσουν σαφείς εξηγήσεις σε ερωτήματα που έχουν να κάνουν με τα δόντια και την υγιεινή τους.

✓ Σε γενικές γραμμές, οι φοιτητές του βιολογικού τμήματος και ακολούθως του χημικού αναγνωρίζουν σε μεγαλύτερο βαθμό τη σχέση των κεφαλαίων της Χημείας της ερώτησης 5 με τη Χημεία των δοντιών.



ΣΧΗΜΑ V: Κατανομή του ποσοστού των φοιτητών που σημείωσαν ότι οι προτάσεις της ερώτησης 6 είναι σωστές.



ΣΧΗΜΑ VI: Κατανομή του ποσοστού των φοιτητών, ανά τμήμα φοίτησης, που σημείωσαν ότι οι προτάσεις της ερώτησης 6 είναι σωστές.

Και αυτή η ερώτηση στηρίχτηκε στο στόχο 3 της έρευνας. Από τα αποτελέσματα της προκύπτει ότι:

✓ Ένα μεγάλο ποσοστό φοιτητών γνωρίζει ότι τα δόντια περιέχουν ιόντα ασβεστίου και φωσφορικά ιόντα (89%) και ότι το σάλιο είναι ένα ρυθμιστικό διάλυμα (84%).

✓ Παρά το γεγονός ότι έχουν διδαχτεί στη Γ' Γυμνασίου [5] ότι αμέσως μετά από ένα γεύμα το pH του στόματος μειώνεται ενώ ενδιάμεσα στα γεύματα αυξάνεται, μόνο το 41% των φοιτητών συμφώνησε με την ορθότητα της πρότασης.

✓ Ενώ το 89% των φοιτητών συμφωνεί με το γεγονός ότι τα δόντια περιέχουν ιόντα ασβεστίου και φωσφορικά ιόντα, μόνο το 38,5% αυτών πιστεύει ότι τα δόντια αποτελούνται από ανόργανα άλατα.

✓ Οι φοιτητές του χημικού τμήματος γνωρίζουν περισσότερο από τους υπόλοιπους ότι τα δόντια περιέχουν ιόντα Ca^{2+} και PO_4^{3-} και ότι αποτελούνται από ανόργανα άλατα, αλλά η γνώσεις τους για τη ρυθμιστική δράση του σάλιου είναι λιγότερες.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το γενικό συμπέρασμα της έρευνας είναι ότι, οι γνώσεις των φοιτητών σχετικά με το θέμα, αλλά και γενικότερα, είναι επιφανειακές. Κατανοούν το γεγονός ότι, με χημικούς όρους μπορούν να εξηγηθούν διάφορα θέματα (σχετικά με τα δόντια), όμως δεν γνωρίζουν με ποιους ή πώς να τους εφαρμόσουν. Πιο συγκεκριμένα:

- Γνωρίζουν ότι το υλικό των δοντιών είναι αδιάλυτο στο νερό, αλλά δεν συνδέουν τη διαλυτότητα, τη δομή του ατόμου και τη χημική ισορροπία με τη χημεία των δοντιών.
- Γνωρίζουν ότι τα δόντια αποτελούνται από ιόντα ασβεστίου και φωσφορικά ιόντα, όμως όχι ότι αποτελούνται από ανόργανα άλατα ή τι σημαίνουν οι όροι calcium ή fluoride που αναγράφονται στις οδοντόκρεμες ή ότι στο ανθρώπινο σώμα υπάρχει το στοιχείο φώσφορος (P).
- Γνωρίζουν ότι στο στόμα υπάρχει ένα διάλυμα που ρυθμίζει το pH (της στοματικής κοιλότητας), ωστόσο δεν πιστεύουν ότι η ιοντική ισορροπία σχετίζεται με τα δόντια.
- Γνωρίζουν ότι τα γλυκά είναι υπεύθυνα για το χάλασμα των δοντιών, αλλά είναι προφανές ότι τους διαφεύγει το γιατί. Διαφορετικά θα γνώριζαν ότι τρόφιμα πλούσια σε υδατάνθρακες, όπως τα ζυμαρικά, ή πολύ όξινα είναι το ίδιο βλαβερά με τα γλυκά.
- Γνωρίζουν ότι τα οξέα, οι βάσεις και η εξουδετέρωση είναι έννοιες που σχετίζονται με τη Χημεία των δοντιών, όμως δεν συμφωνούν όλοι με το ότι αμέσως μετά από ένα γεύμα το pH της στοματικής κοιλότητας μειώνεται ή λίγοι είναι εκείνοι που γνωρίζουν τι είναι τα οξέα του στόματος.

Ανάλογα συμπεράσματα της αδυναμίας των φοιτητών (ή αποφοίτων Λυκείου) να συνδέσουν καθημερινά προβλήματα με τη Χημεία έχουν διαπιστωθεί και σε προηγούμενες ερευνητικές εργασίες [6, 7].

Με αφετηρία τα παραπάνω συμπεράσματα αναπτύχθηκε το εκπαιδευτικό υλικό της διπλωματικής εργασίας. Στηριζόμενοι στις γνώσεις αλλά και τις ελλείψεις των φοιτητών σχετικά με την υγιεινή των δοντιών, οργανώθηκαν σχέδια μαθήματος, για το Γυμνάσιο και το Λύκειο, για τη διδασκαλία της ιοντικής ισορροπίας, της διαλυτότητας, της οξειδοαναγωγής, των οξέων και βάσεων, των ρυθμιστικών διαλυμάτων κ.ά. χημικών εννοιών μιλώντας για τα δόντια και την υγιεινή τους.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών Χημείας για το Γυμνάσιο
2. <http://www.pi-schools.gr/structure/departments/tetet/ereynes.htm>
3. Παρασκευόπουλος, Ι.Ν., Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας, τόμος 1, Αθήνα 1993
4. Παρασκευόπουλος, Ι.Ν., Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας, τόμος 2, Αθήνα 1993
5. Γεωργιάδου, Τ., Καφετζόπουλος, Κ., Προβής, Σπυρέλλης, Ν., Χηνιάδης, Δ., Χημεία Β' Γυμνασίου, ΟΕΔΒ, Αθήνα 2003
6. Μήλιος, Ν., Ερευνητική Εργασία Διπλώματος Ειδίκευσης, ΔιΧηNET, Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ, Αθήνα 2003
7. Ράπτη, Α., Ερευνητική Εργασία Διπλώματος Ειδίκευσης, ΔιΧηNET, Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ, Αθήνα 2006

Χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή για αξιολόγηση μαθητών και κατανόηση εννοιών χημείας

Πολυχρόνης Σ. Καραγκιοζίδης

Χημικός M.Sc - Σχολικός Σύμβουλος

Site: www.polkaraq.gr E-mail: info@polkaraq.gr

Μέρος 1^ο

Χρήση προγράμματος κατασκευής ιστοσελίδων για την αξιολόγηση μαθητών και εκπαιδευτικού έργου.

Περίληψη - εισαγωγή

Τα προγράμματα κατασκευής ιστοσελίδων εκτός από τις άλλες δυνατότητες που έχουν, μπορούν να αξιοποιηθούν για την κατασκευή ενός interactive ερωτηματολογίου (είδος quiz) για αξιολόγηση ή για αυτοαξιολόγηση. Επίσης το πρόγραμμα ChemOffice είναι ένα εξαιρετικό εργαλείο για την κατανόηση της συντακτικής ισομέρειας που περιλαμβάνεται στην ύλη της Β' Λυκείου γενικής παιδείας, αλλά και για την αντιδιαστολή της από την στερεοϊσομέρεια η οποία δεν περιλαμβάνεται ως μάθημα στο Λύκειο.

Ακολουθεί τρίλεπτη παρουσίαση interactive ερωτηματολογίου

Περιγραφή κατασκευής του συγκεκριμένου πονήματος (προγράμματος)

1) Αρχεία και φάκελοι

ΤΡΟΧΙΑΚΑ

Να επιλεγεί η σωστή συνέχεια σε καθεμιά από τις παρακάτω προτάσεις:

[ΕΙΣΟΔΟΣ](#)

ΕΡΩΤΗΣΗ 1

Η κατανομή ηλεκτρονίων του O στη θεμελιώδη κατάσταση είναι:

[α\)](#) $1s^2 2s^2 2p_x^2 2p_y^2$

[β\)](#) $1s^2 2p_x^2 2p_y^2 2p_z^2$

[γ\)](#) $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^1 2p_z^1$

[δ\)](#) $1s^2 2s^2 2p_x^1 2p_y^2 2p_z^1$

[Επόμενη ερώτηση](#) [Επιστροφή στην αρχική σελίδα](#)

ΣΩΣΤΟ

Συγχαρητήρια

[Επόμενη ερώτηση](#)
[Επιστροφή στην αρχική σελίδα](#)

Στην αρχή δημιουργούμε φάκελο (Folder) με τον τίτλο του πονήματος (στην προκειμένη περίπτωση "spdf").

Μέσα στον αρχικό φάκελο δημιουργούμε μια ιστοσελίδα (αρχείο html) με τίτλο "start" και έναν άλλο φάκελο με τίτλο "files"

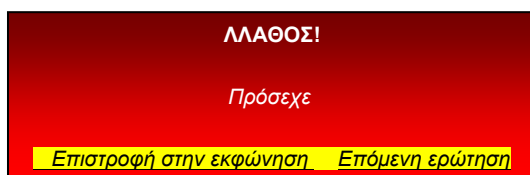
Η ιστοσελίδα "start" έχει τη μορφή:

Στο φάκελο "files" υπάρχουν οι παρακάτω ιστοσελίδες ομαδοποιημένες ως εξής:

α) 4 ιστοσελίδες με ονομασίες 1, 2, 3 και 4, η καθεμιά από τις οποίες περιέχει μια από τις τέσσερις ερωτήσεις καθώς και τέσσερις προεπιλεγμένες απαντήσεις για καθεμιά. Υπάρχουν ακόμη οι φράσεις: «[Επόμενη ερώτηση](#)» και «[Επιστροφή στην αρχική σελίδα](#)»

Από το αρχείο (ιστοσελίδα) 4 απουσιάζει η φράση «[Επόμενη ερώτηση](#)»

β) 4 ιστοσελίδες με ονομασίες sosto1, sosto2, sosto3 και sosto4, όλες με το ίδιο περιεχόμενο σε ότι



αφορά την εμφάνιση που είναι η παρακάτω:

Από την ιστοσελίδα όμως sosto4 απουσιάζει η φράση «[Επόμενη ερώτηση](#)»

γ) 4 ιστοσελίδες με ονομασίες lathos1, lathos2, lathos3 και

lathos4, όλες με το ίδιο περιεχόμενο σε ότι αφορά την εμφάνιση που είναι η παρακάτω:

Από την ιστοσελίδα όμως "lathos4" απουσιάζει η φράση «[Επόμενη ερώτηση](#)»

2) Δημιουργία υπερ – συνδέσεων (hyperlinks)

Από τη λέξη «ΕΙΣΟΔΟΣ» της ιστοσελίδας "start" δημιουργούμε hyperlink στο αρχείο "1".

Από το χαρακτηρισμό της σωστής απάντησης α) ή β) ή γ) ή δ) του αρχείου "1" δημιουργούμε hyperlink στο αρχείο "sosto1"

Από το χαρακτηρισμό κάθε λανθασμένης απάντησης α) ή β) ή γ) ή δ) του αρχείου "1" δημιουργούμε hyperlink στο αρχείο " lathos1"

Στη συνέχεια δημιουργούμε τα αντίστοιχα hyperlink των αρχείων "2", "3" και "4",

Τέλος δημιουργούμε τα αντίστοιχα hyperlink των φράσεων «[Επόμενη ερώτηση](#)», «[Επιστροφή στην αρχική σελίδα](#)» και «[Επιστροφή στην εκφώνηση](#)»

3) Εισαγωγή εικόνων

Εάν το επιθυμούμε εισάγουμε εικόνες και υπόβαθρο.

Δεν ξεχνάμε να σώσουμε την εργασία.

Αξιολόγηση του συγκεκριμένου ή παρόμοιου πονήματος

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αξιολόγηση και αυτοαξιολόγηση μαθητών γενικώς.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον έλεγχο εμπέδωσης του μαθήματος στη σχετική φάση εφαρμογής σχεδίου μαθήματος, με τη βοήθεια προβολέα και ταυτόχρονη συμμετοχή όλου του τμήματος. Στην περίπτωση αυτή ο διδάσκων απευθύνει τις ερωτήσεις στο ακροατήριο, επιλέγει την απάντηση που προτείνει σημαντική μερίδα του ακροατηρίου, όχι κατ' ανάγκη η πλειοψηφία, και σε περίπτωση λανθασμένης επιλογής σχολιάζει συνοπτικά. Η διαδικασία δεν υπερβαίνει το πεντάλεπτο.

Για την κατασκευή του προγράμματος αυτού, απαιτείται χρόνος περίπου μιας ώρας και έχει τον ίδιο βαθμό δυσκολίας με παρόμοια κατασκευή στο PowerPoint.

Μέρος 2°

Χρήση προγράμματος ChemOffice για την κατανόηση της συντακτικής ισομέρειας

Το πρόγραμμα ChemOffice είναι ένα εξαιρετικό εργαλείο για την κατανόηση της συντακτικής ισομέρειας που περιλαμβάνεται στην ύλη της Β' Λυκείου γενικής παιδείας, αλλά και για την αντιδιαστολή από την στερεοϊσομέρεια η οποία δεν περιλαμβάνεται ως μάθημα.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΧΗΜΕΙΑΣ ΣΕ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ

Νικόλαος Αναγνώστου¹

¹Ε.Κ.Φ.Ε. Ευόσμου, Νεμέας – Θάλειας 56224 Θεσσαλονίκη, mail@ekfe-evosm.thess.sch.gr.

1. ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΧΗΜΕΙΑ ΣΕ ΜΙΚΡΟΚΛΙΜΑΚΑ

Η χημεία σε μικροκλίμακα (microscale chemistry ή small scale chemistry), είναι η χημεία που πειραματικά χρησιμοποιεί πολύ μικρές ποσότητες χημικών αντιδραστηρίων και συχνά (όχι πάντα) απλές συσκευές.

Πάντοτε πολλούς ερευνητές και εκπαιδευτικούς απασχολούσαν τα παρακάτω ερωτήματα :

1 Πώς να γίνουν τα πειράματα απλούστερα, λιγότερο χρονοβόρα στην προετοιμασία, διαδικασία, καθαρισμό, μεταφορά, και τακτοποίηση των οργάνων που χρησιμοποιούνται;

2 Πώς να γίνουν πιο οικονομικά;

3 Πώς να διατηρηθεί ένα περιβάλλον χωρίς μόλυνση από εργαστηριακά απόβλητα;

4 Πώς να διαχειριστούν κατάλληλα τα χημικά απόβλητα;

5 Πώς τα πειράματα να σχετίζονται με την καθημερινή ζωή, και να βοηθούν καλύτερα τους μαθητές να κατανοήσουν τις χημικές θεωρίες;

Οι απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά άρχισαν να δίνονται στο τέλος της δεκαετίας του '70 και τις αρχές του '80, όταν στις Η.Π.Α. άρχισε να προωθείται η ιδέα της αντικατάστασης των παραδοσιακών πειραμάτων χημείας με πειράματα μικροκλίμακας.

Σήμερα τα πειράματα σε μικροκλίμακα χρησιμοποιούνται σε πολλές χώρες κυρίως στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, επειδή συγκεντρώνουν πολλά πλεονεκτήματα όπως:

- Είναι οικονομικά, επειδή χρησιμοποιούν μικρές ποσότητες χημικών αντιδραστηρίων και όργανα συνήθως πλαστικά.
- Υπάρχει μείωση των χημικών αποβλήτων.
- Οι μαθητές ευαισθητοποιούνται στην υπεύθυνη χρήση των χημικών ουσιών, θέμα πολύ σημαντικό για τα σύγχρονα περιβαλλοντικά προβλήματα.
- Μειώνονται οι κίνδυνοι για την προσωπική ασφάλεια.
- Η διαδικασία των πειραμάτων είναι ευκολότερη, οπότε μειώνεται και ο χρόνος πραγματοποίησης κάθε πειράματος.

Τα πειράματα σε μικροκλίμακα, δεν έχουν σκοπό να αντικαταστήσουν όλα τα παραδοσιακά πειράματα χημείας, είναι όμως κατάλληλα για σχολεία, όπου ο χρόνος διδασκαλίας της χημείας είναι περιορισμένος και επίσης μπορούν να αντικαταστήσουν ορισμένες ασκήσεις για λόγους ασφάλειας, ή να χρησιμοποιούνται συμπληρωματικά στις ήδη υπάρχουσες μεθόδους.

Στη συνέχεια παραθέτουμε μερικά πειράματα χημείας σε μικροκλίμακα με απλά υλικά, που μπορούν να γίνουν εύκολα, γρήγορα και προπαντός ακίνδυνα σε μαθητές γυμνασίου.

1. ΠΗΞΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ.

2. ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΑΕΡΙΩΝ ΣΕ ΥΓΡΑ. (Ομογενή και ετερογενή διαλύματα).
3. ΔΙΑΛΥΣΗ ΣΤΕΡΕΩΝ ΣΕ ΥΓΡΑ. (α. Διάλυση ζάχαρης στο νερό. β. Διάλυση χλωριούχου νατρίου στο νερό).
4. ΦΥΣΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ. (Πήξη και τήξη του κεριού).
5. ΧΗΜΙΚΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ. (Παρασκευή θειούχου σιδήρου).
6. ΟΞΙΝΗ ΒΡΟΧΗ . (Καύση θείου).
7. ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΑΛΚΑΛΙΚΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ ΜΕ ΔΕΙΚΤΕΣ.
8. ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΟΞΙΝΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ ΜΕ ΔΕΙΚΤΕΣ.
9. ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΑΓΝΩΣΤΩΝ ΔΙΑΛΥΜΑΤΩΝ ΜΕ ΔΕΙΚΤΕΣ.

2. ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Κ. ΓΙΟΥΡΗ-ΤΣΟΧΑΤΖΗ, Διδακτική Πειραμάτων Χημείας, πειράματα σε Μικροκλίμακα: Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Ζήτη 2000.

Κ. ΓΙΟΥΡΗ-ΤΣΟΧΑΤΖΗ, Δ. ΧΑΡΙΣΤΟΣ, Εργαστηριακές Ασκήσεις Χημείας Γενικής και Ανόργανης: Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Ζήτη, για το Α.Π.Θ. 2001.

Κ. ΓΙΟΥΡΗ-ΤΣΟΧΑΤΖΗ, Γ. ΜΑΝΟΥΣΑΚΗΣ, Διδακτική της Χημείας: Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Ζήτη 2000.

3. ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΣΤΟ ΔΙΑΔΙΚΤΥΟ

- <http://www.silvertech.com/microscale/index.html>
- <http://www.micrecol.de/marsmat.html>
- <http://129.93.84.115/Chemistry/MicroScale/MScale00.html>
- <http://www.wheatonsci.com/html/nf/PrdKits.html>
- <http://www.absolit.com/mc/emc.htm>

Επεκτάσεις στις εργαστηριακές ασκήσεις της Χημείας Β΄ Γυμνασίου

Σπύρος Πάγκαλος*¹, Ιωάννης Γράψας²

¹ Καθηγητής Δ.Ε 2^{ου} Λυκείου Δραπετσώνας (email: spangs@ath.forthnet.gr)

² Καθηγητής Δ.Ε Ζαννείου Πειραματικού Γυμνασίου Πειραιά (email: igrapsas@sch.gr)

Περίληψη

Στην παρουσίαση αυτή προτείνονται επεκτάσεις σε ασκήσεις του εργαστηριακού οδηγού της Χημείας Β΄ Γυμνασίου.

Στην πρώτη περίπτωση επιδιώκεται η εμβάθυνση σε μια από τις βασικές μεθόδους διαχωρισμού μιγμάτων, την χρωματογραφία. Αυτό επιτυγχάνεται με το χρωματογραφικό διαχωρισμό των συστατικών της μελάνης μαύρου μαρκαδόρου, χρησιμοποιώντας ως στατική φάση μια λευκή κιμωλία. Με την μέθοδο αυτή προσομοιάζεται η χρωματογραφική στήλη και δίνεται η δυνατότητα να απομονωθούν τα συστατικά της μαύρης μελάνης μετά το διαχωρισμό τους. Έτσι μπορούν να γίνουν διδακτικές επεκτάσεις και στις εφαρμογές της χρωματογραφίας για ποσοτικό διαχωρισμό των συστατικών μίγματος.

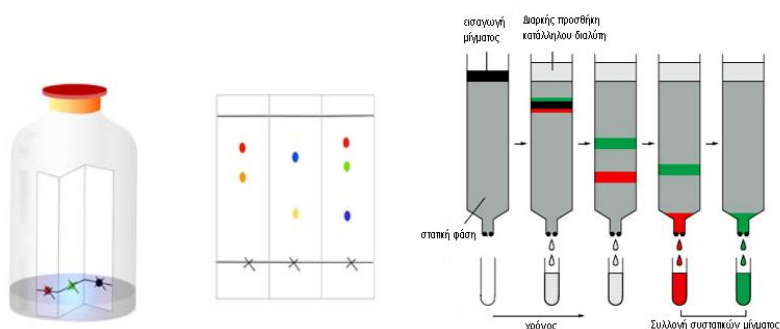
Στην δεύτερη προτείνονται επεκτάσεις σε δύο εργαστηριακές ασκήσεις για την μελέτη των ιδιοτήτων του διοξειδίου του άνθρακα. Στην πρώτη άσκηση παράγεται CO₂ και γίνονται διαπιστώσεις για φυσικές του ιδιότητες (ρευστό, πυκνότητα), αλλά και για χημικές (δεν καίγεται). Στην δεύτερη άσκηση προτείνεται μια απλή συσκευή για τη διαπίστωση ότι ο εκπνεόμενος αέρας σε αντίθεση με τον εισπνεόμενο περιέχει αυξημένες ποσότητες CO₂.

Α. ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΤΗΣ ΜΕΛΑΝΗΣ ΜΑΥΡΟΥ ΜΑΡΚΑΔΟΡΟΥ ΜΕ ΧΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

Η χρωματογραφική ανάλυση είναι μια από τις πιο ευρέως χρησιμοποιούμενες μεθόδους διαχωρισμού μιγμάτων στα συστατικά τους. Οι βασικές αρχές της μεθόδου μπορούν να γίνουν κατανοητές από τους μαθητές και τις μαθήτριες της Β΄ Γυμνασίου, μέσα από την εργαστηριακή άσκηση της χρωματογραφίας χάρτου και ενώ εμβάθυνση μπορεί να γίνει με την μέθοδο που προτείνουμε. Η διαδικασία του μαθήματος στο εργαστήριο μπορεί να περιλαμβάνει τα παρακάτω βήματα:

1. Συζητείται η μέθοδος χρωματογραφικής ανάλυσης και οι εφαρμογές της
2. Γίνεται επίδειξη του πειράματος από τον καθηγητή και παρουσιάζονται βασικά χαρακτηριστικά της τεχνικής, όπως η ρευστή (κινητή) φάση, η προσροφητική (στατική) φάση και η κίνηση των συστατικών του μίγματος. Χρησιμοποιούνται δύο είδη προσροφητικής φάσης (χαρτί και στήλη κιμωλίας).

3. Προβάλλονται εικόνες με παραδείγματα χρωματογραφίας στήλης και χρωματογραφίας χάρτου και ζητείται από τους μαθητές να προσδιορίσουν σε κάθε περίπτωση τα βασικά χαρακτηριστικά που συζητήθηκαν προηγουμένως.



Χρωματογραφία χάρτου

Χρωματογραφία στήλης

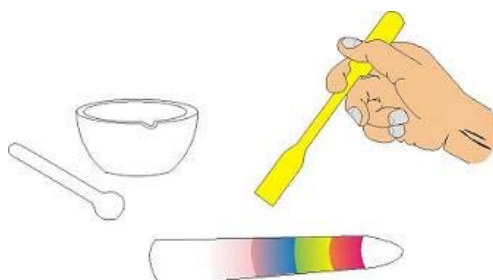
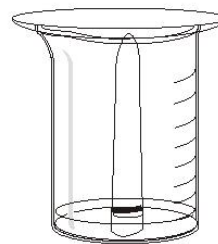
4. Τέλος οι μαθητές και οι μαθήτριες πραγματοποιούν την δική τους χρωματογραφική ανάλυση μελανιού μαύρου μαρκαδόρου. Ο μαύρος μαρκαδόρος υδατοχρώματος (ειδικός μαρκαδόρος για μικρά παιδιά, που απομακρύνεται εύκολα με νερό από το σώμα τους) έχει μελάνι που αποτελείται από μίγμα έγχρωμων ουσιών, με συνδυασμό των οποίων επιτυγχάνεται το μαύρο χρώμα του μελανιού. Η ταχύτητα ανάπτυξης των ουσιών αυτών στην κιμωλία επιτρέπει σε ικανοποιητικό βαθμό το διαχωρισμό τους.

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

Απαιτούμενα όργανα και υλικά	Απαιτούμενες ουσίες
ποτήρι ζέσεως	Καθαρό οινόπνευμα
ύαλος ωρολογίου	Μαύρος μαρκαδόρος υδατοχρώματος
γουδί, γουδοχέρι πορσελάνης	Κιμωλία φυσική (χρειάζεται προσοχή στην επιλογή της κιμωλίας σε δύο σημεία: α) θα πρέπει να είναι φυσική κιμωλία και β) η εξωτερική της επιφάνεια να είναι κατά το δυνατόν λεία)
μαχαιράκι	
δοκιμαστικοί σωλήνες (μικροί)	
στήριγμα δοκιμ. σωλήνων	
γυάλινο χωνί	
διηθητικό χαρτί	

Πορεία του πειράματος με κιμωλία

1. Σε ύψος 1 cm από την βάση της κιμωλίας περιγράφουμε μια λεπτή γραμμή με τον μαύρο μαρκαδόρο και επαναλαμβάνουμε τρεις φορές.
2. Σε ποτήρι ζέσεως προσθέτουμε μικρή ποσότητα καθαρού οίονοπνεύματος, ούτως ώστε να φτάσει σε ύψος περίπου 0,5 cm
3. Στηρίζουμε όρθια την κιμωλία μέσα στο ποτήρι (προσέχοντας να μην διαβραχεί η μαύρη γραμμή), σκεπάζουμε το ποτήρι με την ύαλο ωρολογίου, και αφήνουμε το σύνολο σε ηρεμία.
4. Η κιμωλία απομακρύνεται από το διαλύτη μετά από 20 περίπου λεπτά.
5. Παρατηρούμε να ξεχωρίζουν σε διαφορετικό ύψος οι διάφορες έγχρωμες ουσίες που αποτελούσαν το αρχικό μίγμα της μαύρης μελάνης.
6. Τοποθετούμε τη κιμωλία οριζόντια και με ένα μαχαιράκι, με κάθετη στο άξονα της κιμωλίας πίεση, την κόβουμε ζώνες φροντίζοντας σε κάθε ζώνη να υπάρχει κατά το δυνατόν μία μόνο έγχρωμη ουσία.



και το ετερογενές μίγμα που σχηματίζεται διηθείται σε χωνί με ηθμό από διηθητικό χαρτί.

7. Παίρνουμε ένα από τα κομμάτια της κιμωλίας και το συνθλίβουμε μέσα στο γουδί.

8. Ακολουθώντας προσθέτουμε λίγο νερό, ανακατεύουμε

9. Συλλέγουμε το διήθημα σε δοκιμαστικό σωλήνα..
10. Επαναλαμβάνουμε την παραπάνω διαδικασία και σε άλλα κομμάτια της κιμωλίας αν θέλουμε, και έτσι συλλέγουμε σε διαφορετικούς δοκιμαστικούς σωλήνες τα υδατικά διαλύματα των ουσιών που αποτελούν το μαύρο μελάνι του μαρκαδόρου.



Β. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΜΕ ΤΟ ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι ένα ακίνδυνο αέριο και μπορεί να χρησιμοποιηθεί στο σχολικό εργαστήριο για να μελετηθούν οι ιδιότητές του, αλλά και κάποιες γενικές ιδιότητες των αερίων.

Προτείνεται καταρχήν μια απλή επέκταση της προτεινόμενης στο σχολικό εγχειρίδιο άσκησης για την παρασκευή CO_2 με την επίδραση διαλύματος HCl σε Na_2CO_3 . Το αέριο παρασκευάζεται και συλλέγεται σε ανοικτό ποτήρι ζέσης, λόγω της ιδιότητάς του ότι είναι βαρύτερο του ατμοσφαιρικού αέρα και κατόπιν μεταγγίζεται «σα να ήταν υγρό» σε άλλο ποτήρι, στο οποίο έχει τοποθετηθεί αναμμένο κερί. Το κερί σβήνει αποδεικνύοντας την μετάγγιση του διοξειδίου του άνθρακα. Έτσι οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να διαπιστώσουν ότι υπάρχουν βαρύτερα και ελαφρύτερα αέρια, ότι τα αέρια είναι ρευστά και ότι το CO_2 δεν συντελεί στην καύση.

Προτείνεται επίσης μια απλή συσκευή με την οποία οι μαθητές μπορούν να διαπιστώσουν ότι ο αέρας που εκπνέουμε περιέχει σημαντικά μεγαλύτερη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα σε σχέση με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Το πείραμα αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για την διδασκαλία της Βιολογίας Α' Γυμνασίου όπου αναπτύσσεται το θέμα της αναπνοής.

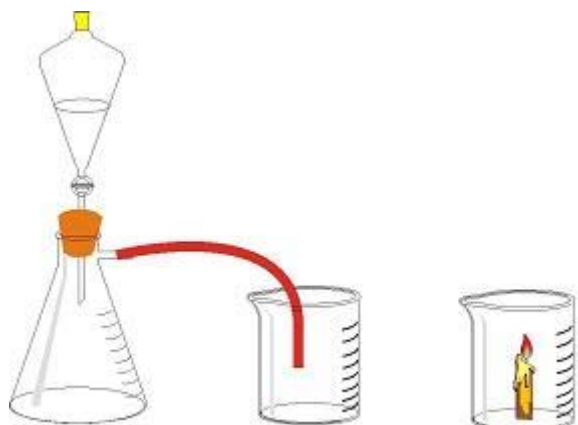
ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ

I.

Απαιτούμενα όργανα και υλικά	Απαιτούμενες ουσίες
Φιάλη διηθήσεως Buchner	Διάλυμα υδροχλωρίου HCl 2M
Χωνί εκχύλισης	Ανθρακικό νάτριο (Na_2CO_3)
Ελαστικό πώμα με τρύπα	
Ελαστικός σωλήνας	
Δύο ποτήρια ζέσεως 250 mL	
Ένα κεράκι ή ρεσώ	

Πορεία 1^{ου} πειράματος

1. Σε φιάλη διήθησης Buchner τοποθετούμε δύο κουταλιές ανθρακικό νάτριο (Na_2CO_3)
2. Στην κορυφή της φιάλης διήθησης τοποθετούμε εκχυλιστικό χωνί με τη βοήθεια διάτρητου ελαστικού πώματος (βλέπε σχήμα)



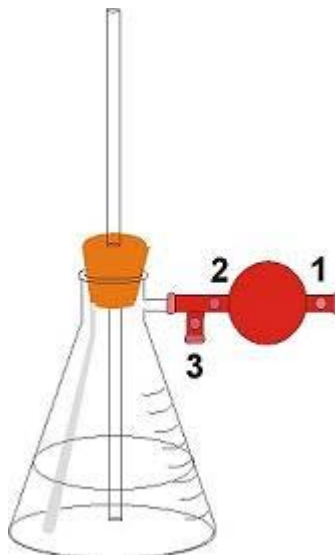
3. Στο πλαϊνό άνοιγμα της φιάλης διήθησης προσαρμόζουμε ελαστικό σωλήνα το άλλο άκρο του οποίου καταλήγει στο εσωτερικό ποτηριού ζέσεως.
4. Σε άλλο ποτήρι στερεώνουμε στο εσωτερικό μικρό κερί το οποίο ανάβουμε.
5. Προσθέτουμε 20 mL διαλύματος HCl στο χωνί εκχύλισης.
6. Ανοίγουμε την στρόφιγγα του χωνιού εκχύλισης και αφού αδειάσει το περιεχόμενό της το ξανακλείνουμε πάλι.
7. Παρατηρούμε την έντονη παραγωγή αερίου στο εσωτερικό της φιάλης διήθησης.
8. Το παραγόμενο αέριο συλλέγεται στο πρώτο ποτήρι ζέσεως. (βλ. σχήμα)
9. Αδειάζουμε «σα να ήταν υγρό» το αέριο στο ποτήρι ζέσεως με το αναμμένο κερί και παρατηρούμε ότι το κερί σβήνει. Έτσι πείθουμε τους μαθητές ότι το παραχθέν αέριο μεταγγίστηκε και ότι εμποδίζει την καύση.

II.

Απαιτούμενα όργανα και υλικά	Απαιτούμενες ουσίες
1 κωνική φιάλη διήθησης των 250 mL	100 mL ασβεστόνερο
1 λαστιχένιο πώμα με μία τρύπα	
1 γυάλινο σωληνάκι	
1 λαστιχένιο πουάρ τριών σημείων	

Πορεία 2^{ου} πειράματος

1. Εισάγουμε το ασβεστόνερο στην κωνική και κλείνουμε το πώμα.
2. Περνάμε γυάλινο σωλήνα από τη τρύπα του πώματος έτσι ώστε να εμβαπτίζεται στο ασβεστόνερο.
3. Προσαρμόζουμε λαστιχένιο πουάρ στην έξοδο προς την συσκευή κενού του σωλήνα.
4. Με τη βοήθεια του πουάρ προκαλούμε την είσοδο ατμοσφαιρικού αέρα (αέρας που αναπνέουμε) έως εξής: Πιέζουμε το σημείο 1 και ταυτόχρονα την φούσκα οπότε αυτή ξεφουσκώνει. Ακολουθώντας ελευθερώνοντας το σημείο 1 πιέζουμε το σημείο 2 οπότε εισέρχεται αέρας στο ασβεστόνερο μέσω του γυάλινου σωλήνα. Επαναλαμβάνουμε. Παρατηρούμε προσεκτικά για τυχόν μεταβολή στο ασβεστόνερο.
5. Στη συνέχεια, αφού αφαιρέσουμε το πουάρ από την συσκευή, φυσάμε μέσα στο σωληνάκι (αέρας που εκπνέουμε) και παρατηρούμε την μεταβολή στο ασβεστόνερο .



Science is Fun...

Μιχάλης Παπανούσκας, Χημικός, MSc*

Γιώργος Λίτσιος, Φυσικός, MSc

Η προβολή και ανάδειξη των εντυπωσιακών στοιχείων μιας πειραματικής δραστηριότητας, αποτελεί για πολλούς ερευνητές σημαντικό στοιχείο που θα μπορούσε να αξιοποιηθεί στην παρακίνηση του ενδιαφέροντος των μαθητών Γυμνασίου και Λυκείου για το συγκεκριμένο διδακτικό αντικείμενο, και στη δημιουργία θετικών στάσεων εκ μέρους τους, για τις φυσικές επιστήμες γενικότερα. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται πέντε πειραματικές διατάξεις που πληρούν το στοιχείο του εντυπωσιασμού, παρακινούν το ενδιαφέρον των μαθητών για περαιτέρω διερεύνηση του φαινομένου, είναι απλές στην κατασκευή και απολύτως ασφαλείς κατά την εκτέλεση από τον διδάσκοντα και τους μαθητές. Οι έννοιες των φυσικών επιστημών που εμπλέκονται κατά περίπτωση είναι (α) ο κανόνας του Lenz κατά τη διέλευση ραβδόμορφου μαγνήτη μέσα από κυκλικό αγωγό (φυσική Β' Λυκείου), (β) ορμή και κρούση με την εφαρμογή μαγνητών στην κυκλική εκδοχή του όπλου του Gauss (φυσική Α' και Γ' Λυκείου), (γ) επιταχυνόμενη θερμική διάσπαση χλωρικού καλίου και δημιουργία μικρών πυροτεχνημάτων (χημεία Α' Λυκείου), (δ) εφαρμογή της καταστατικής εξίσωσης των αερίων στη δημιουργία μικρής ρουκέτας (χημεία Α' Λυκείου) και (ε) εφαρμογή της έννοιας της πυκνότητας στο δύτη του Καρτέσιου (χημεία Α' Λυκείου). Οι πιο πάνω διατάξεις εφαρμόστηκαν σε μαθητές του Νομού Καρδίτσας (N=115) το σχολικό έτος 2006-2007 κατά τη διάρκεια της αντίστοιχης διδακτικής ώρας. Οι μαθητές κλήθηκαν να συμπληρώσουν ερωτηματολόγιο στην αρχή και στο τέλος του έτους, στο οποίο καταγράφηκε η διαφοροποίηση του ενδιαφέροντος.