

ΕΣΠΑ 2007-13\Ε.Π. Ε&ΔΒΜ\Α.Π. 1-2-3

«ΝΕΟ ΣΧΟΛΕΙΟ (Σχολείο 21^{ου} αιώνα) – Νέο Πρόγραμμα Σπουδών, Οριζόντια Πράξη» MIS: 295450

Με συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε. Κ. Τ.)

ΟΔΗΓΟΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΧΗΜΕΙΑ Β' και Γ' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ

ΑΘΗΝΑ, 2012



ΕΣΠΑ 2007-13\Ε.Π. Ε&ΔΒΜ\Α.Π. 1-2-3

«ΝΕΟ ΣΧΟΛΕΙΟ (Σχολείο 21^{ου} αιώνα) – Νέο Πρόγραμμα Σπουδών, Οριζόντια Πράξη» MIS: 295450

Με συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης (Ε. Κ. Τ.)

Το παρόν έργο έχει παραχθεί από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο στο πλαίσιο υλοποίησης της Πράξης «**ΝΕΟ ΣΧΟΛΕΙΟ (Σχολείο 21ου αιώνα) – Νέο πρόγραμμα σπουδών, στους Άξονες Προτεραιότητας 1,2,3, - Οριζόντια Πράξη**», με κωδικό MIS 295450 και ειδικότερα στο πλαίσιο του Υποέργου 1: «**Εκπόνηση Προγραμμάτων Σπουδών Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και οδηγών για τον εκπαιδευτικό «Εργαλεία Διδακτικών Προσεγγίσεων**».

Επιστημονικό Πεδίο: **Φυσικές Επιστήμες.**

Διδακτικό Μαθησιακό Αντικείμενο/Τάξη/επίπεδο εκπαίδευσης: **Χημεία Β΄ και Γ΄ Γυμνασίου**

Περιεχόμενα

Εισαγωγή.....	5
1. Ο Επιστημονικός Εγγραμματισμός	7
1.1. Μορφές Επιστημονικού Εγγραμματισμού	7
1.2. Ο Επιστημονικός Εγγράμματος Μαθητής.....	8
1.3. Επιστημονικός Εγγραμματισμός και Κριτική Σκέψη	10
1.4. Επιστημονικός Εγγραμματισμός και Νέο Σχολείο.....	11
1.5. Αξιολόγηση του Επιστημονικού Εγγραμματισμού σε Διεθνές Επίπεδο	13
2. Η Διδακτική της Χημείας.....	15
2.1. Η Διδακτική της Χημείας ως επιστημονικό γνωστικό αντικείμενο	15
2.2. Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου	17
2.3. Ο Εποικοδομητισμός στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών	17
2.4. Η Αναβάθμιση των Προγραμμάτων Σπουδών και των Μεθόδων Διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών.....	19
2.5. Οι Τρεις Διαστάσεις/Επίπεδα της Σχολικής Χημείας	20
2.6. Οι Εναλλακτικές Ιδέες των Μαθητών στη Χημεία.....	23
2.7. Ο ρόλος του πειράματος και του εργαστηρίου.....	29

3. Καινοτόμες Προσεγγίσεις στο Μάθημα της Χημείας – Η Μέθοδος Πρότζεκτ.....	35
3.1. Ο διδακτικός μετασχηματισμός της γνώσης	35
3.2. Διδακτικές προσεγγίσεις	36
3.3. Η μέθοδος πρότζεκτ.....	39
3.4. Το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα PARSEL.....	45
4. Αξιολόγηση του Μαθητή στο Μάθημα της Χημείας.....	47
4.1. Γενικά	47
4.2. Παρακολούθηση των δεξιοτήτων που εφαρμόζονται κατά τη διάρκεια των πρακτικών εργασιών.....	49
4.3. Ενδεικτικός Κατάλογος των ικανοτήτων, των γνώσεων και στάσεων προς αξιολόγηση	50
5. Το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών της Χημείας Γυμνασίου	53
5.1. Χημικός Εγγραμματισμός και Χημική Κουλτούρα.....	53
5.2. Αρχές του Νέου Προγράμματος της Γυμνασιακής Χημείας.....	54
5.3. Επικαθορίζουσες ιδέες στη χημεία του γυμνασίου	56
5.4. Σχόλια για τη Χημεία Β΄ Γυμνασίου.....	57
5.5. Σχόλια για τη Χημεία Γ΄ γυμνασίου	64
6. ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ και ΣΥΝΘΕΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ	67
7. Βιβλιογραφικές Παραπομπές... ..	70

Εισαγωγή

Σύμφωνα με τις αρχές του Νέου Σχολείου, στην υποχρεωτική εκπαίδευση βασικοί μεθοδολογικοί στόχοι είναι να εφαρμόσουμε μαζί με τα νέα Προγράμματα Σπουδών, μαθητοκεντρικές διδακτικές μεθόδους, να αναζητούμε καινοτόμες δράσεις, να αξιοποιούμε τα σύγχρονα ψηφιακά εκπαιδευτικά μέσα, να καλλιεργούμε την κριτική ικανότητα των παιδιών, να αναζητούμε τη σύνδεση του μαθήματος με την κοινωνία και την καθημερινή ζωή. Παράλληλα να βελτιώνουμε την πολιτιστική και την κοινωνική ζωή των μαθητών, με την επίτευξη όχι μόνο των γνωστικών στόχων του μαθήματος αλλά και με την απόκτηση δεξιοτήτων και ικανοτήτων που ανταποκρίνονται στο σύνολο των σύγχρονων απαιτήσεων.

Ο παρών «Οδηγός του Καθηγητή για τη Χημεία Β΄ και Γ΄ Γυμνασίου» συνεισφέρει στην προσπάθεια αναβάθμισης της ποιότητας του μαθήματος, σύμφωνα με το παραπάνω πλαίσιο. Υπηρετεί το Πράσινο Σχολείο, δίνοντας έμφαση στην «Πράσινη Χημεία» και τις εφαρμογές της. Συνδέει με τη διδασκαλία της χημείας, τα χαρακτηριστικά της αειφόρου ανάπτυξης και της καλλιέργειας περιβαλλοντικής συνείδησης στους μαθητές. Ο Οδηγός ενισχύει τον εκπαιδευτικό έτσι ώστε να ανταποκριθεί στην υψηλή αποστολή του ώστε να αναλάβει το νέο ρόλο ως συνδιαμορφωτής και συνδημιουργός του Προγράμματος Σπουδών και του εκπαιδευτικού υλικού, παρέχοντας παραδείγματα καινοτομίας και πρωτοβουλίας.

Για να γίνει ο μαθητής «μικρός διανοούμενος» και «μικρός επιστήμονας-ερευνητής», απαιτείται μακροχρόνια κοπιώδης εργασία, υποδομές και επαγρύπνηση, ενίσχυση υλική και ηθική από μέρους της πολιτείας. Το χημείο, όπως και το σχολικό εργαστήριο πληροφορικής μαζί με τη σχολική βιβλιοθήκη, μπορούν να συνεισφέρουν σε αυτή την κατεύθυνση. Οι συνθετικές-ερευνητικές εργασίες, οι ποικίλες δραστηριότητες που βασίζονται σε κείμενα ή σε εργαστηριακές πρακτικές, η αξιοποίηση εκπαιδευτικού λογισμικού, η αναζήτηση στο διαδίκτυο και στις βιβλιοθήκες, η εκμετάλλευση των υπαρχουσών υποδομών, οι «ημερίδες χημείας» παρουσίασης εργασιών των μαθητών, η έμπνευση και δημιουργικότητα μαθητών και εκπαιδευτικών, μπορούν να οδηγήσουν σε αξιοθαύμαστα αποτελέσματα, σε ένα πραγματικά νέο σχολείο.

Η Χημεία υπηρετεί τις παραπάνω επιδιώξεις και αποτελεί ένα ιδανικό πλαίσιο εφαρμογής της διερευνητικής μεθόδου μάθησης. Των μεθόδων και πρακτικών που στηρίζονται στην εποικοδομητική κατάκτηση της γνώσης και πλαισιώνονται από κλασικές εργαστηριακές μεθόδους, αναζήτηση-διερεύνηση υλικού και μεθόδων στο διαδίκτυο, πειραμάτων με την υποστήριξη νέων τεχνολογιών, προσομοιώσεων, πολλαπλών αναπαραστάσεων, επίλυσης εικονικών ή πραγματικών προβλημάτων, εκπόνησης ερευνητικών-συνθετικών εργασιών, εργασιών πεδίου, πειραμάτων καθημερινής ζωής, πειραμάτων με απλά μέσα και με όλες τις σχετικές σύγχρονες μεθόδους που μπορούν να καλύψουν κάθε είδους καινοτόμο δράση που σχετίζεται με τις φυσικές επιστήμες και τις προεκτάσεις τους στην κοινωνία, την καθημερινή ζωή και το περιβάλλον. Επαναλαμβάνουμε ότι κάθε είδους εκπαιδευτική διαδικασία πρέπει να είναι μαθητοκεντρική/ανθρωποκεντρική, με σεβασμό στον κάθε μαθητή/μαθήτρια και με βάση την αρχή ότι η επιστήμη δεν είναι αυτοσκοπός αλλά έχει απώτερο σκοπό την υπηρεσία του ανθρώπου και του κοινωνικού συνόλου.

Οι ενδεικτικές πρακτικές δραστηριότητες και συνθετικές εργασίες που παρουσιάζονται στον παρόντα Οδηγό ακολουθούν το Πρόγραμμα Σπουδών Χημείας και τις αρχές του νέου σχολείου και είναι:

- Ανοικτές και ευέλικτες ως προς τον εκπαιδευτικό, ο οποίος θα έχει δυνατότητα παρέμβασης και αυτενέργειας στο περιεχόμενο και τη μέθοδο διδασκαλίας.
- Στοχοκεντρικές, ώστε να περιγράφεται με σαφήνεια η ανάπτυξη των βασικών γνώσεων και δεξιοτήτων. Οι στόχοι μπορούν να προσαρμόζονται σύμφωνα με τις ανάγκες και τις δυνατότητες των μαθητών, ώστε να επιτυγχάνεται το βέλτιστο μαθησιακό αποτέλεσμα.
- Διαθεματικές, ώστε να προωθούνται και να καλλιεργούνται βασικές δεξιότητες-ικανότητες με τη διατήρηση του διαθεματικού χαρακτήρα του προηγούμενου ΠΣ.
- Παιδαγωγικά διαφοροποιούμενες, ώστε να λαμβάνεται υπόψη ο διαφορετικός ρυθμός μάθησης των μαθητών, οι ιδιαιτερότητες σε μέσα και υποδομές, οι διαφορετικές κοινωνικό-πολιτισμικές αναπαραστάσεις και όλα τα άλλα στοιχεία που καθιστούν τη διδασκαλία μια μοναδική, μη-τυποποιημένη διαδικασία.
- Συνεκτικές και συνοπτικές, ώστε με βάση τους εκπαιδευτικούς στόχους να εξασφαλίζεται η συνέχεια και η σύνδεση της γνώσης μεταξύ των μαθημάτων της τάξης, αλλά

και από τάξη σε τάξη και βαθμίδα σε βαθμίδα, καλύπτοντας τις απαραίτητες γνώσεις και δεξιότητες που συνιστούν τον Επιστημονικό Εγγραμματισμό.

1. Ο Επιστημονικός Εγγραμματισμός

Η ικανότητα του ατόμου να χρησιμοποιεί την επιστημονική γνώση, να αναγνωρίζει ερωτήματα και να βγάζει συμπεράσματα που βασίζονται σε επιστημονικά δεδομένα, έτσι, ώστε να κατανοεί το φυσικό κόσμο που τον περιβάλλει και να συμβάλλει στη λήψη των αποφάσεων για τις αλλαγές που η ανθρώπινη δραστηριότητα επιφέρει σε αυτόν, προσδιορίζουν τον Επιστημονικό Εγγραμματισμό (ΕΕ) (ή Επιστημονικό Αλφαριθμητισμό.)

Ο ΕΕ για όλους τους μαθητές συνιστά έναν από τους κύριους στόχους στα πλαίσια των γενικών σκοπών των φυσικών επιστημών (φ.ε.) (AAAS, 1989, NRC, 1996). Η αξιολόγηση του ΕΕ εστιάζει στη μέτρηση της ανάκλησης της σχολικής γνώσης στις φ.ε. Η ικανοποιητική γνώση θεωρείται συνήθως σημαντική για τον ΕΕ και επομένως, αξιολογείται συνήθως από τους εκπαιδευτικούς των φ.ε. και τους ερευνητές της διδακτικής των φ.ε.

1.1. Μορφές Επιστημονικού Εγγραμματισμού

Οι Schwartz, Ben-Zvi και Hofstein (2006) διακρίνουν τρεις μορφές ΕΕ:

1. Πρακτικός ή λειτουργικός ΕΕ,
2. Πολιτικός επιστημονικός ΕΕ. (ή ΕΕ. εν δράσει)
3. Πολιτιστικός ή ιδανικός ΕΕ.

- *Πρακτικός ή λειτουργικός ΕΕ.* Αναφέρεται στη δυνατότητα ενός προσώπου να λειτουργεί κανονικά στην καθημερινή ζωή του ως καταναλωτής των επιστημονικών και τεχνολογικών προϊόντων. Εξετάζει τις βασικές ανθρώπινες ανάγκες, όπως τα τρόφιμα, την υγεία και τη στέγη.

- *Πολιτικός ΕΕ (ή ΕΕ εν δράσει).* Αναφέρεται στη δυνατότητα ενός προσώπου να συμμετέχει επαρκώς σε μια κοινωνική συζήτηση σχετικά με τα επιστημονικά και τεχνολογικά σχετικά ζητήματα.

- *Πολιτιστικός ή ιδανικός ΕΕ.* Διαλαμβάνει την εκτίμηση των επιστημονικών επιτευγμάτων και την αντίληψη για τις φ.ε. ως σημαντική διανοητική δραστηριότητα.

Μια άλλη κατηγοροποίηση μορφών του ΕΕ είναι η παρακάτω (Shwartz, Ben-Zvi, & Hofstein., 2006):

- 1) Επιστημονικός αναλφαβητισμός,
- 2) Ονομαστικός ΕΕ,
- 3) Λειτουργικός ΕΕ,
- 4) Εννοιολογικός ΕΕ,
- 5) Πολυδιάστατος ΕΕ.

• *Επιστημονικός αναλφαβητισμός:* Αναφέρεται στους μαθητές που δεν μπορούν να απαντήσουν σε μια εύλογη ερώτηση για τις φ.ε. Δεν έχουν το λεξιλόγιο, τις έννοιες, τα πλαίσια, ή τη γνωστική ικανότητα να προσδιορίσουν επιστημονικά την ερώτηση.

• *Ονομαστικός ΕΕ:* Οι μαθητές αναγνωρίζουν μια έννοια σε σχέση με τις φ.ε., αλλά το επίπεδο κατανόησης δείχνει σαφώς ότι έχουν παρανοήσεις.

• *Λειτουργικός ΕΕ:* Οι μαθητές μπορούν να περιγράψουν μια έννοια σωστά, αλλά έχουν μια περιορισμένη κατανόηση σχετικά με αυτή.

• *Εννοιολογικός ΕΕ:* Οι μαθητές αναπτύσσουν κάποια βασική κατανόηση των κύριων εννοιολογικών σχημάτων του γνωστικού αντικειμένου και συσχετίζουν αυτά τα σχήματα με τη γενική κατανόησή τους ως προς τις φ.ε.

• *Πολυδιάστατος ΕΕ:* Αυτή η θεώρηση του Ε.Ε. ενσωματώνει μια κατανόηση των φ.ε. που επεκτείνεται πέρα από τις έννοιες των επιμέρους κλάδων των φ.ε. και τις διαδικασίες της επιστημονικής έρευνας.

1.2. Ο Επιστημονικός Εγγράμματος Μαθητής

Τα βασικά μοντέλα σχεδιασμού προγραμμάτων σπουδών κατά τον Kelly (1989) είναι τρία: το μοντέλο των στόχων, το μοντέλο των περιεχομένων και το μοντέλο της διαδικασίας. Στο παρόν αναμορφωμένο Πρόγραμμα Σπουδών δόθηκε έμφαση στο μοντέλο της διαδικασίας που αποβλέπει στον τρόπο σκέψης των μαθητών. Κατά τον Bruner: «Διδάσκουμε ένα αντικείμενο, όχι για να φτιάξουμε μικρές ζωντανές βιβλιοθήκες σε αυτό το αντικείμενο, αλλά για να καταστήσουμε το μαθητή ικανό να σκεφτεί «μαθηματικά» για τον εαυτό του, να θεωρήσει τα

θέματα της ιστορίας, όπως τα θεωρεί ένας ιστορικός, να λάβει μέρος στη διαδικασία απόκτησης της γνώσης. Το να γνωρίσει κανείς είναι μια διαδικασία, όχι ένα προϊόν» (Bruner 1960),

Η γνωστική ψυχολογία υποστηρίζει ότι ο ανθρώπινος εγκέφαλος έχει χαρακτηριστικά που αποδίδονται περισσότερο σε διαδικαστικά συστήματα (*γνωρίζω πώς*), παρά σε πληροφοριακά (*γνωρίζω ότι*). Γι' αυτό έχει μεγάλη σημασία ο τρόπος σκέψης και η διαδικασία απόκτησης της γνώσης και επιστρατεύονται μέθοδοι και τεχνικές που καλλιεργούν αυτήν τη διαδικασία, όπως: η διερευνητική προσέγγιση, η μέθοδος πρότζεκτ, η διεπιστημονική προσέγγιση στη μελέτη ενός θέματος, η μέθοδος του προβλήματος κ.ά.

Οι σημερινοί μαθητές πρέπει να εκπαιδεύονται έτσι ώστε να γίνουν ελεύθεροι και δημοκρατικοί πολίτες. Ειδικότερα, το σχολείο απαιτείται να τους βοηθάει να αποκτήσουν:

- Βασικές γνώσεις, στάσεις, δεξιότητες
- Κριτική σκέψη
- Λειτουργική ένταξη στην κοινωνία
- Αποδοχή του άλλου ανεξάρτητα από τη φυλή, το χρώμα, τη θρησκεία
- Σεβασμό των ανθρωπίνων δικαιωμάτων
- Σεβασμό στην προστασία του περιβάλλοντος

Από τους «επιστημονικά εγγράμματους» μαθητές επιθυμούμε να γνωρίζουν:

- α. έννοιες (*δηλωτική γνώση*),
- β. διαδικασίες στο πλαίσιο της Επιστήμης (*λειτουργική γνώση*),
- γ. τον τρόπο που σκέφτονται οι επιστήμονες καθώς, και τις μεθόδους που ακολουθούν, αλλά και
- δ. να γίνουν περισσότερο στοχαστικοί σε ό, τι ακούν, βλέπουν και διαβάζουν που αφορά τις επιστήμες.

Η γνώση του τρόπου σκέψης και της πορείας προόδου της επιστήμης:

1. καθιστά τους μαθητές περισσότερο στοχαστικούς στα επιστημονικά συμπεράσματα
2. καλλιεργεί σε αυτούς ικανότητες μεταγνώσης έτσι, ώστε να σκέφτονται τον τρόπο που οι ίδιοι σκέφτονται σε αντίστοιχες περιπτώσεις
3. τους καθιστά ικανούς να διαπιστώνουν ότι η εξέλιξη της επιστήμης δεν γίνεται με έναν μόνο τρόπο, και αυτό δημιουργεί περίσκεψη

4. τους κάνει περισσότερο κριτικούς απέναντι στα επιστημονικά επιτεύγματα και αυτό τους δίνει αυτοπεποίθηση, αλλά και ελπίδα στην κοινωνία. Έτσι οι πολίτες δεν άγονται και φέρονται, π.χ. από τον τύπο, τους δημαγωγούς ή ό,τι συζητείται επιπόλαια σε διάφορους κύκλους, αλλά μπορούν να στοχάζονται και βγάζουν τα δικά τους συμπεράσματα (Στεφανίδου 2009).

1.3. Επιστημονικός Εγγραμματισμός και Κριτική Σκέψη

Ο ΕΕ είναι άρρηκτα συνδεδεμένος με την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης. *«Το να μαθαίνει κάποιος να σκέφτεται κριτικά σημαίνει να μαθαίνει να διατυπώνει ερωτήσεις, και ποιο συγκεκριμένα πότε να τις διατυπώνει και τι είδους ερωτήσεις να διατυπώνει»* (Fischer 1995).

Οι ακόλουθες στάσεις θεωρούνται απαραίτητες για την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης: Η ετοιμότητα για σκέψη, η περιέργεια, η αντικειμενικότητα και η αναζήτηση της αλήθειας, το ανοικτό μυαλό, ο (υγιής) σκεπτικισμός, η «νοητική εντιμότητα», η συστηματικότητα, η επιμονή, η αποφασιστικότητα, ο σεβασμός των απόψεων των άλλων ατόμων (Χατζηγεωργίου 2004)

Η κριτική σκέψη πρέπει να καλλιεργείται και όχι να επαφίεται στη διάθεση και την ικανότητα του κάθε μαθητή. Πράγματι η εμπειρία δείχνει ότι υπάρχουν μαθητές που λόγω αυξημένης νοημοσύνης ή λόγω πολλών εμπειριών έχουν μεγάλη κριτική ικανότητα. Όμως η πλειονότητα των μαθητών δεν ανήκουν σε αυτή την κατηγορία και πρέπει να τη «διδασχθούν» με συστηματικό τρόπο. Αν η ικανότητα αυτή γίνει δεξιότητα, τότε θα διατρέχει οριζόντια όλο το σχολικό πρόγραμμα, αλλά και τη ζωή έξω από το σχολείο, με αποτέλεσμα τα οφέλη να είναι πολλαπλά. Βελτιώνει τις επιδόσεις στα συγγενή διδακτικά αντικείμενα και επηρεάζει θετικά τη συμπεριφορά των μαθητών στο σχολικό γίγνεσθαι, επαυξάνοντας την υπευθυνότητα και ωριμότητά τους.

Η καλλιέργεια της κριτικής σκέψης επιτυγχάνεται όταν ο εκπαιδευτικός:

- δείχνει ο ίδιος τι σημαίνει κριτική σκέψη, δηλαδή κάνει τους δικούς του συλλογισμούς,
- διατυπώνει ανοιχτές ερωτήσεις,
- ενθαρρύνει να ακουστούν όλες οι απόψεις των μαθητών,
- ενθαρρύνει τον ελεύθερο διάλογο και επιλύει τις συγκρούσεις ανάμεσα σε αντίθετες απόψεις,
- πείθει τους μαθητές του ότι οι ερωτήσεις γίνονται για να τους προκαλέσει δημιουργικά και όχι να τους απειλήσει,

- βοηθά τους μαθητές να αξιοποιήσουν τα λάθη τους,
- ενσωματώνει στο περιεχόμενο του προγράμματος σπουδών προβληματικές καταστάσεις οι οποίες βοηθούν τους μαθητές στη συζήτηση και τη διερεύνηση,
- για κάθε θέμα ή πρόβλημα βοηθά τους μαθητές να εντοπίσουν τους όρους κλειδιά,
- βοηθά τους μαθητές να εντοπίσουν το νόημα των όρων αυτών,
- τους βοηθά να κάνουν συσχετισμούς ανάμεσα σε δεδομένα και καταστάσεις, και μάλιστα έτσι ώστε να αντιληφθούν συσχετισμούς ανάμεσα σε ιδέες, που με την πρώτη ματιά φαίνονται ότι δεν σχετίζονται
- βοηθά τους μαθητές να αναγνωρίσουν: α. Υποθέσεις, β. Αντιφάσεις, γ. Γενικεύσεις
- αξιοποιεί τόσο τη *συγκλίνουσα σκέψη*, όσο και την *αποκλίνουσα σκέψη* των μαθητών.

1.4. Επιστημονικός Εγγραμματισμός και Νέο Σχολείο

Για τον πολυδιάστατο ΕΕ για όλους τους μαθητές, προτείνεται ότι υπάρχει ανάγκη μεγαλύτερου βαθμού αυτονομίας των μαθητών, διερευνητικής διδασκαλίας που θα προωθήσει την απόκτηση ικανοτήτων επεξεργασίας, καθώς και προσεγγίσεις προσανατολισμένες προς την κοινωνία και τη ζωή. Προς τούτο πρέπει οι εκπαιδευτικοί να έχουν ικανότητες να διδάξουν υπό αυτή την ευρύτερη προοπτική. Από αυτό προκύπτει η αναγκαιότητα διδακτικού/μαθησιακού υλικού και/ή πηγών που θα ικανοποιούν αυτά τα κριτήρια και θα βοηθούν τον εκπαιδευτικό στην προσπάθειά του να κάνει τη διδασκαλία των φ.ε. πιο σχετική με τη ζωή.

Οι εκπαιδευτικοί των φ.ε. που επιθυμούν να αναλάβουν σοβαρά τον στόχο της επίτευξης υψηλού επιπέδου ΕΕ και θέλουν τα μαθήματά τους να συμβάλλουν στη γενική παιδεία απελευθερωμένων πολιτών, πρέπει να οργανώνουν προκλητικά περιβάλλοντα μάθησης, σύμφωνα με το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας/μάθησης, και να παρέχουν προσεκτική καθοδήγηση στους μαθητές προς την κατεύθυνση αυτο-ελεγχόμενης και προκλητικής μάθησης, τόσο για τη λύση προβλημάτων όσο και για τη λήψη αποφάσεων. Αυτό συνεπάγεται ότι απαιτούνται διδακτικό/μαθησιακό υλικό και πηγές που θα υποστηρίξουν την ανάπτυξη γνωστικών και μετα-γνωστικών στρατηγικών, καθώς και την καλλιέργεια κινήτρων και συναισθηματικών διαθέσεων μέσα σε ένα ενδιαφέρον περιβάλλον και σχετικό με τη μελλοντική ζωή και/ή τα επαγγέλματα. Οι προσεγγίσεις αυτές συναντώνται στη βιβλιογραφία με τους όρους-κλειδιά Science/ Technology/ Society (STS) [Επιστήμη/ τεχνολογία/ κοινωνία], Science/

Technology/ Literacy (STL) [Επιστήμη/ τεχνολογία/ εγγραμματισμός], Context-oriented and Subject-integrated teaching [Διδασκαλία προσανατολισμένη στο συγκείμενο και ενιαιοποιημένη ως προς το γνωστικό αντικείμενο] και, πιο πρόσφατα, Socio-Scientific Issue-based teaching (SSI) [Διδασκαλία βασισμένη σε κοινωνικό-επιστημονικά θέματα].

Στο Νέο Σχολείο ο εκπαιδευτικός σχεδιάζει διδασκαλίες που προάγουν τους στόχους του επιστημονικού εγγραμματισμού. Επιστημονικός εγγραμματισμός (ΕΕ) και ποσότητα ύλης είναι ασύμβατες έννοιες. Οι μέθοδοι προς «την ανακάλυψη της νέας γνώσης» είναι χρονοβόρες, αλλά και οι δραστηριότητες και η ομαδική εργασία και η καλλιέργεια της κριτικής σκέψης, θέλουν τη διδασκαλία να είναι απαλλαγμένη από το βάρος της μεγάλης ποσότητας ύλης.

Σε σχέση με το ενδεδειγμένο παιδαγωγικό μοντέλο, η διδασκαλία που στοχεύει στον ΕΕ δεν αποκλείει τη δασκαλοκεντρική προσέγγιση όταν υπάρχει πίεση χρόνου. Όμως είναι βέβαιο ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα είναι ισχυρότερα και έχουν μεγαλύτερη διάρκεια όταν οι μαθητές εμπλέκονται στη διδασκαλία, δηλαδή με το μαθητοκεντρικό μοντέλο διδασκαλίας. Αλλά και στις επιλεγόμενες στρατηγικές τόσο η επαγωγικο-υποθετική όσο και η επαγωγικο-απαγωγική, ή και συνδυασμός τους, προσφέρονται για διαδικασίες που προάγουν τον ΕΕ. Η καλλιέργεια πάντως της κριτικής σκέψης, απαιτεί διερευνητικές στρατηγικές.

Οι δραστηριότητες στις οποίες θα εμπλακούν οι μαθητές σχετίζονται με την καλλιέργεια του ΕΕ. Αναφέρονται για παράδειγμα η τεχνική των ερωτήσεων και η αντιπαράθεση μεταξύ των μαθητών που καλλιεργούν την κριτική σκέψη των μαθητών σε πρωτότυπες συνθήκες, προάγουν τη δεξιότητα του διαλόγου και μούν τους μαθητές στις αρχές του. Οι κατασκευές αφίσας, μακέτας, κ.ά. φέρνουν τους μαθητές αντιμέτωπους με πρωτότυπες καταστάσεις, δίνουν στην ομάδα κοινούς στόχους, καλλιεργούν στρατηγικές εκτέλεσης οδηγιών αλλά και επίλυσης προβλημάτων, διεγείρουν το ενδιαφέρον, νοηματοδοτούν τη γνώση και κρατούν σε εγρήγορση όλους τους μαθητές.

Η καλλιέργεια του ΕΕ ενισχύεται από την αξιοποίηση του εποπτικού υλικού και της υποδομής. Στο Νέο Σχολείο είναι απαραίτητη η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή και των άλλων εποπτικών μέσων (βιντεοπροβολέας, διαδραστικός πίνακας, εσωτερικό δίκτυο για τα netbook κ.ά.). Αυτά είναι απαραίτητα για συνθετικές εργασίες, για πλοήγηση στο διαδίκτυο, για εκτέλεση πειραμάτων που δεν είναι δυνατό να γίνουν στην τάξη, αλλά και ως ένα απλό εργαλείο για να γράφουμε ή να κάνουμε πράξεις.

1.5. Αξιολόγηση του Επιστημονικού Εγγραμματισμού σε Διεθνές Επίπεδο

Δύο διεθνή προγράμματα σχετίζονται με τον ΕΕ:

1. Το Πρόγραμμα για τη Διεθνή Αξιολόγηση των Μαθητών (Program for International Student Assessment, PISA) του Οργανισμού Οικονομικής Συνεργασίας και Ανάπτυξης, ΟΟΣΑ (OECD, 2003, 2006, NCES, 2003, 2005) και
2. Οι Τάσεις στις Μελέτες των Μαθηματικών και των Φυσικών Επιστημών (Trends in International Mathematics and Science Studies, TIMSS) (NCES, 1999, 2003).

Το TIMSS εστιάζει κυρίως στην ανάκληση διδαγμένης γνώσης. Το PISA τείνει να εστιάσει στην "πρακτική γνώση στη ζωή", δηλαδή: την αναγνώριση των ερωτήσεων ως επιστημονικών, τον προσδιορισμό των σχετικών στοιχείων, την αυστηρή αξιολόγηση των συμπερασμάτων, και τις επιστημονικές ιδέες στην επικοινωνία. Τα ευρήματα από τις διεθνείς έρευνες TIMSS και PISA είναι πολύ απογοητευτικά για πάρα πολλές ανεπτυγμένες χώρες, αλλά και για πολλές άλλες χώρες, των οποίων τα αποτελέσματα οδηγούν στο συμπέρασμα ότι η διδασκαλία των φ.ε. σε αυτές δεν είναι σε καλή κατάσταση.

Ο διαγωνισμός PISA γίνεται κάθε τρία χρόνια και σε αυτόν συμμετέχουν 15χρονοι μαθητές από μέλη και μη μέλη του οργανισμού. Στην τελευταία έρευνα του 2009 συμμετείχαν 4.969 μαθητές από 184 σχολεία της Ελλάδας. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα του 2009, σε σύνολο 65 χωρών:

- Στα μαθηματικά διατηρήσαμε την ίδια θέση (39η) με τον διαγωνισμό του 2006.
- Στην κατανόηση κειμένου, η Ελλάδα ανέβηκε στην 31η θέση, από την 36η θέση το 2006.
- Στις φ.ε. οι Έλληνες είχαν χειρότερα αποτελέσματα σε σχέση με το 2006, καταλαμβάνοντας τη 40ή θέση με 470 βαθμούς, ενώ το 2006 ήταν 38οι με 473 β. Το 2003 ήταν 30οί με 481 β. Η μέση επίδοση ήταν 501 βαθμοί. Τις πέντε πρώτες θέσεις κατέλαβαν η Σαγκάη-Κίνα (575 βαθμοί), η Φινλανδία (554 βαθμοί), το Χονγκ Κονγκ-Κίνα (549 βαθμοί), η Σιγκαπούρη (542 βαθμοί) και η Ιαπωνία (539 βαθμοί). Ο Καναδάς συγκέντρωσε 529 βαθμούς, η Αυστραλία 527, η Γερμανία 520, το Ηνωμένο Βασίλειο 514, οι ΗΠΑ 502, η Γαλλία 498 και η Ιταλία 489. Στην ίδια βαθμολογική κλίμακα με τη χώρα μας βρίσκονται η Ρωσία, το

Λουξεμβούργο, η Αυστρία. Τη μεγαλύτερη βελτίωση είχαν οι Τουρκία, Πορτογαλία, Κορέα, Ιταλία, Νορβηγία, ΗΠΑ και Πολωνία.

Σύμφωνα με την εθνική διαχειρίστρια στο πρόγραμμα PISA καθηγήτρια Βάσω Χατζηνικήτα (Λακασάς, 2012): «Οι επιδόσεις κάθε χώρας σχετίζονται με τα αναλυτικά προγράμματα και τη δομή του σχολικού συστήματος». Πολιτικοί της εκπαίδευσης, σχεδιαστές σχολικών προγραμμάτων, εκπαιδευτικοί, μαθητές, γονείς και ολόκληρη η κοινωνία μιας χώρας αναρωτώνται κατά πόσο το εκπαιδευτικό σύστημα της χώρας προσφέρει τη δυνατότητα να εκπαιδεύει επιστημονικά εγγράμματους πολίτες. Οι ενδείξεις ότι αυτό το κάνει, είναι σχετικά μικρές και αυτό ισχύει τόσο στη χώρα μας όσο και σε πολλές άλλες χώρες. Φαίνεται ότι πολλή προσοχή δίδεται στη διδασκαλία των θεμελιωδών ή μεγάλων ιδεών της επιστήμης, ενώ η προσοχή στη διερευνητική διδασκαλία (enquiry teaching) και την προαγωγή της κατανόησης της φύσης της επιστήμης είναι ανεπαρκής (NRC, 1996).

2. Η Διδακτική της Χημείας

2.1. Η Διδακτική της Χημείας ως επιστημονικό γνωστικό αντικείμενο

Πρώτα-πρώτα πρέπει να διακρίνουμε τους «δασκάλους της χημείας» από τους «ερευνητές της διδακτικής της χημείας» (ΔΧ). Σύμφωνα με τους Bunce και Robinson (1997), «ο καθένας σχεδόν που διδάσκει χημεία στο σχολείο ή στο πανεπιστήμιο έχει τα προσόντα δασκάλου ή παιδαγωγού ή εκπαιδευτή της χημείας) (chemical educator). Όλοι είμαστε (εκπαιδευτικοί) χημικοί που ενδιαφερόμαστε να βοηθήσουμε άλλους να καταλάβουν τη χημεία. Όλοι είμαστε εξοικειωμένοι με τη διδασκαλία, ακόμη και αν δεν διδάσκουμε, με το να είμαστε μαθητές-δέκτες της διδασκαλίας.»

Ένας τρόπος να δει κανείς την κοινότητα των δασκάλων της χημείας είναι να υποδιαιρέσει τις δραστηριότητές μας, σε ένα φάσμα τριών αλληλένδετων δραστηριοτήτων: διδασκαλία, πράξη και έρευνα. Μια μικρότερη ομάδα δασκάλων της χημείας κάνουν έρευνα στη διδακτική της ΔΧ. Μερικοί είναι μέλη πανεπιστημιακών παιδαγωγικών σχολών. Άλλοι είναι μέλη τμημάτων χημείας. Οι ερευνητές της ΔΧ μπορούν να παρέχουν στην κοινότητα της χημικής εκπαίδευσης δοκιμασμένες, βασισμένες σε θεωρία, ή βασισμένες σε δεδομένα οπτικές και μεθοδολογίες. Εστιάζουν την προσοχή τους σε μια ποικιλία βασικών ερευνητικών ερωτημάτων. Πώς και γιατί μαθαίνουν οι μαθητές; Γιατί η χημεία είναι δύσκολη, ακόμη και για πολλούς καλούς μαθητές; τι έχει αποτελεσματικότητα στη μάθηση;

Η ΔΧ εντάσσεται στο γενικότερο γνωστικό αντικείμενο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ) και αναπτύχθηκε έντονα κατά την τελευταία τριακονταετία. Η χημεία και η ΔΧ σχετίζονται στενά και το ίδιο ισχύει και για την έρευνα στα δύο πεδία. Υπάρχει όμως μια θεμελιώδης διαφορά: η έρευνα στη ΔΧ είναι ένα πεδίο που υπάγεται στις κοινωνικές επιστήμες. “Εστιάζει στην κατανόηση και στη βελτίωση της μάθησης της χημείας μέσω της μελέτης μεταβλητών σχετικών με το τι κάνει ο μαθητής μέσα σε περιβάλλον μάθησης (Herron & Nurrenburn, 1999). Διαλαμβάνει «μια πολύπλοκη αλληλεξάρτηση της πιο γενικής θεώρησης των κοινωνικών επιστημών (ήτοι της διαδικασίας της μάθησης) και της πιο αναλυτικής θεώρησης των φ.ε. (ήτοι του περιεχομένου)». Ως τέτοια, η έρευνα της ΔΦΕ πρέπει να διεξάγεται από

φυσικούς επιστήμονες εργαζόμενους μόνους ή σε συνεργασία με ψυχολόγους και /ή παιδαγωγούς.

Κατά τον Kempa, όπως συμβαίνει και με την έρευνα σε άλλα πεδία, η έρευνα στην ΔΦΕ/ΔΧ, πρέπει να «θεωρείται και να γίνεται αποδεκτή ως μια αυτόνομη δραστηριότητα, της οποίας πρωταρχική λειτουργία είναι αυτή της ανάλυσης, διάγνωσης και δημιουργίας γνώσης, ανεξάρτητα από το αν αυτή η γνώση έχει άμεση χρησιμότητα και εφαρμογή» (Kempa, 2002). Από την άλλη, η έρευνα στη ΔΧ έχει ή πρέπει να έχει ως έναν από τους μείζονες στόχους της τη βελτίωση της εκπαίδευσης στη χημεία. Σύμφωνα με τον Hurd de Hart (1991), «δεν υπάρχει σημαντικός λόγος να κάνει κανείς έρευνα στη διδακτική, εκτός αν υπάρχει ένα αντίκρισμα στη σχολική τάξη».

Η έρευνα στη ΔΧ (η οποία δημοσιεύεται σε εξειδικευμένα επιστημονικά περιοδικά) πρέπει να περιλαμβάνει τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα καλής έρευνας, όπως υπογραμμίζονται σε έκθεση της «Ομάδας Εργασίας για τη Χημική Εκπαίδευση» της Αμερικανικής Χημικής Εταιρείας (Task Force on Chemical Education Research, 1994). Συγκεκριμένα, η έρευνα πρέπει (α) να βασίζεται σε θεωρία ή θεωρίες, (β) να βασίζεται σε πειραματικά δεδομένα και (γ) να παράγει γενικεύσιμα αποτελέσματα

Ο J.J. Lagowski (1998), πρώην διευθυντής του περιοδικού *Journal of Chemical Education*, θεωρώντας το παρελθόν και το μέλλον της ΔΧ, τόνισε ότι «ο 21ος αιώνας θα θέσει πολλές προκλήσεις στη χημική εκπαίδευση». Περαιτέρω, θα απαιτείται μια αυξανόμενη γνώση των νέων τεχνολογιών, ενώ «καθώς ο πληθυσμός θα γίνεται πιο ετερογενής και οι ερευνητές θα μαθαίνουν περισσότερα για το πώς αποκτούν τη γνώση μαθητές με αποκλίνοντα υπόβαθρα, τύπους μαθήσεως και ικανότητες, ο τρόπος με τον οποίο θα δομείται το περιεχόμενο της επιστήμης θα καθίσταται όλο και πιο σημαντικός» (Gabel, 1999). Τέλος, ο Johnstone (2000) υποστηρίζει ότι η έρευνα μάς έχει εφοδιάσει με τα εργαλεία ώστε «να εναρμονίσουμε μια λογική θεώρηση του γνωστικού μας αντικειμένου με μια ψυχολογική θεώρησή του, ώστε οι νέοι να συλλάβουν τον ενθουσιασμό μας και να απολαύσουν τη νοητική ανάταση που το αντικείμενό μας μπορεί και πρέπει να προσφέρει».

2.2. Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου

Όπως αναφέραμε παραπάνω, η ΔΦΕ μελετά την «πολύπλοκη αλληλεξάρτηση της πιο γενικής θεώρησης των κοινωνικών επιστημών (ήτοι της διαδικασίας της μάθησης) και της πιο αναλυτικής θεώρησης των φ.ε. (ήτοι του περιεχομένου)» (Herron & Nurrenburn, 1999). Οι δύο αυτές θεωρήσεις δεν είναι όμως ανεξάρτητες η μία από την άλλη: η γνώση του περιεχομένου είναι μια *αναγκαία* αλλά όχι και *ικανή συνθήκη* για να διδάξει κανείς χημεία (ή οποιοδήποτε άλλο γνωστικό αντικείμενο). Το ικανόν παρέχεται από τη γνώση της διαδικασίας της μάθησης και του *μανθάνοντος* (Bucat, 2004). Περαιτέρω απαιτείται η σύνδεση της γνώσης του περιεχομένου με την *παιδαγωγική γνώση*, που οδηγεί σε αυτό που ονομάζεται *παιδαγωγική γνώση περιεχομένου* (ΠΓΠ) (Pedagogical Content Knowledge, PCK).

Σύμφωνα με τον Bucat, «η διεξαγωγή έρευνας για τις εννοιολογικές δυσκολίες των σπουδαστών ή η αναγνώριση αυτών των δυσκολιών μέσα από τη διδακτική πράξη είναι μία πλευρά της ΠΓΠ. Μια άλλη πλουσιότερη πλευρά είναι το να αντιμετωπίζεις αυτές τις δυσκολίες μέσα στην τάξη. Επί του παρόντος, στο επάγγελμα του εκπαιδευτικού, η συσσωρευμένη ΠΓΠ καθενός από τους συμμετέχοντες αναπτύσσεται με τον χρόνο (και φθάνει στο ζενίθ της με την συνταξιοδότηση».

Η ΠΓΠ αποκτάται βέβαια με τη διδακτική εμπειρία, αυτό όμως δεν σημαίνει ότι αυτή πρέπει να είναι μηδενική στο ξεκίνημα της καριέρας ενός εκπαιδευτικού. Η κατάλληλη βασική κατάρτιση των μελλόντων εκπαιδευτικών αποτελεί πλέον γεγονός στις περισσότερες ανεπτυγμένες χώρες. Χαρακτηριστική είναι η περίπτωση των ΗΠΑ, όπου σε 58 τμήματα χημείας που απονέμουν διδακτορικό δίπλωμα και σε 24 τμήματα χημείας που απονέμουν μεταπτυχιακό δίπλωμα (μάστερ) υπάρχουν ερευνητές της ΔΧ.

Ο σημαντικότερος παράγοντας της εκπαίδευσης είναι ο εκπαιδευτικός. Αυτός δεν πρέπει να είναι απλώς ο αναμεταδότης έτοιμης γνώσης, αλλά έχει έναν πολύ σύνθετο ρόλο: παύει να είναι τεχνίτης και γίνεται «μηχανικός» (engineer), με την έννοια ότι χρειάζεται γνώσεις, δεξιότητες και ικανότητες προερχόμενες από ένα σύνολο διαφορετικών επιστημών.

2.3. Ο Εποικοδομητισμός στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών

Η ΔΦΕ υποστηρίζεται από διάφορες θεωρίες με πλέον επικρατούσα τον *εποικοδομητισμό* (constructivism). Ο εποικοδομητισμός αποτελεί καταρχήν μια φιλοσοφική-επιστημολογική θεωρία. Η γνώση του φυσικού κόσμου ερμηνεύεται από δύο διαμετρικά αντίθετα φιλοσοφικά

ρεύματα, το ρεαλισμό και τον εμπειρισμό. Κατά το ρεαλισμό, οι φυσικές έννοιες και οι φυσικοί νόμοι υπάρχουν αυτοτελώς (είναι αυθύπαρκτοι) στη φύση, οπότε η δουλειά των φυσικών επιστημόνων είναι να ανακαλύπτουν τις έννοιες και τους νόμους. Κατά τον εμπειρισμό, αυτά που γνωρίζουμε ως φυσική επιστήμη δεν είναι τίποτε άλλο, παρά τα δημιουργήματα-κατασκευάσματα των επιστημόνων (της επιστημονικής σκέψης).¹

Αν δεχθούμε τη ρεαλιστική διάσταση, ο δάσκαλος των φ.ε. δεν κάνει τίποτε άλλο παρά να μεταβιβάζει στους μαθητές τούς μοναδικούς αυθύπαρκτους φυσικούς νόμους, οι οποίοι πρέπει να γίνονται δεκτοί χωρίς συζήτηση ούτε αμφισβήτηση. Ο ρόλος του μαθητή (που το μυαλό του θεωρείται σαν *tabula rasa*) περιορίζεται στον απλό αποδέκτη της έτοιμης γνώσης. Από τη σκοπιά του εμπειρισμού τώρα, οφείλουμε να δεχθούμε ότι όπως οι επιστήμονες κατασκευάζουν τις απόψεις τους για τον φυσικό κόσμο,² κάτι παρόμοιο κάνουν (σε μικρότερη προφανώς κλίμακα και με πολύ μικρότερη επιτυχία) και οι μαθητές: κατασκευάζουν τη δική τους ερμηνεία για τον φυσικό κόσμο, τόσο έξω και πριν από το σχολείο, όσο και μέσα σε αυτό. Ο εποικοδομητισμός της γνώσης δεν είναι επομένως τίποτε άλλο παρά αυτή ακριβώς η εμπειρική προσέγγιση του φυσικού κόσμου. Ως τέτοια, δεν είναι παράξενο ότι κατά κανόνα απέχει από τις επικρατούσες επιστημονικές απόψεις. Έτσι έχουμε τις *ιδέες των μαθητών* ή *εναλλακτικές ιδέες*, που είναι αναγκαίο να υποβληθούν στο σχολείο σε *εννοιολογική αλλαγή*.

Ρεαλισμός και εμπειρισμός είναι βέβαια δύο ακραίες περιπτώσεις σε ένα συνεχές. Και αν στα παλιά χρόνια (στα πρώτα και στα νεανικά βήματα της επιστήμης) είναι φανερό ότι είμαστε κοντύτερα στον εμπειρισμό, στη σύγχρονη επιστήμη πλησιάζουμε όλο και κοντύτερα σε μια

¹ Μέχρι τον 19^ο αιώνα, η κλασική φυσική βασιζόταν στον *επιστημονικό ρεαλισμό* που βασιζόταν στον υποτυπώδη ρεαλισμό της καθημερινής σκέψης. Η έλευση της κβαντικής θεωρίας στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, έκανε αδύνατο το να φανταζόμαστε την επιστήμη με βάση τις ιδέες του καθημερινού κόσμου (Wikipedia, Naïve realism). "Δεν υπάρχει ικανοποιητικός λόγος για να αποδίδουμε αντικειμενική υπόσταση σε φυσικά μεγέθη σε διάκριση από τους αριθμούς που λαμβάνουμε όταν πραγματοποιούμε μετρήσεις που συσχετίζονται με αυτά. ... Θα ήταν ακριβέστερο αν μιλούσαμε για το «πραγματοποιούμε μετρήσεις» αυτού ή εκείνου αντί να λέμε ότι μετρούμε αυτό ή εκείνο το φυσικό μέγεθος» (Kemle, 1937, p. 244).

² Κατά τον Matthews (2007), η επιστημονική διαδικασία που οδηγεί από τα «πραγματικά αντικείμενα» σε «θεωρητικά αντικείμενα» της επιστήμης περιγράφεται από τέσσερα επίπεδα: Το επίπεδο 4 διαλαμβάνει τα γεγονότα και τις διαδικασίες του πραγματικού κόσμου (τα «πραγματικά αντικείμενα της επιστήμης»). Το επίπεδο 3 περιέχει τις παρατηρήσεις και τις μετρήσεις διακεκριμένων φαινομένων στον πραγματικό κόσμο (τα «δεδομένα»). Το επίπεδο 2 αναπαριστά τα φαινόμενα με μοντέλα (τα «θεωρητικά αντικείμενα της επιστήμης»). Τέλος το επίπεδο 1 περιλαμβάνει τους *επιστημονικούς νόμους* και υψηλού επιπέδου *θεωρία*.

ρεαλιστική κατάσταση. Και αν αυτό συμβαίνει με την επιστήμη καθαυτήν, στο σχολείο αντίθετα οι μαθητές βρίσκονται πάντοτε κοντύτερα στις δικές τους αρχικές ιδέες, δηλαδή στον εμπειρισμό.

Κατά τον Matthews (1994), υπάρχουν δύο σημαντικές παραλλαγές του εποικοδομητισμού. Ο *ψυχολογικός εποικοδομητισμός* του Piaget και ο *κοινωνικός εποικοδομητισμός* του Durkheim. Σύμφωνα με τον Piaget (Τσαπαρλής 1991, κεφ. 2), η νοηματική ανάπτυξη ενός ατόμου συντελείται μέσω μιας *δυναμικής αλληλεπίδρασης* του ατόμου με το *φυσικό κόσμο*. Η διαδικασία αυτή είναι *προσωπική-εξατομικευμένη* και βασίζεται σε μια *γνωστική ή δομική διάσταση*. Το *υποκείμενο-άτομο* αυτό είναι *εξιδανικευμένο* (το *επιστημικό υποκείμενο* - epistemic subject). Στην πραγματικότητα, προϋποτίθεται και μια *ενεργητική ή θυμική (συναισθηματική) διάσταση* (Πιαζέ 1999). Ο *κοινωνικός εποικοδομητισμός* θεωρεί σημαντική για τη δόμηση της γνώσης την επίδραση του κοινωνικού περιβάλλοντος και βρίσκεται πολύ κοντά στην ανάπτυξη των εννοιών σύμφωνα με την θεωρία του Vygotsky (1962).

Μια πιο πρόσφατη εκδοχή είναι αυτή του *ριζοσπαστικού εποικοδομητισμού* που διατυπώθηκε από τον von Glasersfeld (1987). Κατ' αυτόν, η γνώση δεν αντανακλά μια αντικειμενική πραγματικότητα, αλλά αποτελεί αποκλειστικά τη διάταξη και οργάνωση ενός κόσμου αποτελούμενου από τις εμπειρίες μας (εμπειρισμός).

2.4. Η αναβάθμιση των προγραμμάτων σπουδών και των μεθόδων διδασκαλίας των φυσικών επιστημών

Υπάρχουν πολυάριθμες μαρτυρίες ότι το ενδιαφέρον των μαθητών για τις φ.ε. και τα μαθήματα των φ.ε. μειώνεται κατά τη διάρκεια του σχολείου και ότι η στάση τους απέναντι στις φ.ε. είναι αρνητική (Osborne et al. 2003).

Ποιοι είναι οι λόγοι της αρνητικής στάσης των μαθητών;

Η διδασκαλία των φ.ε. μπορεί να περιγραφεί σε τρεις διαστάσεις:

- (1) δασκαλοκεντρική έναντι μαθητοκεντρικής,
- (2) περιεχόμενο διδασκαλίας έναντι διαδικασιών μάθησης,
- (3) επικεντρωμένη στο γνωστικό αντικείμενο έναντι συνδεδεμένης με την καθημερινή ζωή.

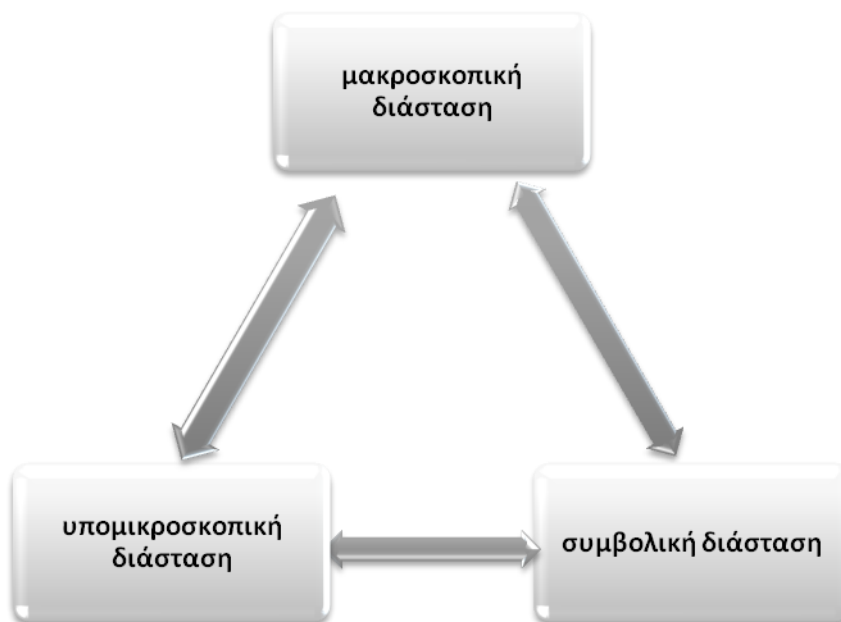
Γενικά οι δάσκαλοι έχουν την τάση να κυριαρχούν στη διδακτική και μαθησιακή διαδικασία, με μαθήματα που εστιάζουν στην παράθεση γνώσεων και που στοχεύουν να αναπαράγουν (τουλάχιστον εν μέρει) στα κεφάλια των μαθητών τη δομή του επιστημονικού αντικειμένου. Υπάρχει χάσμα ανάμεσα στις προθέσεις και στην πράξη και το διδακτικό-μαθησιακό υλικό τείνει να μεγαλώνει αυτό το χάσμα.

Η προσωπικότητα των εκπαιδευτικών είναι μια άλλη μεταβλητή που εξηγεί την αποτυχία. Συχνά, οι εκπαιδευτικοί προσπαθούν να μεταφέρουν στην τάξη τις αφηρημένες μεθόδους του επιστημονικού αντικειμένου τους, αντί να κάνουν με την προσωπικότητά τους ζωντανότερο το διδακτικό υλικό. Προφανώς η οπτική «η επιστήμη χάριν της επιστήμης των επιστημόνων» τονίζεται ιδιαίτερα στα δασκαλοκεντρικά μαθήματα, στο χρησιμοποιούμενο διδακτικό υλικό και, έτι περαιτέρω, στα τεστ και τα θέματα εξετάσεων.

Ένας λόγος για την αντιδημοτικότητα των μαθημάτων των φ.ε. έχει να κάνει με τη δυσκολία του αντικειμένου. Πολλά θέματα είναι αφηρημένης φύσεως και δεν προσφέρονται για σύνδεση με τις καθημερινές εμπειρίες των μαθητών. Η μάθησή τους απαιτεί σκέψη σε επίπεδο τυπικής συλλογιστικής κατά Piaget. Όμως διάφορες μελέτες έχουν δείξει ότι η πλειονότητα των μαθητών δεν έχουν συνήθως φθάσει σε αυτό το επίπεδο νοητικής ανάπτυξης. Εξάλλου, η σύνδεση της διδασκαλίας των φ.ε. με την κοινωνία είναι φτωχή, γι' αυτό πρέπει το διδακτικό/μαθησιακό υλικό να συμπεριλαμβάνει και κοινωνικο-επιστημονικά θέματα.

2.5. Οι Τρεις Διαστάσεις/Επίπεδα της Σχολικής Χημείας

Ο Johnstone (1991, 2007) διακρίνει στη σχολική χημεία τρεις διαστάσεις (ή επίπεδα), τις οποίες τοποθετεί παραστατικά στις τρεις κορυφές ενός ισόπλευρου τριγώνου (Σχήμα 1). Οι διαστάσεις αυτές είναι: η μακροσκοπική/φαινομελογική, η αναπαραστασιακή/συμβολική και η υπομικροσκοπική.



Σχήμα 1. Το τρίγωνο της σχολικής χημείας με τις τρεις διαστάσεις της (κατά Johnstone).

Σε μακροσκοπικό επίπεδο εξοικειώνουμε τους μαθητές με τις χημικές ουσίες και τις ιδιότητές τους. Κεντρική εδώ είναι η χρήση του πειράματος, ενώ η χημική εξίσωση καθώς επίσης και τα άτομα και τα μόρια δεν περιλαμβάνονται. Η αναπαραστασιακή/συμβολική διάσταση χρησιμοποιεί σύμβολα, χημικούς τύπους, χημικές εξισώσεις, γραφικές παραστάσεις και μαθηματικό λογισμό. Τέλος, στο υπομικροσκοπικό επίπεδο αναφερόμαστε σε σωματιδιακά μοντέλα δομής της ύλης, σε άτομα, μόρια και χημικούς δεσμούς.

Η πρόωρη εισαγωγή στη χημική εκπαίδευση άλλων επιπέδων εκτός από το μακροσκοπικό θεωρείται από πολλούς υπεύθυνη για τη φτωχή εκμάθηση της χημείας από τους νέους μαθητές και για την κακή εικόνα που σχηματίζουν για την επιστήμη αυτή. Ο Tsaparlis (1997) έχει χρησιμοποιήσει διάφορες θεωρήσεις της διδακτικής των φ.ε. (όπως τη θεωρία του Piaget για τη γνωσιακή ανάπτυξη, τη θεωρία του Ausubel για τη νοηματική μάθηση, τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών και το μοντέλο επεξεργασίας πληροφοριών) για να δείξει ότι η αντίληψη των αφηρημένων εννοιών της ατομικής και της μοριακής δομής της χημείας είναι ένα πολύ δύσκολο έργο για τους μαθητές. Πρέπει να παραμείνουμε στο μακροεπίπεδο έως ότου οι μαθητές διαμορφώσουν τις νέες έννοιες προτού, προσπαθήσουμε να εισαγάγουμε «εξηγήσεις» βασισμένες σε υπομικροσκοπικές θεωρήσεις (Johnstone 2007). Η εισαγωγή των δύο άλλων

επιπέδων πρέπει να γίνει με μια βαθμιαία διαδικασία, που θα οδηγήσει τους μαθητές στον κόσμο του χημικού.

Ο Johnstone (2007, σ. 10) πρότεινε ότι οι σχεδιαστές προγραμμάτων σπουδών και συγγραφείς σχολικών βιβλίων πρέπει να σκεφτούν την ανάγκη για «μια σημαντική εισαγωγική περίοδο κατά την οποία οι μαθητές εξοικειώνονται με το να σκέφτονται με επιστημονικό τρόπο μόνο μέσω της χρήσης του μακροεπίπεδου και απτών εμπειριών. Υπάρχει άφθονη καλή επιστήμη για μάθηση χωρίς την ‘παρεμβολή’ θεωρήσεων σε υπομικροεπίπεδο.»

Μια τέτοια προσέγγιση είναι σύμφωνη με τον εποικοδομισμό και ακολουθεί την αρχή της επαγωγής με τη μετάβαση από το μάκρο στο υπομίκρο επίπεδο. Σημειωτέον ότι η αντίθετη προσέγγιση, που αρχίζει από τη δομή της ύλης και ακολουθεί ένα μοντέλο παραγωγικής/παραληπτικής μάθησης, είναι πολύ συνηθισμένη στη χημική εκπαίδευση. Εξάλλου, από αρκετούς ερευνητές υποστηρίζεται ότι χωρίς τη χρήση σωματιδιακού μοντέλου δεν είναι δυνατή η κατανόηση εννοιών και φαινομένων, όπως αλλαγή φυσικής κατάστασης, διάλυση, χημική ουσία και χημική αντίδραση.

Οι Georgiadou και Tsaparlis (2000) πρότειναν και δοκίμασαν μια μέθοδο τριών κύκλων, η οποία πραγματεύεται χωριστά το μάκρο, το αναπαραστασιακό και το υπομίκρο επίπεδο. Στο μακροσκοπικό κύκλο, που κατέλαβε το μισό από το χρόνο διδασκαλίας, οι μαθητές εξοικειώθηκαν με τις χημικές ουσίες και τις ιδιότητές τους. Εφαρμόζοντας το σπειροειδές πρόγραμμα σπουδών, ο αναπαραστασιακός κύκλος κάλυψε το ίδιο υλικό του μαθήματος, με προσθήκη των χημικών τύπων και των χημικών εξισώσεων. Τέλος, ο υπομικροσκοπικός κύκλος έφερε στο παιχνίδι τα άτομα και τα μόρια. Η αξιολόγηση της μεθόδου, μέσω της τελικής ανακεφαλαιωτικής εξέτασης του μαθήματος στο τέλος του σχολικού έτους, καθώς επίσης και η επανάληψη των ίδιων τεστ στην αρχή του επόμενου σχολικού έτους, έδειξαν ότι η μέθοδος των τριών κύκλων είχε τη μεγαλύτερη ενιαία θετική επίδραση, σε σύγκριση με μια παραδοσιακή τάξη ελέγχου και μια τάξη στην οποία εφαρμόστηκαν διδακτικές μέθοδοι που προτάθηκαν από τον ψυχολόγο R. Case.

Οι Toomet, DePierro, και Garafalo (2001) ανέπτυξαν ένα καινούργιο πρόγραμμα σπουδών χημείας, στο οποίο το θέμα της ατομικής δομής καθυστερεί μέχρι το δεύτερο εξάμηνο. Σε αυτό το πρόγραμμα σπουδών, η ανάπτυξη των εννοιών συνδέεται με την παρατηρήσιμη συμπεριφορά της ύλης, ενώ ο υπομικροσκοπικός και συμβολικός κόσμος εισάγονται με τη συμμετοχή των

μαθητών σε ανακαλυπτικού τύπου εργασία που βρήκε/ καθιέρωσε τις σχετικές ατομικές μάζες των στοιχείων και τους χημικούς τύπους απλών χημικών ενώσεων. Στην ίδια γραμμή, ο Nelson (2002) συζήτησε έναν τρόπο για να διδάξει τη χημεία σταδιακά, αρχίζοντας από τις παρατηρήσεις σε μακροσκοπικό επίπεδο, ερμηνεύοντάς τις στο ατομικό και στο μοριακό επίπεδο, και έπειτα στο ηλεκτρονικό και στο πυρηνικό επίπεδο. Τέλος, οι Κολιούλης και Τσαπαρλής (Κολιούλης & Τσαπαρλής 2007) συνέγραψαν ένα εγχειρίδιο για τη χημεία της Β΄ τάξης γυμνασίου, με έμφαση στα μακροσκοπικά φαινόμενα και τις έννοιες που αντιμετωπίζονται ποιοτικά, χρησιμοποιώντας μεθόδους εποικοδομητικής και νοηματικής μάθησης, ενώ οι σωματιδιακές έννοιες εισάγονται στο τέλος.

Η χημεία είναι βασικά μια πειραματική επιστήμη και για το λόγο αυτόν η επαφή, ειδικά μέσω του εργαστηρίου και της πρακτικής εργασίας, με συγκεκριμένα παραδείγματα των ουσιών, των αντιδράσεών τους, και των άλλων ιδιοτήτων τους, είναι ένα απαραίτητο και αναπόσπαστο τμήμα της χημικής εκπαίδευσης. Το εργαστήριο είναι επομένως η κατάλληλη θέση για να κρατηθεί η χημεία απτή.

2.6. Οι Εναλλακτικές Ιδέες των Μαθητών στη Χημεία

[Η ενότητα αυτή βασίζεται σε εργασία των Garnett, Garnett & Hackling (1995).]

Η έρευνα της διδακτικής των φ.ε. έχει δείξει ότι οι μαθητές αναπτύσσουν διαφορετικές έννοιες σε σχέση με εκείνες που αναμένεται να μάθουν. Στη βιβλιογραφία, οι επιστημονικά μη αποδεκτές αυτές έννοιες αναφέρονται ως *ιδέες των μαθητών*, ως *εναλλακτικές ιδέες* και ως *παρανοήσεις*. Εδώ θα χρησιμοποιήσουμε τον όρο *εναλλακτικές ιδέες* για να δηλώσουμε μια έννοια η οποία διαφέρει σημαντικά από ό,τι είναι συμφωνημένο από την επιστημονική κοινότητα (Gilbert, Osborne, & Fensham 1982).

Χαρακτηριστικό των εναλλακτικών ιδεών είναι ότι αντιστέκονται σθεναρά σε αλλαγή. Εξάλλου, οι ιδέες των μαθητών μέσα σε επιμέρους γνωστικά αντικείμενα έχουν την τάση να ακολουθούν ό,τι η Driver (Driver et al. 1989) αποκάλεσε «εννοιολογικές τροχιές», οι οποίες έχουν αρκετά κοινά σημεία σε διαφορετικά εκπαιδευτικά συστήματα και πολιτισμούς.

Η έρευνα των εναλλακτικών ιδεών ερμηνεύεται μέσω της θεωρίας της εποικοδομητικής μάθησης. Η θεωρία αυτή υποστηρίζει ότι οι μαθητές για να ερμηνεύσουν νέες έννοιες χρησιμοποιούν τις υπάρχουσες εννοιολογικές δομές τους (δηλαδή τις σχετικές γνώσεις τους) με

τρόπους που δίνουν νόημα στις νέες έννοιες. Με άλλα λόγια, οι μαθητές οικοδομούν ενεργητικά τις νέες έννοιες.

Η διαδικασία ανασκευής των εναλλακτικών ιδεών και αντικατάστασής τους από τις επιστημονικά αποδεκτές έννοιες ονομάζεται *εννοιολογική αλλαγή*. Πολλές σημαντικές ερευνητικές εργασίες έχουν γραφεί σχετικά με τις διαδικασίες δόμησης της γνώσης στο πλαίσιο της εννοιολογικής αλλαγής. Αρχικά η συζήτηση εστιάστηκε στην εγκατάλειψη από μέρους των μαθητών των εσφαλμένων εννοιών προς χάριν εννοιών που είναι πλησιέστερες προς στην επιστημονική άποψη. Για να είναι όμως η νέα έννοια κατανοητή, πιστευτή και γόνιμη, πρέπει η αντικατάσταση ή αναδιοργάνωση του εννοιολογικού πλαισίου να γίνει μέσω της σύγκρουσης με τις προϋπάρχουσες έννοιες. Η εννοιολογική αλλαγή σπάνια είναι μια απότομη ανταλλαγή του ενός συνόλου σημασιών με ένα άλλο σύνολο. Πιο συχνά είναι μια βαθμιαία διαδικασία που διαλαμβάνει εννοιολογική προσθήκη, κατά την οποία γίνεται γνωστική αναδόμηση, χωρίς όμως απαραίτητα να εγκαταλείπονται οι προϋπάρχουσες έννοιες.

Ειδικότερα προτείνεται οι μαθητές να κάνουν τις έννοιες σαφείς, μέσω ποικίλων τρόπων, όπως συζήτηση, ανταλλαγή ιδεών, επιδείξεις ή εμπειρίες με συγκρουόμενες καταστάσεις. Επιπλέον, οι μαθητές πρέπει να εφαρμόζουν τις νέες έννοιες για να δοκιμάσουν την αποδοτικότητά τους. Χρησιμοποιώντας το εποικοδομητικό μοντέλο διδασκαλίας και μάθησης, πρέπει να επιδιώκουμε την αύξηση της ενεργητικής συμμετοχής των μαθητών στη διαδικασία της μάθησης. Συμπερασματικά, οι μαθητές πρέπει να ενθαρρύνονται να στοχάζονται ως προς τη δική τους κατανόηση και να αναλαμβάνουν μεγαλύτερη υπευθυνότητα για τη δική τους μάθηση.

Η Σωματιδιακή Φύση της Ύλης

Αρκετές μελέτες έχουν τεκμηριώσει το πώς κατανοούν οι μαθητές τη σωματιδιακή φύση της ύλης. Μερικές από αυτές τις εναλλακτικές ιδέες μπορεί να προκύπτουν εξαιτίας της σύγχυσης των σημασιών των λέξεων στη καθημερινή γλώσσα, με αυτές στην ιδιαίτερη επιστημονική γλώσσα. Στην καθημερινή χρήση, η λέξη «σωματίδιο» σημαίνει ένα μικρό αλλά ορατό κομμάτι στερεάς ουσίας. Ωστόσο στη χημεία η λέξη «σωματίδιο» γενικώς χρησιμοποιείται σε υπομικροσκοπικό επίπεδο για να περιγράψει τα άτομα, τα μόρια ή τα ιόντα. Μια συνήθης παρανόηση είναι ότι το νερό «συνίσταται από υδρογόνο και οξυγόνο». Ενώ πρόθεση του δασκάλου είναι να ερμηνεύσει το σχηματισμό μορίων νερού από άτομα υδρογόνου και οξυγόνου, είναι πιθανόν ότι για πολλούς μαθητές το νερό είναι απλώς ένα ομογενές μείγμα υδρογόνου και οξυγόνου.

Η ιδέα ότι τα άτομα είναι ζωντανά μπορεί να έχει την προέλευση στη σύγχυση μεταξύ ατόμων και βιολογικών κυττάρων. Εναλλακτικώς, οι μαθητές μπορεί να νομίζουν ότι τα άτομα είναι ζωντανά επειδή κινούνται. Επίσης, οι μαθητές συχνά αντιμετωπίζουν αντικείμενα με τα χαρακτηριστικά των ανθρώπων ή ζώων και ότι αυτό μπορεί να επεκταθεί για να εξηγήσουν τη φύση των φυσικών φαινομένων (*ανθρωπομορφισμός*).

Η τάση να αποδίδουν τις μακροσκοπικές ιδιότητες μιας ουσίας σε ιδιότητες σωματιδίων σε ατομικό επίπεδο έχει καλώς τεκμηριωθεί στη βιβλιογραφία. Για παράδειγμα, ένας μαθητής μπορεί να γνωρίζει ότι το νερό διαστέλλεται κατά την πήξη, αλλά όταν ερωτηθεί σχετικά με τη συμπεριφορά των μορίων του νερού κατά την πήξη μπορεί να δηλώσει ή να υπαινιχθεί ότι το καθένα από τα μόρια διαστέλλεται κατά την πήξη. Εξάλλου, επειδή ο φωσφόρος είναι κίτρινος οι μαθητές νομίζουν ότι τα άτομα είναι κίτρινα και ότι όταν τήκεται τα άτομα τήκονται. Υποστηρίζεται ότι δάσκαλοι και εγχειρίδια συχνά δεν κάνουν επαρκή διάκριση μεταξύ ουσιών σαν μια ολότητα και της συμπεριφοράς των ξεχωριστών σωματιδίων που τις συνιστούν.

Έτσι πολύ συχνά:

- * Σε ένα διάλυμα, τα σωματίδια παριστάνονται μέσα στο διάλυμα.
- * Η έκταση της διαστολής στα στερεά, όταν θερμαίνονται, είναι υπερβολική.
- * Τα υγρά παριστάνονται με ένα τρόπο, ο οποίος υποβάλλει ότι μπορούν εύκολα να συμπιεστούν.
- * Η μείωση της πυκνότητας όταν ένα στερεό τήκεται είναι υπερβολική.

* Η μείωση της πυκνότητας όταν ένα υγρό μετατρέπεται σε αέριο δεν επισημαίνεται στις παραστάσεις.

Ο Πίνακας 1 συνοψίζει τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τη σωματιδιακή φύση της ύλης. Ο Πίνακας 2 κάνει το ίδιο για την ισοστάθμιση και την ερμηνεία των χημικών εξισώσεων. Τέλος, ο Πίνακας 3 είναι για τα οξέα και τις βάσεις.

Πίνακας 1 . Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τη σωματιδιακή φύση της ύλης

Η ΦΥΣΗ ΚΑΙ ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΜΟΡΙΩΝ

1. Το μέγεθος των μορίων
 - Ένα μόριο νερού είναι «μεγάλο» σε μέγεθος.
 - Ένα μόριο νερού είναι αρκετά βαρύ και μπορεί να ζυγιστεί.
 - Τα άτομα είναι αρκετά μεγάλα ώστε μπορεί κανείς να τα δει με το μικροσκόπιο.
 - Ένα μόριο είναι ένα μικρό αλλά ορατό κομμάτι μιας ουσίας.
2. Το νερό είναι ένα συνεχές ομογενές μείγμα των στοιχείων υδρογόνου και οξυγόνου.
3. Τα μόρια νερού μπορεί να συντεθούν και από άλλα άτομα εκτός από υδρογόνο και οξυγόνο.
4. Τα άτομα και τα μόρια έχουν μακροσκοπικές ιδιότητες π.χ. διαστέλλονται όταν μια ουσία θερμαίνεται, πήζουν όταν η ουσία ψύχεται, είναι μαλακά κ.ά.
5. Όλα τα άτομα έχουν το ίδιο βάρος.
6. Τα άτομα είναι ζωντανά, επειδή κινούνται.

Ο ΧΩΡΟΣ ΜΕΤΑΞΥ ΜΟΡΙΩΝ ΚΑΙ Ο ΤΡΟΠΟΣ ΠΟΥ ΤΑ ΜΟΡΙΑ ΔΙΕΥΘΕΤΟΥΝΤΑΙ

7. Η ύλη είναι συνεχής και δεν υπάρχει κενό ή χώρος μεταξύ μορίων.
8. Ύλη υπάρχει μεταξύ ατόμων.
9. Υπάρχει σημαντικός χώρος μεταξύ μορίων σε ένα υγρό.
10. Τα μόρια αερίου είναι διευθετημένα σε τάξη παρά σε άτακτο σχηματισμό.
11. Υγρά και αέρια συμμετέχουν σαν ομογενείς μάζες σε άλλες ουσίες.

ΜΟΡΙΑ ΣΕ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ

12. Τα άτομα και τα μόρια μπορούν να έχουν διαφορετικό μέγεθος, σχήμα και βάρος που εξαρτάται από τη φυσική κατάσταση στην οποία βρίσκονται.
 - Το νερό σε στερεά κατάσταση έχει πολύ μεγαλύτερα και βαρύτερα μόρια.
 - Το νερό σε στερεά κατάσταση έχει μικρότερα μόρια.
 - Τα άτομα και τα μόρια γίνονται μεγαλύτερα κατά την τήξη.
 - Τα άτομα γίνονται μεγαλύτερα καθώς αυτά αλλάζουν από υγρά σε αέρια.
13. Ένα μολ (mole, σύμβολό mol) στερεού ή υγρού κατέχει όγκο 22,4 L σε κανονικές συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας.

ΑΛΛΑΓΕΣ ΦΥΣΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ

14. Τα μόρια σε μια φυσική κατάσταση κινούνται με την ίδια ταχύτητα.
 15. Η θερμοκρασία μπορεί να επηρεάσει το σχήμα των μορίων .
 16. Η θερμοκρασία προκαλεί διαστολή των μορίων νερού. Το μέγεθος των μορίων εξαρτάται από τη θερμοκρασία.
 17. Η τήξη και ο βρασμός των μοριακών ενώσεων είναι διαδικασίες με τις οποίες οι ομοιοπολικοί δεσμοί στα μόρια σπάνε.
 18. Όταν τα στερεά τήκονται, φεύγει από αυτά το νερό.
 19. Όταν το νερό βράζει, αέρας διαφεύγει από αυτό.
 20. Οι φυσαλίδες στο νερό που βράζει αποτελούνται από θερμότητα και αέρα ή υδρογόνο και οξυγόνο (από την αποσύνθεση του νερού).
 21. Όταν ένα υγρό μετατρέπεται σε αέριο υπάρχει μια μείωση στη μάζα του.
 22. Τα αέρια δεν έχουν μάζα.
-

Πίνακας 2. Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για την ισοστάθμιση και την ερμηνεία των χημικών εξισώσεων

1. Στη γραφή των χημικών τύπων, οι αριθμοί χρησιμοποιούνται για την ισοστάθμιση των εξισώσεων και όχι για την αναπαράσταση ατομικών ομάδων.
 2. Οι συντελεστές χημικής εξίσωσης είναι αριθμοί που χρησιμοποιούνται για τη μηχανιστική ισοστάθμιση των εξισώσεων και δεν αναπαριστούν τους σχετικούς αριθμούς των μερών που αντιδρούν ή παράγονται σε μια χημική αντίδραση.
 3. Οι χημικές εξισώσεις δεν αναπαριστούν χημικές αντιδράσεις σε ένα συγκεκριμένο επίπεδο.
 4. Οι χημικές εξισώσεις δεν αναπαριστούν δυναμικές διαδικασίες, στις οποίες σωματίδια/μόρια αντιδρούν το ένα με το άλλο για να σχηματίσουν νέα σωματίδια/μόρια με επαναδιευθέτηση των ατόμων τους.
-

Πίνακας 3 . Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για τα οξέα και τις βάσεις

1. Ένα ασθενές οξύ δεν συμπεριφέρεται όπως ένα ισχυρό οξύ.
3. Το pH είναι μέτρο της οξύτητας αλλά όχι της βασικότητας.
4. Οι βάσεις δεν περιέχουν υδρογόνο.
5. Όταν οξέα και βάσεις αναμειγνύονται, δεν αντιδρούν, σχηματίζουν ένα φυσικό μείγμα.

2.7. Ο ρόλος του πειράματος και του εργαστηρίου

Οι όροι *εργαστηριακή εργασία* και *πρακτική εργασία* χρησιμοποιούνται στη βιβλιογραφία χωρίς ακριβή ορισμό για να συμπεριλάβουν τις πολυάριθμες δραστηριότητες κατά τη διδασκαλία των φ.ε. Σύμφωνα με τον Hodson (1990), ο όρος ‘πρακτική εργασία’ σημαίνει έργα κατά τα οποία οι μαθητές παρατηρούν ή χειρίζονται μόνοι τους (ατομικά ή σε μικρές ομάδες) πραγματικά αντικείμενα ή υλικά ή παρακολουθώντας πειράματα επίδειξης από τον καθηγητή. Υπό μια εκτεταμένη έννοια, η πρακτική εργασία περιλαμβάνει όχι μόνο την εργασία στο τυπικό εργαστήριο ή πειράματα επίδειξης χημείας, αλλά και οποιοδήποτε τύπο δραστηριότητας που περιλαμβάνει απτά αντικείμενα και παρέχει στους μαθητές την ευκαιρία να χειριστούν και να αλληλεπιδράσουν με τις χημικές ουσίες και να παρατηρήσουν τη χημεία εν δράσει. Κατά συνέπεια, συμπεριλαμβάνονται επίσης τα κιτ εκτέλεσης πειραμάτων από τους μαθητές στο σπίτι, καθώς και οι προσομοιώσεις πειραμάτων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Γενικά γίνεται αποδεκτό ότι οι κύριοι σκοποί της εργαστηριακής εργασίας είναι να διδάξουν χειρωνακτικές δεξιότητες και να δείξουν τη σχετική θεωρία. Αφετέρου, οι στόχοι μιας τέτοιας εργασίας μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες: (i) να διδάξουν το περιεχόμενο της επιστήμης (ii) και να διδάξουν τις μεθόδους της επιστήμης. Η πρακτική εργασία μπορεί: να παρακινήσει τους μαθητές με την πρόκληση του ενδιαφέροντος και της απόλαυσης, να διδάξει τις εργαστηριακές δεξιότητες, να ενισχύσει την εκμάθηση της επιστημονικής γνώσης, να επιδείξει την επιστημονική μέθοδο και να αναπτύξει την ικανότητα χρήσης της, να αναπτύξει επιστημονικές στάσεις, όπως η ευρύτητα σκέψης και η αντικειμενικότητα (Hodson, 1990).

Οι εργαστηριακές δραστηριότητες περιλαμβάνουν τέσσερις σημαντικές φάσεις όπου ανατίθεται στους μαθητές η ευθύνη για: (α) τον προγραμματισμό και σχεδιασμό μιας έρευνας, (β) την πραγματοποίηση της πειραματικής έρευνας που περιλαμβάνει χειρωνακτικές

δραστηριότητες, (γ) την παρατήρηση των αλλαγών και (δ) τη ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων. Σημαντικοί είναι επίσης και οι συναισθηματικοί στόχοι που αναφέρονται από τον Kerr (1963): ενδιαφέρον για το μάθημα, απόλαυση του μαθήματος, αίσθηση της πραγματικότητας για τα φαινόμενα που συζητούνται στη θεωρία.

Οι Johnstone και Al-Shuaili (2001) έχουν κάνει μια λεπτομερή μελέτη της βιβλιογραφίας σχετικά με τις χειρονακτικές δεξιότητες και τις δεξιότητες παρατήρησης. Ιδιαίτερης σπουδαιότητας είναι η ικανότητα του σχεδιασμού πειραμάτων, που τα συμβατικά εργαστήρια τείνουν να παραλείπουν. Συνδεδεμένες με αυτόν τον στόχο είναι οι δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων στο εργαστήριο.

Τύποι εργαστηριακής διδασκαλίας

Υπάρχουν διάφοροι τύποι ευδιάκριτων μορφών εργαστηριακής διδασκαλίας (Domin 1999): *περιγραφική (expository)*, *διερεύνησης ή διερώτησης (inquire)*, *ανακαλυπτική (discovery)*, και *βασισμένη σε προβλήματα (problem-based)*. Το αποτέλεσμα οποιασδήποτε εργαστηριακής δραστηριότητας είναι είτε προκαθορισμένο είτε ακαθόριστο. Ο Lunetta (1998) διακρίνει τις διάφορες μορφές σύμφωνα με δύο πτυχές:

(1) την έκταση της εξωτερικής καθοδήγησης από τον εκπαιδευτικό και/ή το εγχειρίδιο, που οδηγεί (i) σε δομημένες μορφές με λεπτομερή συνταγή των δραστηριοτήτων των μαθητών, ή (ii) σε ανοικτές μορφές που επιτρέπουν στους μαθητές την ενεργητική προσωπική εμπλοκή τους.

(2) Το φάσμα των δραστηριοτήτων που μπορεί να ποικίλει από το απλό στήσιμο του πειράματος έως την συμπερίληψη μιας πλήρους ακολουθίας διερεύνησης.

Το παραδοσιακό επεξηγηματικό εργαστήριο

Ο συνηθέστερα εφαρμοζόμενος τύπος εργαστηριακής διδασκαλίας είναι το περιγραφικό, το οποίο είναι δασκαλοκεντρικό. Ο εκπαιδευόμενος πρέπει απλώς να ακολουθήσει τις οδηγίες του καθηγητή ή τη διαδικασία (από το εγχειρίδιο). Το αποτέλεσμα είναι προκαθορισμένο από τον καθηγητή και μπορεί επίσης να είναι εκ των προτέρων γνωστό στον εκπαιδευόμενο. Το περιγραφικό εργαστήριο ικανοποιεί την ανάγκη να ελαχιστοποιούνται οι απαιτούμενοι πόροι και ιδίως ο χρόνος, ο χώρος, ο εξοπλισμός και το προσωπικό. Παρά αυτήν την αποτελεσματικότητα, η περιγραφική διδασκαλία έχει επικριθεί διότι δίνει λίγη έμφαση στη σκέψη: έχει τα

χαρακτηριστικά ενός ‘βιβλίου μαγειρικής’ υπογραμμίζοντας τη μηχανική ακολουθία συγκεκριμένων διαδικασιών για τη συλλογή δεδομένων, προκειμένου να επιβεβαιωθούν ή να καταδειχθούν οι αρχές που περιγράφονται στα εγχειρίδια. Τέτοια εργαστηριακή εμπειρία διευκολύνει την ανάπτυξη κατώτερης τάξεως γνωστικών ικανοτήτων, όπως η αποστήθιση και η αλγοριθμική επίλυση προβλημάτων και επιπλέον έχει λίγη σχέση με την πραγματική ζωή.

Εργαστήριο διερεύνησης

Οι βασισμένες σε διερεύνηση δραστηριότητες έχουν μια ακαθόριστη έκβαση και απαιτούν από τους εκπαιδευόμενους να παραγάγουν τις δικές τους διαδικασίες. Οι μαθητές πρέπει να ασχοληθούν με ένα επιστημονικό πρόβλημα, για τη λύση του οποίου πρέπει να σχεδιάσουν και να διεξαγάγουν μια πειραματική έρευνα και να συναγάγουν ένα συμπέρασμα.

Επομένως, το εργαστήριο διερεύνησης είναι περισσότερο μαθητοκεντρικό και, σε σχέση με την παραδοσιακή μορφή εργαστηρίου, περιέχει λιγότερη καθοδήγηση και δίνει στο μαθητή περισσότερη υπευθυνότητα για την επιλογή των δυνατών διαδικασιών. Δίνει ουσιαστικά στους μαθητές την αίσθηση ιδιοκτησίας της εργαστηριακής δραστηριότητας, η οποία μπορεί να οδηγήσει στην παρουσίαση βελτιωμένης στάσης των μαθητών απέναντι στα εργαστήρια.

Η πρακτική εργασία, η βασισμένη στη διερεύνηση, έχει πολλά πλεονεκτήματα και κυρίως μπορεί να ενδυναμώσει πολλούς από τους εκπαιδευτικούς στόχους. Όμως έχει και μειονεκτήματα, είναι χρονοβόρος, δυνάμει δαπανηρή και πολύ απαιτητική για εκείνους που πρέπει να οργανώσουν μεγάλες εργαστηριακές τάξεις μαθητών. Το κίνημα αναμόρφωσης της εκπαίδευσης στις φ.ε., το οποίο είναι βασισμένο σε πρότυπα (standards) (National Research Council Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας, NRC 1996, 2000), συνιστά όμως να ξεκόψουμε από αποκλειστικά παραληπτικές μορφές διδασκαλίας. Από την άλλη, τα καθ’ ολοκληρίαν εργαστήρια διερεύνησης είναι αυτήν την περίοδο πιθανώς ανέφικτα όχι μόνο στα σχολεία αλλά και στα πανεπιστήμια. Εντούτοις, οι Johnstone και Al-Shuaili (2001, σ. 49) υποστήριξαν την ιδέα ότι «ένας πυρήνας περιγραφικών εργαστηρίων με ουσιαστικά ένθετα τύπου διερεύνησης θα συμβάλουν αρκετά στην επίτευξη των επιθυμητών στόχων της εργαστηριακής εργασίας».

Εργαστηριακή διδασκαλία βασισμένη σε εργασίες τύπου πρότζεκτ

Οι περιορισμοί του συμβατικού περιγραφικού εργαστηρίου καθώς επίσης και οι δυσκολίες στην πραγματοποίηση των βασισμένων σε διερεύνηση δραστηριοτήτων μπορούν να ξεπεραστούν μέσω εργαστηριακής διδασκαλίας βασισμένης σε εργασίες τύπου πρότζεκτ. Αυτές δεν απαιτούν νέες διαδικασίες, αλλά απαιτούν από τους μαθητές να δοκιμάσουν ένα μοντέρνο πείραμα.

Οι Tsaparlis και Gorezi (2007) έχουν προτείνει την προσθήκη σε ένα συμβατικό εργαστήριο φυσικοχημείας ενός τμήματος βασισμένου σε πρότζεκτ. Χρησιμοποιήθηκαν πειράματα που ελήφθησαν από το περιοδικό *Journal of Chemical Education*. Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των πειραμάτων αυτών, οι φοιτητές ήταν αφοσιωμένοι, υπομονετικοί, και ενθουσιώδεις. Η εργασία με πρότζεκτ κρίθηκε ανώτερη για την ανάπτυξη ικανοτήτων επικοινωνίας των μαθητών (αναζήτηση και χρήση αγγλικής βιβλιογραφίας, δημόσια παρουσίαση, συνεργασίας, κ.λπ.) και ικανοτήτων σχετικών με την ψυχολογία της μάθησης. Τέλος, πολύ ελκυστική αποδείχτηκε η σύνδεση της χημείας με την καθημερινή ζωή και τις σύγχρονες εφαρμογές (όπως οι μπαταρίες λιθίου, τα σαπούνια εμπορίου και η διάβρωση των μετάλλων).

Προσεγγίσεις που βασίζονται στη σύνδεση της πρακτικής εργασίας με την καθημερινή ζωή

Οι προσεγγίσεις που βασίζονται στη σύνδεση της πρακτικής εργασίας με την καθημερινή ζωή (σύνδεση με το *συγκείμενο ή πλαισιοθετημένη μάθηση*) για τη διδασκαλία και τη μάθηση της χημείας, χρησιμοποιούν εφαρμογές ως αφετηρίες από τις οποίες αναπτύσσεται το θέμα. Η επιτυχία τους αποδίδεται, τουλάχιστον εν μέρει, στα υψηλά επίπεδα ενδιαφέροντος και κινήτρων των μαθητών, μαζί με την αντίληψη των μαθητών για τη σχετικότητα των θεμάτων για τη ζωή τους. Οι πειραματικές δραστηριότητες αποτελούν αναπόσπαστο τμήμα όλων των προγραμμάτων σπουδών χημείας συνδεδεμένων με τη ζωή.

Από τον Σεπτέμβριο του 1997, το *Journal of Chemical Education* (JCE) δημοσιεύει σε τακτική βάση τη στήλη «Δραστηριότητα στην τάξη» (Classroom Activity). Αυτές οι δραστηριότητες έχουν ως σκοπό να ασχοληθούν ενεργά οι μαθητές, ενώ τα θέματα που πραγματεύονται συνδέονται συνήθως με την καθημερινή ζωή και τις εφαρμογές (π.χ. όξινη βροχή, αφριστικά μπάνιου, οδοντόκρεμες, φιλτράρισμα του νερού, ανθοκυανίνες, αφανή

δακτυλικά αποτυπώματα, κ.λπ.). Οι Λιάπη και Τσαπαρλής (2007) χρησιμοποίησαν τρεις από αυτές τις δραστηριότητες (όξινη βροχή, αφριστικά μπάνιου, οδοντόκρεμες) από κοινού με δύο σχετικές εργαστηριακές δραστηριότητες από τον σχολικό εργαστηριακό οδηγό (μερικές ιδιότητες των οξέων/μερικές ιδιότητες των βάσεων) σε μια τάξη γυμνασίου στην Ελλάδα. Η αξιολόγηση των μαθητών παρουσίασε ένα πολύ θετικό συμπέρασμα υπέρ των δραστηριοτήτων του JCE: συνδέονται με τη ζωή και διαλαμβάνουν δημιουργικότητα από μέρους των μαθητών (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Ένα παράδειγμα από το πείραμα με την οδοντόκρεμα (αριστερά). Μία ενθουσιώδης μαθήτρια (δεξιά) παρουσιάζει στους μαθητές μιας άλλης ομάδας το αποτέλεσμα του πειράματός της με τα αφριστικά μπάνιου.

Πειράματα επίδειξης

Τα πειράματα επίδειξης δεν θεωρούνται τόσο αποτελεσματικά όσο η ενεργός εκτέλεση των πειραμάτων από τους μαθητές. Συχνά όμως συμβαίνει κατά τη διάρκεια της πειραματικής εργασίας, ζωτικής σημασίας παρατηρήσεις να κρύβονται από ισχυρά, αλλά λιγότερο σημαντικά ερεθίσματα. Σε τέτοιες περιπτώσεις, τα πειράματα επίδειξης, παρά η ατομική εργαστηριακή εργασία, μπορούν να αποτελέσουν την καλύτερη διαδικασία. Σε ένα πείραμα επίδειξης ο καθηγητής έχει τον έλεγχο και μπορεί να στρέψει την προσοχή στις πιο αξιοσημείωτες παρατηρήσεις (Johnstone & Al-Shualli 2000).

Τα αλληλεπιδραστικά πειράματα επίδειξης (interactive lecture demonstrations, (ILD) περιλαμβάνουν μια μαθητοκεντρική μέθοδο διδασκαλίας με κέντρο τον μαθητή, κατά την οποία οι μαθητές καλούνται να προβλέψουν την έκβαση ενός πειράματος, να παρατηρήσουν το

αποτέλεσμα, και να το σχολιάσουν σε σχέση με αυτό που είχαν προβλέψει (Zimrot & Ashkenazi 2007). Τα πειράματα επίδειξης σχεδιάζονται ώστε να κοντράρουν τις παρανοήσεις των μαθητών και να προωθούν την εννοιολογική αλλαγή μέσω της γνωστικής σύγκρουσης και της δυσaráσκείας για την υπάρχουσες αντιλήψεις.

Συνεργατική πρακτική εργασία των μαθητών

Ένα σημαντικό συμπέρασμα της έρευνας της διδακτικής των φ.ε. είναι ότι οι ενεργητικές μέθοδοι διδασκαλίας και μάθησης πρέπει να αντικαταστήσουν τις παραδοσιακές διδακτικές μεθόδους. Η ενεργητική μάθηση μπορεί να εφαρμοστεί από μαθητές που εργάζονται από μόνοι τους (υπό την παρατήρηση και την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού), αλλά αποτελεσματικότερα από τους μαθητές που συνεργάζονται σε μικρές ομάδες: τεσσάρων ή πέντε ατόμων, για να πραγματοποιήσουν μια ανατεθείσα κοινή εργασία / στόχο μάθησης). Σύμφωνα με τον Byers (2002, σελ. 32), «η συζήτηση ανάμεσα σε όμοιες ομάδες κατά τη διάρκεια των προεργαστηριακών και μεταεργαστηριακών περιόδων ενθαρρύνει τη βαθύτερη σκέψη για τα πειράματα προτού αυτά πραγματοποιηθούν και βαθύτερη σκέψη για τα αποτελέσματα σε σχέση με αυτή που υπάρχει συνήθως στις διαδικασίες που ακολουθούν συνταγή.»

Ένα κρίσιμο ζήτημα στη συνεργατική εργασία είναι η *δυναμική* μέσα στην ομάδα (Stamovlasis, Dimos, & Tsaparlis 2006). Κάθε άτομο που ασχολείται με τέτοια εργασία μπορεί να διαδραματίσει τρεις ρόλους: του *μαθητή*, του *μεσολαβητή* και του *καθοδηγητή*. Σημαντικός είναι επίσης ο μηχανισμός αλληλεπίδρασης που εστιάζει σε μια *συνεργατική αλληλεπίδραση* μεταξύ των ατόμων. Είναι λογικό να προταθεί ότι υπό ορισμένες συνθήκες (γνωστικές και συναισθηματικές), υπάρχει η πιθανότητα το αποτέλεσμα της ομαδικής εργασίας να μπορεί να ξεπεράσει τις ατομικές ικανότητες επειδή πραγματοποιείται γόνιμη διασταύρωση όταν αλληλεπιδρούν ισότιμα άτομα. Σε οποιαδήποτε περίπτωση, ο βαθμός στον οποίο η συνεργατική εργασία προωθεί την ατομική κατάκτηση και διατήρηση του διδασκόμενου υλικού εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως: οι ατομικές διαφορές των μελών της ομάδας, η φύση της εργασίας, η ίδια η διαδικασία και η προγενέστερη εκπαίδευση σε ομαδικές ικανότητες. Η άνιση συμβολή των μελών της ομάδας συνιστά ένα πολύ σοβαρό πρόβλημα της συνεργατικής εργασίας (Tsaparlis & Gorezi, 2007).

[Για ανασκοπήσεις εργασιών για τον ρόλο του πειράματος και του εργαστηρίου στη χημική εκπαίδευση βλ. Hofstein, (2004) και Tsaparlis (2009).]

3. Καινοτόμες Προσεγγίσεις στο Μάθημα της Χημείας

3.1. Ο διδακτικός μετασχηματισμός της γνώσης

Για να αναπτυχθεί ένα νέο πρόγραμμα σπουδών είναι απαραίτητα η αναθεώρηση της αντίληψης για τη φύση της γνώσης, η εμφάνιση μιας καινούριας θεωρίας μάθησης και νέες κοινωνικές απαιτήσεις που να επιβάλλουν στο εκπαιδευτικό σύστημα να τις θεσμοθετήσει. Η σύγχρονη εποχή επιβάλλει την ανάγκη για επιστημονικό και τεχνολογικό εγγραμματισμό και για ευρύτερη κατανόηση και χρήση της επιστημονικής γνώσης, έτσι ώστε να επιτευχθεί η σχέση επιστήμη–τεχνολογία–κοινωνία (Κόκκοτας & Βλάχος, Κολιόπουλος & Ραβάνης 2001, Κουλαϊδής 1994).

Εστιάζοντας στο γνωστικό αντικείμενο της χημείας, μια αποτελεσματική μέθοδος διδασκαλίας οφείλει να θέτει ως στόχους της διδασκαλίας να οικοδομήσουν οι μαθητές χημικές έννοιες και μεγέθη, να είναι σε θέση να χρησιμοποιήσουν εξωτερικές αναπαραστάσεις ως εργαλεία για την οικοδόμηση εσωτερικών αναπαραστάσεων και να επεξεργάζονται και να επιλύουν προβλήματα (όπου απαιτείται η γνώση και η εφαρμογή των εννοιών της χημείας, αλλά και της επεξεργασίας αριθμητικών δεδομένων) (Φαντάκη & Σιδερίδου 2008). Μετά τη διδασκαλία, ο μαθητής καλείται να επεξεργαστεί και να εφαρμόσει τη νέα γνώση.

Η επιστημονική γνώση διακρίνεται για τον υψηλό βαθμό αφάιρεσης διότι οι επιστημονικές έννοιες και θεωρίες εκφράζονται μέσω συμβολικών αναπαραστάσεων, όπως προκύπτει από επιστημονικές και παιδαγωγικές έρευνες. Γι' αυτό το λόγο είναι αδύνατη η αυτούσια εισαγωγή της στο σχολείο. Απαιτείται επομένως ο μετασχηματισμός της, ώστε να γίνεται κατανοητή από το μέσο μαθητή, χωρίς να υπάρχει ο κίνδυνος να δημιουργηθούν 'παρανοήσεις'. Ο μετασχηματισμός αυτός διαμορφώνει τη σχολική γνώση (όπως περιγράφεται από το πρόγραμμα σπουδών και τα σχολικά εγχειρίδια). Υπάρχει όμως και η διδακτέα γνώση, η οποία προκύπτει από τον εσωτερικό μετασχηματισμό της επιστημονικής γνώσης από τον διδάσκοντα και την προσαρμογή της στο περιβάλλον της τάξης ως σύνολο αλλά και στη γνωστική ανάπτυξη και εμπειρία και τη νοητική δυναμική του κάθε μαθητή.

Άλλωστε, η μάθηση είναι αναπόσπαστο κομμάτι μιας παραγωγικής πρακτικής στον κόσμο που ζούμε. Πρέπει λοιπόν να λαμβάνονται υπόψη και οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, τις οποίες αυτοί χρησιμοποιούν για να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα του κόσμου στον οποίο ζουν με έναν δικό τους λογικό τρόπο.

Τα ανωτέρω τρία γνωστικά πλαίσια (επιστημονική, σχολική, διδακτέα γνώση) συσχετίζονται και αλληλοεπηρεάζονται κατά πολλούς τρόπους. Συνδέονται μεταξύ τους μέσω της επιλογής του περιεχομένου που πρόκειται να διδαχτεί (πρόγραμμα σπουδών) και του χειρισμού των ιδεών των μαθητών σε σχέση με τους στόχους της διδακτικής παρέμβασης, τις υιοθετούμενες διδακτικές στρατηγικές και τις επιλογές διαδικασιών μάθησης. Έτσι, λοιπόν, ο διδακτικός μετασχηματισμός της γνώσης είναι καθοριστικός για τη μάθηση και τη διδασκαλία, και γι αυτό βρίσκεται στο επίκεντρο των σύγχρονων ερευνών στον τομέα της διδακτικής των φ.ε.

3.2. Διδακτικές προσεγγίσεις

Οι Gilbert, Osborn & Fensham (1982) υποστηρίζουν ότι οι εναλλακτικές ιδέες των παιδιών δεν θα πρέπει να θεωρηθούν λανθασμένες απόψεις, καθώς είναι νοητικές κατασκευές με τις οποίες τα παιδιά προσπαθούν να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα με τον δικό τους λογικό τρόπο. Σύμφωνα με την άποψη αυτή, οι ιδέες των παιδιών αποτελούν αυτοδύναμα σχήματα που έχουν ιδιαίτερη παιδαγωγική αξία, παρόλο που διαφέρουν από το επιστημονικό μοντέλο. Έχει βέβαια παρατηρηθεί ότι αυτή η προϋπάρχουσα γνώση εμποδίζει την εκμάθηση των φυσικών εννοιών. Επιπλέον, οι έρευνες της γνωστικής ψυχολογίας τονίζουν ότι ο μαθητής μαθαίνει σύμφωνα με αυτά που ήδη γνωρίζει. Αυτό σημαίνει ότι οι υπάρχουσες γνωστικές δομές των μαθητών παίζουν καθοριστικό ρόλο στην κατάκτηση νέας γνώσης. Συνεπώς, οι μαθητές πρέπει να διδαχθούν πώς να επεξεργάζονται (να ελέγχουν, να συγκρίνουν, να αναλύουν κ.λπ.) τη νέα πληροφορία, πώς να την εντάσσουν στις υπάρχουσες νοητικές δομές ή πώς να τροποποιούν αυτές τις δομές, όταν αυτό είναι αναγκαίο. Πρέπει, λοιπόν, να μάθουν πώς να μαθαίνουν και αυτός είναι και ο κύριος στόχος κάθε διδακτικής προσέγγισης και υιοθέτησης του όποιου μοντέλου διδασκαλίας.

Τα αποτελέσματα εφαρμογής μιας δομημένης διδασκαλίας ή ενός γνωστικά και παιδαγωγικά πλαισιωμένου μοντέλου διδασκαλίας μπορεί να είναι άμεσα ή έμμεσα (Lave & Wenger 1990) Τα άμεσα αποτελέσματα αποτελούν συνειδητή επιδίωξη της εφαρμογής του

μοντέλου, ενώ τα έμμεσα πηγάζουν από τις εμπειρίες των διδασκομένων με τη συμμετοχή τους στο συγκεκριμένο μαθησιακό περιβάλλον, ανθρώπινο ή φυσικό. Είναι αυτονόητο ότι ανάλογα με τους στόχους της διδασκαλίας υιοθετείται και διαφορετική διδακτική προσέγγιση (μοντέλο διδασκαλίας), που μορφοποιείται από ποικίλες μεταβλητές της διδακτικής και μαθησιακής διαδικασίας στη διδασκαλία των φ.ε. Ενδεικτικά αναφέρονται οι πλέον σημαντικές μεταβλητές που έχουν να κάνουν με το έμφυχο δυναμικό της τάξης (εκπαιδευτικός- μαθητές), το κλίμα που δημιουργείται στη σχολική τάξη, τις σχέσεις διδάσκοντα και μαθητών και τους ρόλους που αναλαμβάνουν, αλλά και το είδος των συμπεριφορών που υιοθετούνται, τις μαθησιακές αρχές που υποστηρίζουν το μοντέλο και τις αρχές που διέπουν το χειρισμό των μαθητών από το διδάσκοντα, το σύστημα υποστήριξης και εφαρμογής του μοντέλου (ποιες επιπρόσθετες προϋποθέσεις πρέπει να συντρέχουν για την υιοθέτησή του, εκτός της συνηθισμένης ανθρώπινης και υλικοτεχνικής υποδομής)

Σημαντικό στη διαδικασία της μάθησης, θεωρείται και το πλούσιο σε ερεθίσματα διευρυμένο περιβάλλον, οι δραστηριότητες, ο χώρος και κυρίως το κλίμα και η επικοινωνία που αναπτύσσονται στη τάξη. Οι παιδαγωγικές και διδακτικές πρακτικές κινητροδοτούν τους μαθητές μόνο όταν απομακρυνόμαστε διαρκώς από τη μάθηση διεκπεραίωσης προς τη μετουσίωση της γνώσης για το νέο, το σημαντικό για το μέλλον. Το σύγχρονο παιδαγωγικό αίτημα θεωρεί ότι είναι «κεντρική» υποχρέωση του εκπαιδευτικού, να προάγει τις ενεργητικές δυνάμεις του μαθητή και να προσφέρει μεθόδους ενεργητικής μάθησης. *Οδηγούμαστε λοιπόν σε εκπαιδευτικά πρότυπα που επιβάλλουν την προσωπική διερεύνηση και την ενεργό συμμετοχή των διδασκομένων και όχι τη διαδικασία απομνημόνευσης με μόνο στόχο την αξιολόγηση. Ο ρόλος δε του εκπαιδευτικού είναι του συνεργάτη δάσκαλου, διακριτός μεν, αλλά ίσης βαρύτητας στη διαδικασία της ανατροφοδότησης - συνεργάτης στις διαδικασίες της μάθησης και διακριτός λόγω αυξημένης δραστηριοποίησης στην ενεργοποίηση του μαθητή, στην προώθηση της συνεργατικής μάθησης, στην ενίσχυση και ανάπτυξη δεξιοτήτων, στην ενθάρρυνση της κριτικής σκέψης, της διερευνητικής ικανότητας και της συλλογικής δράσης.*

Η εφαρμογή μεθόδων διδασκαλίας που είναι επικεντρωμένες στους μαθητές όπως η ομαδοσυνεργατική μάθηση, η εξατομικευμένη διδασκαλία, η μέθοδος πρότζεκτ και η βιωματική μάθηση, εμφανίζονται αποτελεσματικές για την ένταξη και την γνωστική εξέλιξη όλων των μαθητών, μιας και μελέτες περιπτώσεων αναδεικνύουν ότι παράλληλα με την καλλιέργεια

δεξιοτήτων και την απόκτηση γνώσεων, καλλιεργούνται οι πνευματικές ικανότητες και δίνεται έμφαση σε διαδικασίες που προάγουν την κριτική και τη δημιουργική σκέψη.

Στη διδασκαλία των φ.ε. και ιδιαίτερα της χημείας λόγω του πλέον «άγνωστου και μυστηρίου» χαρακτήρα της, και της «κωδικοποιημένης γλώσσας» της, απαιτούνται μαθησιακές διαδικασίες που στηρίζονται στη διερευνητική μέθοδο διδασκαλίας, με καθοριστικά τα στοιχεία της συμμετοχικότητας. Επίσης ο σχεδιασμός και η υλοποίηση διδασκαλιών με θέματα της καθημερινής ζωής (π.χ. έδαφος νερό, αέρας, κ.λπ.) με τη βιωματική διδασκαλία στηρίζεται στο στοιχείο της αυθεντικότητας, το οποίο συμβάλλει αποτελεσματικά αφενός στην κατανόηση των εννοιών και την αποκωδικοποίηση των συμβόλων που ούτως ή άλλως καλούνται οι μαθητές να μάθουν και αφετέρου στον ανασχηματισμό των τυποποιημένων διαδικασιών της μετάδοσης και αφομοίωσης της γνώσης στο σχολείο σε προσεγγίσεις που προκαλούν το ενδιαφέρον εκπαιδευτικών και μαθητών.

Η διδακτική προσέγγιση σε θέματα κοινωνικού χαρακτήρα (ρύπανση, φάρμακα, απορρυπαντικά κ.λπ.) με οργάνωση του μαθήματος σε ομαδοσυνεργατική διδασκαλία, αλλά και σε διδασκαλία που στηρίζεται στην εργασία των πυρηνικών ομάδων μαθητών, προάγει και αναδεικνύει συνεργατικές πρακτικές και διασφαλίζει τόσο την ένταξη όλων των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία, όσο και την ατομική ανάπτυξη και εξέλιξη τους. Επιπρόσθετα, η ομαδοσυνεργατική διδασκαλία υποστηρίζει την εσωτερική διαφοροποίηση του μαθήματος, έτσι ώστε να ανταποκρίνεται στις ιδιαίτερες ανάγκες των μαθητών. Ταυτόχρονα η συνεργατική διδασκαλία διδασκόντων στις διάφορες ομάδες εργασίας δημιουργεί αντικειμενικές προϋποθέσεις για διεπιστημονικές προσεγγίσεις της διδακτικής ενότητας, ενώ σε επίπεδο εργαστηριακών ασκήσεων εξυπηρετεί την παρακολούθηση και τον έλεγχο όσον αφορά στην ανάπτυξη δεξιοτήτων των μαθητών αλλά και της ασφάλειας τους στον χώρο του εργαστηρίου. Στο πλαίσιο αυτό οι μαθητές: κινητροδοτούν ο ένας τον άλλο και φτάνουν σε υψηλότερα επίπεδα κατανόησης εννοιών και διαδικασιών, προσεγγίζουν διαθεματικά τη γνώση, μέσα από θέματα της χημείας που αφορούν την καθημερινή ζωή ή/και στην εξέλιξη της επιστήμης και σχετίζονται με διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα,. Επίσης μαθαίνουν μέσω της πράξης (learning by doing) και αποκτούν τεχνικές δεξιότητες διαχείριση οργάνων, συσκευών και βιωματικών καταστάσεων εξερεύνησης κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, ανακαλύπτουν και αναδεικνύουν τις κλίσεις και τις ιδιαίτερες προτιμήσεις τους.

3.3. Η μέθοδος πρότζεκτ

Μια σφαιρική διδακτική προσέγγιση, η οποία μπορεί να αποτελέσει πλαίσιο υλοποίησης και διεύρυνσης της μαθησιακής διαδικασίας, σχετίζεται με την ανάθεση στους μαθητές *συνθετικών εργασιών τύπου πρότζεκτ* που βασίζονται στη *μάθηση με σχέδια εργασίας και στην διερεύνηση πληροφορίας και δεδομένων* (Βαϊνά 1996, Κουλαϊδής κ.ά. 2001). Συνιστά μια ομαδική διαδικασία μάθησης, όπου συμμετέχει ενεργά, ρυθμιστικά και αποφασιστικά όλη η ομάδα (Frey 1980, σ. 9). Ως δυναμική μέθοδος που εξαρτάται άμεσα από τις επιλογές των συμμετεχόντων δεν μπορεί να έχει σταθερά και συγκεκριμένα όρια και δομή. Εξ ορισμού η συγκεκριμένη μέθοδος αναφέρεται στο αντικείμενο-θέμα μελέτης, αλλά και στον τρόπο διερεύνησής του (στο *τι και το πώς*). Πρόκειται για ένα μοντέλο διδασκαλίας στην οποία συμμετέχουν ισότιμα δάσκαλοι και μαθητές. Ο ρόλος του δασκάλου δεν είναι ο κεντρικός, αλλά καθοδηγητικός-συμβουλευτικός, με παρεμβάσεις που γίνονται μόνον όταν το ζητούν οι μαθητές. Το κέντρο βάρους στον τρόπο αυτό μετατίθεται από το δάσκαλο στους μαθητές, από την ατομική στη συλλογική μορφή εργασίας. Είναι μια ανοικτή διαδικασία μάθησης, που τα όρια και οι διαδικασίες της δεν είναι αυστηρά καθορισμένα.

Η μέθοδος πρότζεκτ, ως σύγχρονη παιδαγωγική μετατόπιση της εκπαιδευτικής διαδικασίας από τη μετωπική διδασκαλία, με «πομπό» της γνώσης τον εκπαιδευτικό, προς την κατεύθυνση της ανάπτυξης δημιουργικών δραστηριοτήτων από τους μαθητές, βρίσκει πρόσφορο έδαφος με την καθιέρωση των συνθετικών εργασιών στο πλαίσιο των μαθημάτων της χημείας. Οι συνθετικές εργασίες είναι μαθητοκεντρικές δραστηριότητες που σκοπό έχουν να βοηθήσουν τους μαθητές να συνδυάσουν γνώσεις ήδη αποκτημένες, να ανατρέξουν σε πηγές για την οικοδόμηση νέων γνώσεων και να συνθέσουν αυτές τις γνώσεις δημιουργικά με το δικό τους προσωπικό τρόπο. Σκοπός των συνθετικών εργασιών είναι:

- η ανάπτυξη συνθετικής και δημιουργικής ικανότητας,
- η ανάπτυξη της συνθετικής σκέψης,
- η καλλιέργεια πνεύματος αναζήτησης και έρευνας,
- η προώθηση ειδικών κλίσεων και ενδιαφερόντων,
- ο εθισμός στη συστηματική και υπεύθυνη εργασία,
- η ανάπτυξη της ικανότητας του μαθητή να μαθαίνει μόνος του.

Η μεθοδολογική αυτή προσέγγιση συνεπάγεται και τη διαφοροποίηση του ρόλου του καθηγητή στη διδακτική πράξη. Ο εκπαιδευτικός, από «πηγή γνώσης», αναλαμβάνει το ρόλο του συμβούλου, του καθοδηγητή, και του εμπνευστή της προσπάθειας των μαθητών για σύνθεση και δημιουργία. Στο πλαίσιο αυτό, η αίθουσα διδασκαλίας και το εργαστήριο της χημείας πρέπει να αποτελέσει για το μαθητή χώρο ενεργητικής μάθησης, μελέτης, και συνεργασίας με τους άλλους συμμαθητές του και τον εκπαιδευτικό. Αφόρμηση μπορεί να είναι οτιδήποτε κείμενο, άρθρο, φωτογραφία, τηλεοπτική είδηση, γεγονός, διάλογος, τυχαίο περιστατικό κ.λπ., ή εκδήλωση ενδιαφέροντος για κάποια ανεξήγητα φαινόμενα ή μια θεωρία.

Η επιλογή και ανάλυση του θέματος γίνεται μέσα από την καταγραφή και κατηγοριοποίηση των ερωτημάτων που θέτουν τα παιδιά ή/και τη συστηματική παρατήρηση των φαινομένων και την καταγραφή των χαρακτηριστικών τους, καθώς και την ταξινόμηση και την αξιολόγηση των καταγραφών. Οι μαθητές διατυπώνουν ελεύθερα όλα τα ερωτήματα που θα ήθελαν να απαντηθούν γύρω από το θέμα και καταλήγουν στον προσδιορισμό του θέματος και των ορίων του. Ο καθορισμός των στόχων και του τελικού προϊόντος από τα παιδιά και τον εκπαιδευτικό συνοδεύονται από τη διατύπωση υποθέσεων και μοντέλων (διδασκαλία των νέων γνώσεων για προετοιμασία των νέων ερευνητών στο συγκεκριμένο αντικείμενο) και τη μεθοδολογία που θα ακολουθηθεί (ιεράρχηση στόχων, ενέργειες, χρονοδιάγραμμα, επισκέψεις, επαφές, καθορισμός ομάδων εργασίας - κριτήρια: ενδιαφέροντα, γειννίαση, καλή επικοινωνία, ποικιλία σύνθεσης, κυλιόμενοι ρόλοι κ.λπ.) , κατανομή εργασιών.

Στο ξεκίνημα ενός πρότζεκτ είναι σημαντικό ο καθηγητής να χωρίσει τους μαθητές σε μικρές ανομοιογενείς ομάδες, να ζητήσει από τους μαθητές να του προτείνουν θέματα εργασίας και ταυτόχρονα να προτείνει και ο ίδιος κάποια θέματα που θεωρεί σημαντικά και κατάλληλα για εργασία των μαθητών. Μετά την επιλογή του θέματος, σε συζήτηση με τους μαθητές που αναλαμβάνουν το κάθε θέμα, περιορίζουν την εργασία σε συγκεκριμένες περιοχές του θέματος και ορίζουν τους στόχους και το σκοπό της εργασίας. Ακολούθως, ορίζουν τα καθήκοντα του κάθε μαθητή-μέλους της ομάδας, δηλαδή τους στόχους που καλείται να επιτύχει έτσι ώστε να είναι εμφανής η εργασία που ο κάθε μαθητής έχει εκτελέσει και να είναι δυνατή η ατομική του αξιολόγηση. Σημαντικό στην πορεία ενός πρότζεκτ είναι να παρεμβάλλονται διαλείμματα ενημέρωσης και ανατροφοδότησης. Έτσι το θέμα της σύνταξης χρονοδιαγράμματος είναι ιδιαίτερα σημαντικό, όπου βέβαια διατυπώνονται σαφώς οι στόχοι και οι επιμέρους δράσεις,

μέσα στα αποφασισμένα χρονικά διαστήματα. Ο καθηγητής ελέγχει την εξέλιξη της εργασίας και συνεργάζεται με τους μαθητές, παρεμβαίνοντας συμβουλευτικά για τη μεθοδολογία προσέγγισης, για την επίτευξη των στόχων της εργασίας και την ολοκλήρωσή της. Εξέχουσα θέση για τις συνθετικές εργασίες στη χημεία έχει η ενσωμάτωση της εργαστηριακής διερεύνησης - πείραμα για την άντληση πρωτογενών δεδομένων – πειραματικά αποτελέσματα, καθώς και την καταγραφή παρατήρησης της εξέλιξης φαινομένων. Σημαντική θεωρείται επίσης η συνεργασία με εξωσχολικούς φορείς σχετικούς με το θέμα της διερεύνησης (διαφόρους ομίλους στους οποίους ανακοινώνονται τα υλοποιούμενα πρότζεκτ) καθώς και η ενημέρωση των γονέων των μαθητών εφόσον κρίνεται αναγκαίο. Μετά την ολοκλήρωση της εργασίας, η ομάδα αναλαμβάνει να κοινοποιήσει τα αποτελέσματά της στους συμμαθητές και ακολουθεί συζήτηση μεταξύ όλων των μαθητών της τάξης για την αξιολόγηση της εργασίας που παρουσιάστηκε.

Αναλυτικότερα, στη μέθοδο πρότζεκτ οι διαδικασίες μπορεί να ταξινομηθούν σε τέσσερα βασικά στάδια: *α. προβληματισμός, β. προγραμματισμός των διδακτικών δραστηριοτήτων, γ. διεξαγωγή των δραστηριοτήτων, δ. αξιολόγηση.*

Το στάδιο του «προβληματισμού» περιλαμβάνει *την επιλογή, την ευαισθητοποίηση και τη διερεύνηση του θέματος.* Στοχεύει στη δημιουργία ενός κλίματος προβληματισμού και αναζήτησης, που θα οδηγήσει ομαλά στην ερευνητική διαδικασία. Η *επιλογή* του θέματος γίνεται ύστερα από ουσιαστικό διάλογο, ανάμεσα σε όλα τα μέλη της ομάδας εργασίας. Το αρχικό ερέθισμα μπορεί να προέκυψε μέσα από κάποιο αντικείμενο του αναλυτικού προγράμματος ή μετά από συζήτηση για κάποιο επίκαιρο θέμα που σχετίζεται με κάποια διδακτική ενότητα, τοπικό ή ευρύτερο ή από την ανάγνωση κάποιου άρθρου εφημερίδας ή περιοδικού, που ο εκπαιδευτικός ή οι μαθητές έφεραν στην τάξη. Ο εκπαιδευτικός στη φάση αυτή προκαλεί ερεθίσματα, συμμετέχει ισότιμα στην ανταλλαγή απόψεων και, όταν του ζητηθεί, βοηθά τους μαθητές να καταλήξουν στην επιλογή τους.

Αφού επιλεγεί ένα συγκεκριμένο θέμα, ο εκπαιδευτικός φροντίζει για την ευρύτερη *ευαισθητοποίηση* των μαθητών πάνω στο θέμα αυτό. Εδώ μπορεί να χρησιμοποιήσει τόσο έντυπο (άρθρα, φυλλάδια, βιβλία, αφίσες, κάρτες, φωτογραφίες κ.ά.) όσο και οπτικοακουστικό υλικό (σλάιντς, βιντοταινίες, κασέτες ήχου κ.λπ.). Στοχεύει μέσα από τον ουσιαστικό διάλογο στη δημιουργία ερωτημάτων και ενδιαφέροντος σε όλα τα μέλη της ομάδας. Όσο καλύτερη είναι η ευαισθητοποίηση, τόσο αποτελεσματικότερη θα είναι η έρευνα που θα ακολουθήσει.

Η *διερεύνηση* του θέματος μπορεί να γίνει με πολλούς τρόπους. Ένας από τους συνηθέστερους είναι η μέθοδος του καταιγισμού ιδεών. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή, όλα τα μέλη της ομάδας εργασίας εκφράζουν ελεύθερα οποιαδήποτε λέξη, φράση ή θεματική ενότητα τους έρχεται στο μυαλό, σχετικά με το επιλεγέν θέμα. Γράφονται όλες οι απόψεις χωρίς κανένα σχολιασμό ή αξιολόγηση. Αφού τελειώσει η διαδικασία αυτή, γίνεται λογική κατηγοριοποίηση-ταξινόμηση των ιδεών και ακολουθεί συζήτηση για κάθε κατηγορία. Στη συζήτηση αυτή, οι μαθητές εκφράζουν τις γνώσεις και τις εμπειρίες τους, αποφασίζουν ποιες από τις κατηγορίες τους ενδιαφέρουν περισσότερο και αποφασίζουν πώς θα ήθελαν να τις ερευνήσουν.

Αφού έχει γίνει η επιλογή του θέματος, η ευαισθητοποίηση, η αρχική διερεύνηση και ο εντοπισμός των ενοτήτων που ενδιαφέρουν, η ομάδα εργασίας προχωρεί στο επόμενο στάδιο, που είναι ο *προγραμματισμός των διδακτικών δραστηριοτήτων*. Στο στάδιο αυτό αποφασίζεται με τι ακριβώς θα ασχοληθούν τα μέλη της ομάδας, είτε ατομικά, είτε χωρισμένα σε μικρότερες ομάδες, ποια μεθοδολογία θα χρησιμοποιήσουν, τι δραστηριότητες θα υλοποιήσουν, ποιους εξωσχολικούς χώρους θα επισκεφτούν, με ποιους ειδικούς θα επικοινωνήσουν κ.λπ. Όπως και στο προηγούμενο στάδιο, έτσι και σε αυτό ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι καθοριστικός. Αυτός θα βρει ενδεχομένως, κάτι σχετικό με το θέμα, θα βοηθήσει, θα παραπέμψει, θα συμπαρασταθεί, υπακούοντας στο μοντεσοριανό «βοήθα με όσο σε χρειάζομαι».

Στο στάδιο της *διεξαγωγής των δραστηριοτήτων* η ομάδα εργασίας υλοποιεί τις προγραμματισμένες από το προηγούμενο στάδιο δραστηριότητες. Καταρχάς γίνεται η συλλογή των πληροφοριών (έρευνα σε βιβλιοθήκη, έρευνα πεδίου, συνεντεύξεις με κατοίκους, εργαζομένους, ειδικούς, προετοιμασία και συμπλήρωση ερωτηματολογίου, διεξαγωγή εργαστηριακών πειραμάτων, κ.λπ. Οι μαθητές δουλεύουν ατομικά, σε μικρές ομάδες ή σε ορισμένες περιπτώσεις, όλοι μαζί, ανάλογα με το πώς έχει προγραμματιστεί. Ο εκπαιδευτικός είναι κοντά τους για να λύσει τυχόν απορίες, να ενθαρρύνει, να βοηθήσει να ξεπεραστούν προβλήματα που θα οδηγούσαν σε χάσιμο του ενδιαφέροντος και απογοήτευση. Ιδιαίτερη συνεισφορά τόσο στην αναζήτηση πληροφοριών όσο και στην επεξεργασία δεδομένων και την παρουσίαση συνιστά η ενσωμάτωση των νέων τεχνολογιών στα εργαλεία που χρησιμοποιούν οι μαθητές, με την υπογράμμιση των δυνατοτήτων που προσφέρονται μέσα από τη χρήση τους, αλλά και με την επισήμανση των περιορισμών που συνοδεύουν αυτή τη χρήση.

Η φάση της *συλλογής πληροφορίας*, εκτός του ότι είναι ιδιαίτερα σημαντική στην όλη εξέλιξη του πρότζεκτ, συνήθως είναι αυτή που χρειάζεται και τον περισσότερο χρόνο. Είναι χρήσιμο στη διάρκεια της φάσης αυτής να γίνονται, όποτε θεωρηθεί απαραίτητο, διαλείμματα ενημέρωσης και ανατροφοδότησης. Στα διαλείμματα ενημέρωσης τα μέλη της ομάδας εργασίας διακόπτουν τις δραστηριότητές τους, για μικρό ή μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και συγκεντρώνονται όλα μαζί με σκοπό να αλληλοενημερωθούν για την εξέλιξη της έρευνας και να ανταλλάξουν γνώμες για τις επόμενες δραστηριότητες. Στα διαλείμματα αυτά, οι μικρότερες ομάδες παρουσιάζουν γραπτώς ή προφορικώς τα στοιχεία που συνέλεξαν μέχρι τώρα, ακούν τις παρατηρήσεις και τα σχόλια των υπόλοιπων ομάδων και αποφασίζουν για τη συνέχεια της έρευνας στον τομέα που ανέλαβαν. Στα διαλείμματα *ενημέρωσης* και *ανατροφοδότησης* συζητούνται ακόμα η καλή ή μη συνεργασία ανάμεσα στα μέλη των ομάδων, εξομαλύνονται προβλήματα διαπροσωπικών σχέσεων, συζητούνται πιθανές αλλαγές στη σύνθεση των ομάδων. Ένας από τους σκοπούς της μεθόδου είναι να μάθει τους μαθητές να συνεργάζονται, να επικοινωνούν, να δουλεύουν ομαδικά. Για το λόγο αυτό δεν παραμερίζει τα προβλήματα διαπροσωπικών σχέσεων, θεωρώντας τα απλώς ως παράγοντα που ενοχλεί τη διεξαγωγή της έρευνας, αλλά αντίθετα τα φέρνει στην επιφάνεια, τα επεξεργάζεται και προσπαθεί να τα εξουδετερώσει.

Αφού ολοκληρωθεί η συλλογή των πληροφοριών από τις διάφορες ομάδες, ακολουθεί η φάση της *σύνθεσης* και της *επεξεργασίας*. Οι καταγεγραμμένες πληροφορίες ανακοινώνονται συνολικά προς όλους, συζητιούνται, συγκρίνονται, αξιολογούνται. Καταγράφονται ιδιαιτέρως τα σημαντικότερα στοιχεία, γίνονται σχεδιαγράμματα, συμπληρώνονται, και όλα αυτά, μαζί με το αρχικό υλικό της ευαισθητοποίησης, αλλά και ό,τι άλλο υλικό έχουν συλλέξει ή δημιουργήσει οι ομάδες κατά τη διάρκεια της συλλογής πληροφοριών, αποτελούν έναν εξαιρετικό οδηγό της εξέλιξης του προγράμματος. Το υλικό αυτό μπορεί να εκτεθεί σε έναν ειδικά διαμορφωμένο χώρο του σχολείου ή της κοινότητας και να αποτελεί ερέθισμα για σκέψη και δράση και άλλων μαθητών, εκπαιδευτικών, γονιών, κατοίκων. Με τον τρόπο αυτό το πρότζεκτ που υλοποιήθηκε ξεφεύγει από τους τέσσερις τοίχους της σχολικής αίθουσας και γίνεται δρόμος κοινωνικής παρέμβασης, συνδέοντας το σχολείο με την κοινωνία και τη ζωή.

Όσον αφορά το στάδιο της *αξιολόγησης*, στη μέθοδο πρότζεκτ αξιολόγηση σημαίνει από κοινού εκτίμηση της δουλειάς, συνολική από όλα τα μέλη της ομάδας εργασίας συζήτηση για το

κατά πόσο επιτεύχθηκαν οι αρχικοί στόχοι, πώς κύλησε η όλη διαδικασία, ποια ήταν τα αποτελέσματα. Ακόμη, στη μέθοδο πρότζεκτ αξιολόγηση σημαίνει εκτίμηση της εμπειρίας ατομικά και ομαδικά, εντοπισμός των λαθών και των προβλημάτων που υπήρξαν, αλλά και υπενθύμιση όλου του πλούσιου γνωστικού και βιωματικού υλικού που κατακτήθηκε. Μια τέτοιου τύπου αξιολόγηση περιέχει τόσο ετεροαξιολόγηση, όσο και αυτοαξιολόγηση, εκφράζεται θετικά και όχι αρνητικά, και στοχεύει στην πρόοδο και βελτίωση της εργασίας και όχι στην κατάκριση του ατόμου. Σύμφωνα με τον Frey (1980), τόσο η ποιότητα των ενεργειών, όσο και η συλλογική προσπάθεια έχουν ιδιαίτερη παιδαγωγική αξία η οποία καθορίζει την επιτυχία ενός προγράμματος, έστω και αν το τελικό αποτέλεσμα δεν ανταποκρίνεται πλήρως στους στόχους. Τελικά στην αξιολόγηση του πρότζεκτ, αυτό που κυρίως μας ενδιαφέρει είναι το κατά πόσο οι γνώσεις και οι εμπειρίες που αποκτήθηκαν διαμόρφωσαν καινούργιες αξίες και συμπεριφορές που άλλαξαν παλιότερες αρνητικές στάσεις μαθητών και εκπαιδευτικών. Οι αλλαγές αυτές αποτελούν και την ουσία της πραγματικής μάθησης.

Εφόσον το πρότζεκτ εντάσσεται στο πλαίσιο των μαθημάτων, και λαμβάνοντας υπ' όψιν την εμπειρία των μαθητών σε ανάλογες διδακτικές διαδικασίες, η αξιολόγηση των μαθητών γίνεται με διαφορετικά και πιο διευρυμένα κριτήρια, όπως: η ενεργός συμμετοχή, η επιτυχημένη εκτέλεση και εκπλήρωση των στόχων, η ικανότητα επίλυσης προβλημάτων και η ανάληψη πρωτοβουλιών, η ανάπτυξη κοινωνικών δεξιοτήτων (διάλογος, επικοινωνία, συλλογικότητα, διαχείριση συγκρούσεων κ.λπ.), η προσωπική δημιουργική έκφραση και ένταξη του επιμέρους στο όλο, η μετασχηματιστική μάθηση και η αλλαγή στάσεων, η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων του πρότζεκτ από τους ίδιους τους μαθητές. Σε κάθε περίπτωση όμως η αξιολόγηση των μαθητών από τον εκπαιδευτικό πρέπει να έχει κυρίως ανατροφοδοτικό χαρακτήρα, ώστε και να επιβραβευτεί η προσπάθεια των μαθητών αλλά και να υποστηριχθούν ως προς τα αδύνατα σημεία τους. Άλλωστε, ανάμεσα στις σύγχρονες εναλλακτικές μεθόδους αξιολόγησης του μαθητή που ευνοείται από τη διδασκαλία με τη μέθοδο πρότζεκτ, είναι αυτή της βαθμιαίας ανάπτυξης Φακέλου του Μαθήματος από τον κάθε μαθητή (portfolio).

Η παιδαγωγική αξία της εισαγωγής των συνθετικών εργασιών στην μαθησιακή διαδικασία βρίσκεται στο γεγονός ότι οι μαθητές *αναπτύσσουν δεξιότητες υψηλού επιπέδου*, όπως ανάπτυξη κινήτρων για ενεργοποίηση και μάθηση, ανάλυση των ζητούμενων και των απαιτήσεων, σύνθεση των επιμέρους στοιχείων σε ένα ενιαίο όλον, διατύπωση και τεκμηρίωση της

προσωπικής άποψης και ανάπτυξη επιχειρηματολογίας, αποδοχή της δημιουργικής κριτικής από τους συμμαθητές και τον/την εκπαιδευτικό.

3.4. Το Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα PARSEL

Το ευρωπαϊκό πρόγραμμα PARSEL έχει ένα διδακτικό/μαθησιακό υλικό για όλη την Ευρώπη και όχι μόνο. Τα αρκτικόλεκτο PARSEL προέρχεται από τον αναλυτικό τίτλο Popularity And Relevance of Science Education for scientific Literacy, που σε ελεύθερη μετάφραση σημαίνει: *Επιστημονικός Εγγραμματισμός μέσω δημοφιλών και σχετικών με τη ζωή Μαθημάτων Φυσικών Επιστημών.*

Στο πρόγραμμα PARSEL συνεργάστηκαν έξι πανεπιστήμια, δύο ερευνητικά ινστιτούτα και ένας διεθνής οργανισμός από οκτώ ευρωπαϊκές χώρες. Η διεύθυνση του ιστοτόπου του PARSEL είναι: <http://www.parsel.uni-kiel.de/cms/>. Ένας αριθμός μαθημάτων έχουν μεταφραστεί και στα Ελληνικά: <http://www.parsel.uni-kiel.de/cms/index.php?id=126/>

Τα μαθήματα-ενότητες (modules) καλύπτουν ένα ευρύτατο φάσμα των φ.ε. (φυσικής, χημείας, βιολογίας-βιοχημείας, γεωγραφίας και αστρονομίας) και χαρακτηρίζονται από σύνδεση με τη ζωή και το περιβάλλον και από διεπιστημονικότητα. Παραδείγματα μαθημάτων είναι τα παρακάτω (με σύντομη περιγραφή και αναφορά της επικρατούσας φυσικής επιστήμης) :

- *Με εξαπατούν στην αγορά;* (αναφέρεται στους ζυγούς και στην ακρίβειά τους) (φυσική)
- *2. Δεν πειράζει να οδηγούμε με 60 χλμ/ώρα σε μια κατοικημένη περιοχή αντί με 50 χλμ/ώρα ή μήπως πειράζει;* (φυσική)
- *Το αέριο που «πίνουμε» – Το διοξείδιο του άνθρακα σε ανθρακούχα αναψυκτικά* (χημεία και φυσική)
- *Πώς να θερμάνω το σπίτι μου;* (φυσική)
- *Πόσο ευτυχισμένος είσαστε εσύ και η οικογένειά σου με τον λογαριασμό του ηλεκτρικού;* (φυσική)
- *Πώς μπορώ να σχεδιάσω ένα κινητό τηλέφωνο που να είναι ασφαλές στη χρήση;* (φυσική / υγεία)
- *Θα έρχινες ποτέ μια πυρηνική βόμβα;* (φυσική)
- *Σχεδιάζοντας ένα διαστημόπλοιο για ταξίδι στον Άρη* (αστρονομία, περιβάλλον)

- Ένα μεγάλο πρόβλημα για τον Μαγκελάνο: η συντήρηση των τροφίμων (γεωλογία, βιολογία, χημεία τροφίμων)
- Αλάτι – Το ωραίο, το κακό και το νόστιμο (χημεία, γεωλογία, υγεία)
- Καλλιέργεια φυτών – Παίξει ρόλο το χώμα (χημεία / οξέα και βάσεις / γεωπονία).
- Γάλα – Διατηρείτε το στο ψυγείο (χημεία, χημεία τροφίμων, υγιεινή).
- Συζητώντας και αποφασίζοντας για τη γενετική μηχανική (βιολογία)

4. Αξιολόγηση του Μαθητή στο Μάθημα της Χημείας

4.1. Γενικά

Η αξιολόγηση, τόσο του διδακτικού έργου, όσο και του μαθητή αποτελούν αναπόσπαστη συνιστώσα της μαθησιακής διαδικασίας. Στα Προγράμματα Σπουδών (ΠΣ) μπαίνει ένα πλήθος διδακτικών στόχων - γνωστικών, συναισθηματικών και ψυχοκινητικών - τους οποίους οφείλουν να επιτύχουν οι εκπαιδευτικοί με τη διδασκαλία τους και στη συνέχεια, με την αξιολόγηση, να ελέγξουν σε ποιο βαθμό τους πέτυχαν. Είναι προφανές ότι οι έννοιες *Πρόγραμμα Σπουδών* ↔ *Διδασκαλία* ↔ *Αξιολόγηση* πρέπει να είναι ανατροφοδοτούμενες έτσι, ώστε να συμβάλλουν στην κατεύθυνση μιας μάθησης πιο ποιοτικής.

Κατά τη διδακτική διαδικασία ο δάσκαλος θα θέσει κατ' αρχάς τους στόχους. Στη συνέχεια θα προσπαθήσει να επιτευχθούν αυτοί, μέσω του σχεδιασμού και της διεξαγωγής αποτελεσματικής διδασκαλίας και τέλος θα αξιολογήσει το έργο του και τις επιδόσεις των μαθητών του. Την πληροφορία που θα πάρει ο εκπαιδευτικός από την αξιολόγηση οφείλει πρώτα να αναλύσει σε ό, τι αφορά τη δική του εργασία. Αυτό, κυρίως, επιτυγχάνεται με εργαλεία τα φύλλα/κριτήρια αξιολόγησης, με σύντομες ερωτήσεις αντικειμενικού τύπου στο τέλος του μαθήματος, και αποτελούν τη φυσική ολοκλήρωση της διδασκαλίας. Εκτιμώντας τις επιδόσεις, ο εκπαιδευτικός, θα αποδώσει το αποτέλεσμα (καλό, μέτριο, κακό) στην εύστοχη ή πολύ φιλόδοξη στοχοθεσία που έθεσε, στην επιλογή της μεθόδου διδασκαλίας και στις στρατηγικές που επέλεξε να ακολουθήσει, στα διδακτικά μέσα που επιστράτευσε, στις συνθήκες διεξαγωγής του μαθήματος. Αυτή η ανάλυση θα τον οδηγήσει στις αναγκαίες διορθωτικές κινήσεις όσον αφορά στις δικές του επιλογές. Όμως, δεν είναι σπάνιο σε κάποιες αποτυχημένες δράσεις να φταίει το ίδιο το ΠΣ. Σε αυτήν την περίπτωση, αν κάτι δεν «περπατάει» και διαπιστώνεται από περισσότερους εκπαιδευτικούς της τάξης, θα πρέπει μέσα από τα θεσμοθετημένα όργανα να προτείνονται βελτιωτικές τροποποιήσεις από τα αρμόδια όργανα σύνταξης των ΠΣ.

Η αξιολόγηση θα δώσει πληροφορίες για την επίδοση καθενός μαθητή ξεχωριστά. Μεγάλη αξία έχει η διαμορφωτική αξιολόγηση (*formative evaluation*) που αποσκοπεί από τη μια ο

μαθητής και από την άλλη ο καθηγητής, να πληροφορηθούν το κέρδος μάθησης. Δηλαδή στοιχεία σχετικά με τη νοητική διαδρομή του μαθητή κατά τη διδασκαλία προς την κατεύθυνση της κατάκτησης των αντικειμενικών στόχων.

Για τον έλεγχο της προόδου των μαθητών υπάρχει νομικό πλαίσιο που καθορίζεται από την πολιτεία και δεν είναι παγιωμένο. Η πρόοδος ελέγχεται στα διδασκόμενα μαθήματα με προφορικές και γραπτές ολιγόλεπτες ή ωριαίες δοκιμασίες σε όλη τη διάρκεια του έτους, προκειμένου να διαπιστωθεί η κατάρτιση των μαθητών, η κριτική αφομοίωση των διδασκομένων και γενικά η επιδιωκόμενη κατά το ΠΣ πρόοδος, και έτσι με βάση τα αποτελέσματα που προκύπτουν να καθορίζεται και η προαγωγή των μαθητών. Εξαιρετικά θετική επίδραση στους μαθητές έχει η επικέντρωση κυρίως, σε διαδικασίες αυτοαξιολόγησης και ετεροαξιολόγησης. Μέσα από τη συζήτηση στην τάξη, π.χ. κατά τη διόρθωση γραπτών δοκιμασιών, των κριτηρίων της ορθής απάντησης οι μαθητές εκπαιδεύονται στην αυτοαξιολόγηση και αποκτούν κριτική στάση έναντι της εργασίας τους αλλά και της εργασίας των άλλων.

Για την αξιολόγηση των μαθητών στη χημεία χρησιμοποιούνται διάφορες μέθοδοι και τεχνικές εξέτασης. Χρησιμοποιούνται ερωτήσεις ελεύθερης απάντησης (πραγματείας), στις οποίες ο μαθητής απαντά εκθέτοντας τις απόψεις του, χωρίς κανένα περιορισμό στην έκταση της απάντησης. Οι ερωτήσεις αυτές ενδείκνυνται για να μετρήσουμε σύνθετα μαθησιακά αποτελέσματα. Τέτοια απαιτούν τα προβλήματα της χημείας που αξιολογούνται με τη μέθοδο της διατίμησης των επιμέρους βημάτων τους. Οφείλουμε να διατυπώνουμε τις ερωτήσεις έτσι ώστε να απαιτούν μια ξεκάθαρα προσδιορισμένη αντιμετώπιση από το μαθητή, ώστε να μην προσφέρονται ευκαιρίες διευκρινιστικών ερωτήσεων παρά μόνο αν το γνωστικό αποτέλεσμα το απαιτεί. Οι ερωτήσεις ελεύθερης απάντησης προσφέρονται για κατανόηση, εφαρμογή και ανάλυση αποτελεσμάτων και είναι ο καλύτερος τύπος για σύνθεση και αξιολόγηση συμπερασμάτων. Με αυτές όμως περιορίζεται η εξέταση μεγάλης έκτασης ύλης. Η χρήση σχετικά μικρού αριθμού θεμάτων καθιστά αδύνατη την αντιπροσωπευτική δειγματοληψία περιεχομένου. Η προετοιμασία θεμάτων αν και δύσκολη, είναι απλούστερη από αυτήν των ερωτήσεων αντικειμενικού τύπου. Γενικά καθιστούν την αξιολόγηση υποκειμενική, δύσκολη και μικρής αξιοπιστίας. Η βαθμολογία των επιδόσεων υπόκειται στην παραμορφωτική επίδραση του βαθμού ικανότητας στη δεξιότητα έκφρασης των μαθητών καθώς και τις εκούσιες ασάφειες.

Από την άλλη ενθαρρύνουν τους μαθητές να οργανώνουν, ολοκληρώνουν και εκφράζουν τις προσωπικές τους ιδέες.

Οι ερωτήσεις αντικειμενικού τύπου (κλειστές), από την άλλη, δεν αφήνουν περιθώρια για υποκειμενική εκτίμηση, είναι κατάλληλες για μέτρηση αποτελεσμάτων σε επίπεδα γνώσεων κατανόησης, εφαρμογής και ανάλυσης ταξινόμησης, ενώ δεν επαρκούν για σύνθεση και αξιολόγηση αποτελεσμάτων. Ο μεγάλος αριθμός ερωτημάτων επιτυγχάνει να καλύψει ευρεία ύλη, η οποία καθιστά δυνατή την αντιπροσωπευτική δειγματοληψία του περιεχομένου. Η προετοιμασία θεμάτων είναι δύσκολη και χρονοβόρος, αλλά αντισταθμίζεται από την αξιολόγηση που είναι αντικειμενική, απλή και υψηλής αξιοπιστίας. Η βαθμολογία των επιδόσεων υπόκειται στην παραμορφωτική επίδραση του βαθμού ικανότητας ανάγνωσης των εξεταζομένων και στην κατά διαίσθηση επιλογή απαντήσεων που ακολουθούν πολλοί μαθητές και ενθαρρύνουν τους μαθητές να θυμούνται, να ερμηνεύουν και να αναλύουν τις ιδέες άλλων.

Οι ερωτήσεις κρίσης απαιτούν διατύπωση προσωπικής γνώμης, που επισημαίνει λογική σχέση και φυσικά αυτός που την εκφράζει έχει την αξίωση να γίνει αποδεκτή η άποψή του και παρουσιάζουν ιδιαιτερότητες. Οι μαθητές έχουν αβεβαιότητα για ολοκληρωμένη απάντηση ή έχουν αναστολή για τυχόν διαφωνία με τον εξεταστή. Από την άλλη, οι μη προβλέψιμες από τον εξεταστή σωστές απαντήσεις μαθητών προκαλούν δυσκολίες στη διόρθωση.

Από τα παραπάνω, είναι προφανές ότι αν θέλουμε να καλλιεργήσουμε πολλές δεξιότητες στους μαθητές, πρέπει να εξασφαλίσουμε ποικιλία ερωτήσεων.

4.2. Παρακολούθηση των δεξιοτήτων που εφαρμόζονται κατά τη διάρκεια των πρακτικών εργασιών

Η χημεία από τη φύση της ως επιστήμη κατατάσσεται στα εμπειρικά (πειραματικά) μαθήματα. Χρησιμοποιεί κατά βάση την επιστημονική μέθοδο προσέγγισης όπου ανταποκρίνεται σε ένα ερώτημα με ένα πείραμα. Θα πρέπει να ασκηθεί ο μαθητής στα ακόλουθα:

- Να σχεδιάζει μια πειραματική διαδικασία.
- Να αποδίδει σχηματικά το πείραμά του.
- Να παρατηρεί τι συμβαίνει κατά τη διάρκεια ενός πειράματος.
- Να καταλήγει και να διατυπώνει ένα συμπέρασμα.

Στο Νέο Σχολείο το μάθημα πρέπει να γίνεται εργαστηριοκεντρικό. Αυτό δεν σημαίνει απλώς ότι τα μαθήματα γίνονται αποκλειστικά στο εργαστήριο φ.ε. Η πρακτική εργασία στο σύγχρονο σχολείο οφείλει να αξιολογείται συστηματικά και να συμπεριλαμβάνεται στην αθροιστική/συνολική αξιολόγηση του μαθητή (*summative evaluation*), όπου πρέπει να αποτυπώνεται η όλη παρουσία του μαθητή στη μαθησιακή διαδικασία (εκτενείς ή σύντομες γραπτές δοκιμασίες, συνθετικές εργασίες, συμμετοχή στη διδακτική διαδικασία, τετράδιο των κατοίκων εργασιών, καθημερινά κριτήρια αξιολόγησης της διδασκαλίας, φύλλα εργασίας σε ομαδοσυνεργατικά εργαστηριακά μαθήματα πειραματικού χαρακτήρα ή αξιοποίησης των ΤΠΕ). Αυτό το σύνολο δεδομένων μπορεί να βοηθήσει στην καλύτερη αποτίμηση της επίτευξης των προσδοκώμενων μαθησιακών αποτελεσμάτων.

Η ανάπτυξη πρωτοβουλίας και συνεργατικότητας κατά τη διεξαγωγή του μαθήματος, καθώς επίσης η ανάπτυξη της παρατηρητικότητας, η παρακολούθηση κρατώντας παράλληλα σημειώσεις και η απόκτηση δεξιοτήτων των μαθητών στη διεξαγωγή απλών πειραμάτων, υπήρξαν σκοποί του μαθήματος της χημείας που αναγράφονταν στους οδηγούς διδασκαλίας του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου ήδη εδώ και είκοσι χρόνια.

4.3 Ενδεικτικός κατάλογος των ικανοτήτων, γνώσεων και στάσεων προς αξιολόγηση

Ένας τέτοιος κατάλογος παρατίθεται στην ιστοσελίδα

<http://www.sciencemonamour.fr/soclecommun.html> : Compétences Évaluables En Sciences Physiques Et Chimiques

και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε όλη τη διαδρομή της σχολικής φοίτησης.

Α) Όσον αφορά την πειραματική δραστηριότητα αξιολογούνται οι παρακάτω δεξιότητες (70%):

1. **Ιδιοποίησης ή κατάκτησης**, δηλαδή εξακρίβωση της ικανότητας του διδασκόμενου/μαθητή:

- να διερευνά, να εξάγει και να οργανώνει τις χρήσιμες πληροφορίες,
- να κατανοεί την προβληματική της εργασίας που θα πραγματοποιήσει,
- να αποδεικνύει ότι γνωρίζει τους όρους, τα σύμβολα, τις ποσότητες, τις μονάδες της εφαρμογής.

2. Ανάλυσης, δηλαδή εξακρίβωση της ικανότητας του διδασκόμενου/μαθητή:

- να αναλύει την κατάσταση πριν από την πραγματοποίηση ενός πειράματος,
- να διαμορφώνει μια υπόθεση,
- να προτείνει μια μοντελοποίηση,
- να επιλέγει ένα πρωτόκολλο ή τα απαιτούμενα πειραματικά υλικά.

3. Πραγματοποίησης, δηλαδή εξακρίβωση της ικανότητας του διδασκόμενου/μαθητή:

- να οργανώνει τη θέση εργασίας του,
- να εφαρμόζει ένα πειραματικό πρωτόκολλο,
- να χρησιμοποιεί τα υλικά που επέλεξε ή που του διατίθενται,
- να χειριστεί τον εξοπλισμό, τηρώντας τους βασικούς κανόνες ασφαλείας.

4. Επικύρωσης, δηλαδή εξακρίβωση της ικανότητας του διδασκόμενου/μαθητή:

- να χρησιμοποιεί και να ερμηνεύει τις παρατηρήσεις, μετρήσεις,
- να ελέγχει τα αποτελέσματα,
- να επικυρώνει ή να απορρίπτει μια πληροφορία, μια υπόθεση, μια ιδιότητα, ένα νόμο.

Β) Όσον αφορά την γραπτή προφορική αποτίμηση αξιολογούνται οι παρακάτω δεξιότητες (30%):

5. Επικοινωνίας, δηλαδή εξακρίβωση της ικανότητας του διδασκόμενου/μαθητή:

- να αποτιμά την παρατήρηση και τα αποτελέσματα της εργασίας που πραγματοποίησε,
- να παρουσιάζει, να διατυπώνει ένα συμπέρασμα, να εξηγεί, να αναπαριστά, να επιχειρηματολογεί, να σχολιάζει.

Για μια εύκολα προσβάσιμη αποτύπωση της αξιολογικής διαδικασίας, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί μια «εσχάρα»διπλής εισόδου, με πεδία τις πρακτικές ασκήσεις σε σειρά (π.χ. σε οριζόντια αναφορά) και ορίσματα (πχ σε κατακόρυφη διάταξη) τα ακόλουθα:

I. Δεξιότητες που συνδέονται με τον πειραματισμό

Οι μαθητές είναι σε θέση:

α. Να διατυπώνουν μια υπόθεση για:

- ένα γεγονός που ενδέχεται να προκύψει ή να παραχθεί
- μια παράμετρο που μπορεί να διαδραματίσει ένα ρόλο σε ένα φαινόμενο.

β. Να προτείνουν ένα πείραμα που:

- μπορεί να επικυρώσει ή να ακυρώσει μια υπόθεση,
- ανταποκρίνεται σε ένα συγκεκριμένο σκοπό.

γ. Να αναλύουν τα πειραματικά αποτελέσματα (συγκρίνοντάς τα με τα θεωρητικά αποτελέσματα).

δ. Να προσδιορίζουν την περιοχή όπου ισχύει το μοντέλο.

II. Δεξιότητες που σχετίζονται με χειρισμούς και μετρήσεις

α. Να τηρούν κανόνες ασφαλείας για την προστασία ατόμων και περιβάλλοντός τους.

β. Να ακολουθούν το προβλεπόμενο εργαστηριακό πρωτόκολλο (κείμενο ή διάγραμμα).

γ. Να σχεδιάζουν τη διεξαγωγή ενός πειράματος.

δ. Να αναγνωρίζουν, να κατονομάζουν, να επιλέγουν και να χρησιμοποιούν τον εργαστηριακό εξοπλισμό (τα γυαλικά, τα όργανα μετρήσεων...)

ε. Να εκφράζουν ένα αποτέλεσμα με ένα αριθμό σημαντικών ψηφίων σύμφωνη με τους όρους του πειράματος.

στ. Να κάνουν τη στατιστική μελέτη για μια σειρά ανεξάρτητων μετρήσεων, χρησιμοποιώντας έναν υπολογιστή ή ένα υπολογιστικό φύλλο.

5. Το Νέο Πρόγραμμα Σπουδών της Χημείας Γυμνασίου

5.1. Χημικός Εγγραμματισμός και Χημική Κουλτούρα

Η πολιτεία έχει διαχρονικά καθορίσει ορθότατα τους στόχους του μαθήματος της χημείας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Δύο είναι οι βασικοί άξονες των στόχων. Ο ένας άξονας έχει να κάνει με την άμεση σχέση και χρησιμότητα του μαθήματος στη ζωή (αυτό που αποκαλείται *χημικός εγγραμματισμός ή χημικός αλφαριθμητισμός*). Ο άξονας αυτός έχει τελευταία περιλάβει με έμφαση και την αντιμετώπιση των οικολογικών και λοιπών σοβαρών προβλημάτων που έχουν προκληθεί από την εσφαλμένη ή μη ορθολογική χρήση των χημικών προϊόντων. Ο δεύτερος άξονας αναφέρεται στην κατανόηση του κόσμου γύρω μας και στην αποκωδικοποίηση του τρόπου με τον οποίο αυτός λειτουργεί (αυτό που αποκαλείται *χημική κουλτούρα η οποία κατ' ουσίαν αποτελεί μέρος του χημικού εγγραμματισμού* – ειδικότερα, να κατανοούμε τη σύσταση των υλικών, πώς, πότε και γιατί αλλάζουν, πώς αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον. Οι δύο αυτοί άξονες δεν είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους, αλλά αλληλοσυμπλέκονται: η χημεία δεν είναι κάτι αόριστο και αφηρημένο, αλλά είναι μέσα στη ζωή, είναι η ίδια η ζωή. Η σχέση αυτή υπαγορεύει να διδάσκονται οι αρχές και οι εφαρμογές της χημείας ως ένα ενιαίο σύνολο, όχι αποκομμένες οι μιν από τις δε.

Εδώ και αρκετά χρόνια έχει αρχίσει διεθνώς ένα κίνημα αφενός αποφόρτισης του μαθήματος της χημείας στη μέση εκπαίδευση από σχολαστικές λεπτομέρειες και δυσνόητες έννοιες και θέματα (*φορμαλιστική χημεία*), αφετέρου μεγαλύτερης σύνδεσής του με τη ζωή. Η φορμαλιστική προσέγγιση είναι η παραδοσιακή προσέγγιση που δίνει έμφαση σε μια γραμμική ανάπτυξη των εννοιών της χημείας, χωρίς να λαμβάνει σοβαρά υπόψη τη νοητική ανάπτυξη και τις νοητικές δυσκολίες των μαθητών, ούτε τη σχέση της χημείας με τη ζωή και την κοινωνία. Η κοινωνικοτεχνολογική προσέγγιση (Science, Technology and Society, STS) είναι μια προσέγγιση που δίνει έμφαση στη σύνδεση του μαθήματος με τη ζωή και την κοινωνία. Τα σχετικά προγράμματα έχουν ως σημείο εκκινήσεως θέματα κοινωνικού και τεχνολογικού ενδιαφέροντος στα οποία υπεισέρχεται η χημεία, π.χ. περιβάλλον, ενέργεια, φυσικοί πόροι, θέματα υγείας, θέματα γεωργίας. Η φορμαλιστική χημεία διασπείρεται μέσα στα θέματα αυτά.

Η εφαρμογή τέτοιων προγραμμάτων στον τόπο μας παρουσιάζει δυσκολίες διότι οι Έλληνες εκπαιδευτικοί είναι εξοικειωμένοι με τα φορμαλιστικά προγράμματα και στην πλειονότητά τους ουδόλως εξοικειωμένοι με τα κοινωνικοτεχνολογικά. Ένας δεύτερος λόγος είναι ότι η πλήρης ανάπτυξη ενός τέτοιου προγράμματος απαιτεί αρκετά περισσότερο διδακτικό χρόνο, ενώ ο χρόνος της χημείας είναι ο ελάχιστος δυνατός.

(Για μια αξιολόγηση του χημικού εγγραμματισμού των Ελλήνων μαθητών βλ. Βλάχου κ.ά., 2011.)

5.2. Αρχές του Νέου Προγράμματος της Γυμνασιακής Χημείας

Το νέο πρόγραμμα βασίστηκε στο προηγούμενο πρόγραμμα, αλλά έγινε προσπάθεια να διορθωθούν αδυναμίες. Το προηγούμενο πρόγραμμα περιείχε τις παρακάτω ενότητες:

Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ: 1: Εισαγωγή στη χημεία. 2. Από τα μείγματα στα χημικά στοιχεία. 3. Από το νερό στο άτομο – Από το μακρόκοσμο στο μικρόκοσμο. 3: Ατμοσφαιρικός αέρας 4: Έδαφος – Υπέδαφος

Γ΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ: 1: Οξέα, βάσεις και άλατα. 2: Ταξινόμηση των στοιχείων - Στοιχεία με ιδιαίτερο ενδιαφέρον. 3: Η χημεία του άνθρακα

Η διάρθρωση του νέου προγράμματος έχει ως εξής:

Β΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ:

Εισαγωγή. Τα υλικά και οι καταστάσεις τους

Ενότητα 1. Από το έδαφος και το υπέδαφος στις χημικές ουσίες

Ενότητα 2. Από το νερό στα διαλύματα

Ενότητα 3. Από το μακρόκοσμο στο μικρόκοσμο - Από το νερό στο άτομο

Ενότητα 4. Από τον αέρα στο οξυγόνο και στις καύσεις

Ενότητα 5. Η ρύπανση του περιβάλλοντος και η αντιμετώπισή της

Γ΄ ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ:

Εισαγωγή: Ταξινόμηση των στοιχείων - Περιοδικός πίνακας

Ενότητα 1: Η χημεία του άνθρακα και της ζωής

Ενότητα 2: Οξέα, βάσεις και άλατα

Ενότητα 3: Στοιχεία με ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη χημεία και την καθημερινή ζωή.

Γενικές παρατηρήσεις

Στη Β΄ τάξη ακολουθείται η προσέγγιση καταστάσεων της ύλης, με τη σειρά «Έδαφος/Στερεά – Νερό/Υγρά - Αέρας/Αέρια». Η σειρά αυτή αρχίζει από τα πιο χειροπιαστά στερεά και αφήνει τελευταία τα δύσκολα στη νοητική σύλληψή τους αέρια. Μια γενική αρχή που ακολουθήθηκε είναι ότι και στις δύο τάξεις οι ενότητες δεν είναι ασύνδετες μεταξύ τους, αλλά κατά κανόνα υπάρχει μια γέφυρα από τη μία ενότητα στην επομένη, ακολουθώντας έτσι και τη σπειροειδή προσέγγιση. Η εισαγωγή των εννοιών του χημικού στοιχείου και της χημικής ένωσης γίνεται στην ενότητα 1 (Από το έδαφος και το υπέδαφος στις χημικές ουσίες) και ολοκληρώνεται στην ενότητα 3 (Από το μακρόκοσμο στο μικρόκοσμο - Από το νερό στο άτομο). Στην ενότητα 3 εισάγεται και ο χημικός συμβολισμός.

Η Γ΄ τάξη αρχίζει (Εισαγωγή) με την ταξινόμηση των στοιχείων μέσω του περιοδικού πίνακα. Η πρώτη ενότητα αναφέρεται στη χημεία του άνθρακα της ζωής. Η ενότητα γεφυρώνεται με τον περιοδικό πίνακα, ξεκινώντας με τη μελέτη του στοιχείου άνθρακα και των ανόργανων ενώσεών του και συνεχίζεται με τη μελέτη της οργανικής χημείας. Η οργανική χημεία περιλαμβάνει και τα λίπη, τα σάκχαρα και τα αμινοξέα/πρωτεΐνες, θέτοντας έτσι τις βάσεις για τη μελέτη της βιολογίας στη γ΄ τάξη γυμνασίου. Η δεύτερη ενότητα μελετά τα οξέα, τις βάσεις και τα άλατα. Με τα οργανικά οξέα και ιδιαίτερα με το οξικό οξύ και τα αμινοξέα, η ενότητα αποτελεί γέφυρα με την οργανική χημεία της δεύτερης ενότητας. Τέλος, η τρίτη και τελευταία ενότητα της Γ΄ τάξης («Στοιχεία με ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη χημεία και την καθημερινή ζωή») μελετά τα αλκάλια, τα μέταλλα, τα αλογόνα, το πυρίτιο, το τσιμέντο, το γυαλί και τους ημιαγωγούς. Στα μέταλλα προστίθενται λίγες πληροφορίες για το χαλκό, το σίδηρο και το αργίλιο. Σημειωτέο ότι στην τελευταία ενότητα γίνεται ξανά αναφορά στον περιοδικό πίνακα κι έτσι αφενός επιτυγχάνεται γεφύρωμα με την εισαγωγική ενότητα, αφετέρου προετοιμάζεται καλύτερα ο μαθητής για την περαιτέρω μελέτη της χημείας στο λύκειο.

5.3. Επικαθορίζουσες ιδέες στη χημεία του γυμνασίου

Μια προσέγγιση που έχει προταθεί για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών είναι οι *επικαθορίζουσες ιδέες* (overarching ideas). Αυτές αναφέρονται καταρχήν στις φ.ε. από κοινού και είναι:

- Ενέργεια και Ύλη
- Συστήματα και Αλληλεπιδράσεις
- Μορφή και Λειτουργία
- Μεταβολή και Σταθερότητα
- Χώρος και Χρόνος
- Κλίμακα και Μέτρηση.

Στις ενοποιητικές ιδέες των φ.ε. μπορεί να περιληφθούν και οι διαδικασίες της επιστημονικής διερεύνησης (scientific inquiry): ερωτήματα-υποθέσεις, πειραματική αναζήτηση, ανάλυση-ερμηνεία, επικοινωνία. Επίσης, συναντάται επίσης η διάσταση του «*Επιστημονικού Εγχειρήματος/Προσπάθειας*» (scientific enterprise/endeavour), όπου μπορεί να ενταχθεί και η διάσταση της *ιστορίας της επιστήμης*.

Σχετικά τώρα με το πρόγραμμα χημείας ως ξεχωριστού μαθήματος για το γυμνάσιο, μπορούμε να προσαρμόσουμε το πρόγραμμα στις επικαθορίζουσες ιδέες. Μια τέτοια απόπειρα διατυπώνεται παρακάτω.

Χημεία Β΄ Γυμνασίου

α) Ενέργεια και ύλη: Ύλη / Ενέργεια / Χημική ενέργεια / Μεταβολές στη φύση / Μεταφορά ενέργειας κατά τις μεταβολές/ Μορφές ενέργειας / Η επιστήμη της χημείας/ (στην *Εισαγωγή*) / Χημικές αντιδράσεις θερμικής διασπάσεις και Στερεά καύσιμα (στην *Ενότητα 1*) Ηλεκτρόλυση του νερού (στην *Ενότητα 3*) / Ενδόθερμες και εξώθερμες αντιδράσεις (στην *Ενότητα 1*) / Καύσεις (στην *Ενότητα 4*)

β) Συστήματα και αλληλεπιδράσεις: Έδαφος, νερό, αέρας / Έδαφος: Μείγματα και χημικές ουσίες / Διαχωρισμός μειγμάτων στις συστατικές τους ουσίες / Αλληλεπίδραση ύλης με ύλη: Η έννοια της χημικής αντίδρασης / Αλληλεπίδραση ύλης με ενέργεια: αντιδράσεις διάσπασης και σύνθεσης (στην *Ενότητα 1*).

γ) Μορφή και λειτουργία: Νερό / Διαλύματα / Χημικές αντιδράσεις σε υδατικά διαλύματα/ Διατήρηση της μάζας κατά τις χημικές αντιδράσεις / Δομή της ύλης: μόρια και άτομα (στην *Ενότητα 3*).

δ) Μεταβολή και σταθερότητα: Αέρας / Αντιδράσεις καύσης / Οξυγόνο / Άζωτο / Διοξείδιο του άνθρακα (στην *Ενότητα 4*).

ε) Χώρος και χρόνος: Ταχύτητα χημικών αντιδράσεων. (*Η διάσταση αυτή δεν θα καλυφθεί στην ύλη της β' γυμνασίου*).

δ) Κλίμακα και μέτρηση. Μακρόκοσμος και μικρόκοσμος. Χημικός συμβολισμός. Χημικές εξισώσεις. Μετρήσεις στη χημεία. (στις *Ενότητες 2 και 3*).

Χημεία Γ' Γυμνασίου

α) Ενέργεια και ύλη: Εισαγωγή στη χημεία του άνθρακα (καύσιμα – αντιδράσεις καύσης-εξώθερμες αντιδράσεις) (στην *Ενότητα 1*).

β) Συστήματα και αλληλεπιδράσεις: Ταξινόμηση των στοιχείων – Περιοδικό Σύστημα (στην *Εισαγωγή*).

γ) Μορφή και λειτουργία: Οξέα, βάσεις και άλατα (στην *Ενότητα 2*).

δ) Μεταβολή και σταθερότητα: Ταξινόμηση των στοιχείων (στην *Εισαγωγή*).

Χημεία του άνθρακα και της ζωής (στην *Ενότητα 1*) / Οξέα, βάσεις και άλατα (στην *Ενότητα 2*) / Στοιχεία με ιδιαίτερο ενδιαφέρον (στην *Ενότητα 3*).

ε) Χώρος και χρόνος: Ταχύτητα χημικών αντιδράσεων.

δ) Κλίμακα και μέτρηση. Μακρόκοσμος και μικρόκοσμος. Χημικός συμβολισμός. Χημικές εξισώσεις. Μετρήσεις στη χημεία (*η διάσταση αυτή διατρέχει όλη την ύλη της γ' τάξης*).

5.4. Σχόλια για τη Χημεία Β' Γυμνασίου

Θεωρήσαμε ότι είναι καλύτερο να καθυστερήσει η εισαγωγή των δομικών και συμβολικών εννοιών (μόρια, άτομα), τοποθετώντας τις στην 3^η ενότητα «Από το μακρόσκοπο στο μικρόκομο - Από το νερό στο άτομο». Γι' αυτό το λόγο, μεταφέρθηκε πιο μπροστά η ενότητα «Έδαφος – Υπέδαφος». Εκτός από αυτό, το έδαφος-υπέδαφος προσφέρεται καλύτερα για την εισαγωγή των εννοιών του μείγματος και της ουσίας (στα ορυκτά συναντάμε βέβαια προσμείξεις, όμως συναντάμε και καθαρές ουσίες). Εδώ γίνεται βέβαια μια πρώτη αναφορά σε

χημικές ενώσεις και χημικά στοιχεία, διάκριση των χημικών στοιχείων σε μέταλλα και αμέταλλα και επομένως και στη σύσταση των ορυκτών και μεταλλευμάτων (π.χ. ο βωξίτης περιέχει αλουμίνιο) και στη λήψη μετάλλων από ορυκτά, αλλά και αμετάλλων στοιχείων (άνθρακα, θείου, πυριτίου, φωσφόρου).

Εν συνεχεία θα δώσουμε έμφαση στη διάκριση ουσίας και μείγματος, στο διαχωρισμό μειγμάτων στα συστατικά τους, στην έννοια της ουσίας μακροσκοπικά (με βάση καθορισμένες φυσικές σταθερές). Κατόπιν θα μελετήσουμε την έννοια της χημικής αντίδρασης ανάμεσα σε στερεά: αντίδραση νιτρικού μολύβδου με χλωριούχο κάλιο με ανάμειξη σε γουδί προς σχηματισμό κίτρινου χλωριούχου μολύβδου (δεν αναφέρουμε ποιες είναι οι ουσίες, απλώς μελετάμε το φαινόμενο ως αλληλεπίδραση ουσιών). Μπορούμε τώρα να κάνουμε μια πρώτη διάκριση των ουσιών σε ενώσεις και χημικά στοιχεία: μια χημική ένωση μπορεί να διασπαστεί α) σε απλούστερες ενώσεις, π.χ. θέρμανση ανθρακικού ασβεστίου δίνει οξειδίο ασβεστίου και διοξειδίο του άνθρακα, β) σε ένωση και στοιχείο (θερμική διάσπαση της ζάχαρης, θερμική διάσπαση CuO ($2\text{CuO} \rightarrow \text{Cu}_2\text{O} + 1/2 \text{O}_2$) που διασπάται θερμικά σε θερμοκρασία $> 1000^\circ\text{C}$), γ) σε στοιχεία (θερμική διάσπαση οξειδίων μετάλλων, όπως το HgO και το Ag_2O : $\text{HgO} \rightarrow \text{Hg} + 1/2 \text{O}_2$ (στους 400°C), $\text{Ag}_2\text{O} \rightarrow 2\text{Ag} + 1/2 \text{O}_2$) (στους 300°C). Αντίστροφα από στοιχείο συνθέτουμε ένωση (σύνθεση θείου σιδήρου από θείο και σίδηρο – μελέτη μαγνητικών ιδιοτήτων). Εν συνεχεία διακρίνουμε τα στοιχεία σε αμέταλλα και μέταλλα και αναφέρουμε παραδείγματα και ιδιότητες.

Η διάκριση των ουσιών σε χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις είναι δύσκολη εννοιολογικά για τους μαθητές σε μακροσκοπικό/φαινομενολογικό επίπεδο. Ένα στοιχείο είναι μια ουσία που δεν μπορεί να μετατραπεί σε πιο πρωταρχική ουσία με χημικά μέσα. Το αντίθετο ισχύει για μια χημική ένωση, η οποία μπορεί να μετατραπεί σε απλούστερες ενώσεις ή σε στοιχεία. Αυτή μπορεί να γίνει πιο ξεκάθαρη στην ενότητα του νερού με τη βοήθεια των μορίων, ατόμων και ιόντων. Πολύ χρήσιμη για τον προσδιορισμό του αν μια ουσία είναι στοιχείο η ένωση είναι η χρήση του *φασματογράφου μάζας*, του στοιχειακού αναλυτή των χημικών (Taber 2012) (βλ. παρακάτω).

Τέλος μελετάμε το υπέδαφος, τα πετρώματα, τα ορυκτά και τα μεταλλεύματα και τον ελληνικό ορυκτό πλούτο (χωρίς χημικούς τύπους, μόνο ονόματα: βωξίτης / οξειδίο αργιλίου κ.ο.κ.). Η αναφορά και σύνδεση με τη γεωλογία, η σχέση του εδάφους με τους

μικροοργανισμούς, η γεωργία και η χρήση των λιπασμάτων προσδίδουν στην ενότητα διαθεματικότητα. Φυσικά η προσέγγιση θα είναι μακροσκοπική, χωρίς αναφορά σε χημικούς τύπους ορυκτών. Αυτό βέβαια υποχρεώνει να επανέλθουμε στα ορυκτά και μεταλλεύματα στη γ' τάξη στην τελευταία ενότητα «Στοιχεία με ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τη χημεία και τη καθημερινή ζωή».

Η ενότητα για το νερό του προηγούμενου προγράμματος ήταν μεγάλη και βαριά, γι' αυτό στο νέο πρόγραμμα χωρίστηκε σε δύο ενότητες: Ενότητα 2, Από το νερό στα διαλύματα, Ενότητα 3, Από το μακρόκοσμο στο μικρόκοσμο - Από το νερό στο άτομο. Εξάλλου, αρκετά θέματα από την προηγούμενη μεγάλη ενότητα του νερού μεταφέρθηκαν στην ενότητα «Έδαφος-Υπέδαφος» (διαχωρισμός μειγμάτων, χημική αντίδραση). Τις χημικές αντιδράσεις τις μελετούμε βέβαια περισσότερο στην ενότητα 2 (Από το νερό στα διαλύματα): αντιδράσεις σε υδατικά διαλύματα, εξώθερμες και ενδόθερμες αντιδράσεις, διατήρηση της μάζας (Lavoisier). Οι έννοιες του ατόμου, του μορίου και του ιόντος, καθώς και οι χημικοί τύποι εισάγονται στην ενότητα 3.

Είναι γνωστό ότι η αέρια κατάσταση προκαλεί πολλές δυσκολίες στους μαθητές, επομένως εξυπηρετεί η τοποθέτησή της στο τέλος. Στον ατμοσφαιρικό αέρα (Ενότητα 4) γίνεται ιδιαίτερη μελέτη του οξυγόνου, του αζώτου, του διοξειδίου του άνθρακα, του όζοντος και του υδρογόνου. Σημειωτέον ότι η μελέτη των αερίων και των νόμων τους, μαζί με την υπόθεση του Avogadro, προσφέρεται για τη θεμελίωση της έννοιας του ατόμου και τη μελέτη της ιστορίας της χημείας. Τέλος, μέσω της μελέτης της ρύπανσης του αέρα στο Κεφ. 5, μπορεί να γίνει και πρώτη αναφορά στους υδρογονάνθρακες και στην καύση.

Ο στοιχειακός αναλυτής των χημικών (Taber 2012)

Οι χημικοί διαθέτουν ένα όργανο με το οποίο είναι σε θέση να προσδιορίσουν αν μια ουσία είναι στοιχείο ή ένωση. Το όργανο αυτό είναι ο φασματογράφος μάζας. Αυτός βασίζεται σε τεχνικές φυσικού διαχωρισμού με χρήση ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων, αλλά προτού καταστεί αυτό δυνατό, το δείγμα πρέπει να αποσυντεθεί χημικά. Κατά συνέπεια, ο φασματογράφος μάζας είναι μια τεχνική που αποσυνθέτει ενώσεις (ένα χημικό βήμα) και ακολουθεί ο φυσικός διαχωρισμός. Να σημειωθεί ότι η προσέγγιση αυτή αγνοεί το θέμα των ισότοπων στοιχείων (το φάσμα μάζας διαχωρίζει τα ισότοπα ενός στοιχείου), όμως στη φάση

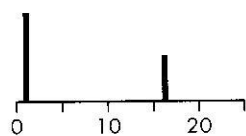
αυτή είναι προτιμότερο να το αγνοήσουμε και να πούμε ότι στην πραγματικότητα τα πράγματα είναι λίγο πιο πολύπλοκα. Το θέμα μπορεί να ξαναμελετηθεί πιο αναλυτικά (μαζί με τα ισότοπα) στο λύκειο.

Με τον φασματογράφο μάζας επιτυγχάνεται η διάσπαση ενός μορίου (είτε αυτό είναι μιας μεμονωμένης ουσίας είτε βρίσκεται σε ένα μείγμα ουσιών) που οδηγεί στην παραγωγή διακεκριμένων ατομικών ιόντων, τα οποία μπορεί να ανιχνευθούν με βάση τις διαφορετικές μάζες τους (ορθότερα από τεχνική άποψη, από τον λόγο μάζα/ηλεκτρικό φορτίο, αλλά τα παραγόμενα ιόντα έχουν συνήθως μοναδιαίο φορτίο).

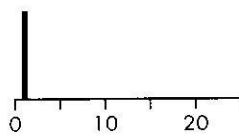
Αν ένα δείγμα υποστεί επεξεργασία τέτοια που οδηγεί σε πλήρη ατομικοποίηση, το φάσμα που προκύπτει αποκαλύπτει την ποικιλία και τον σχετικό αριθμό των παριστάμενων ατόμων. Επομένως, ο φασματογράφος μάζας μεταβάλλει χημικά μια μεμονωμένη ουσία η οποία είναι ένωση στα στοιχεία της. Έτσι, ο ατομικός φασματογράφος μάζας δρα ως στοιχειακός αναλυτής.

Η θεωρία της τεχνικής αυτής είναι έξω από τις γνώσεις των μαθητών β' γυμνασίου, αλλά η ύπαρξη μιας μηχανής (ενός οργάνου) που μπορεί να αποσυνθέσει μια ένωση και να δείξει ότι η ένωση αποτελείται από περισσότερα από ένα είδος συστατικών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δείξει την πρώτη διάκριση ενώσεων και στοιχείων. Πράγματι, όπως χρησιμοποιούμε τη χρωματογραφία για να διαχωρίσουμε ένα μείγμα στις συστατικές του ουσίες, έτσι μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε και τον φασματογράφο μάζας για να διαπιστώσουμε αν μια ουσία είναι ένωση ή στοιχείο.

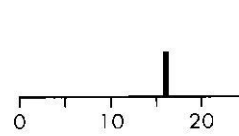
Το πλεονέκτημα της αναφοράς στον φασματογράφο μάζας είναι ότι παρέχει τη βάση να δεχθούμε ότι τα στοιχεία είναι διακριτές πρωταρχικές μονάδες που μπορούμε να τα ταυτοποιούμε στις ενώσεις. Ας θεωρήσουμε το πείραμα της ηλεκτρόλυσης του νερού με το βολτάμετρο του Hoffman. Μπορούμε να δώσουμε διαγράμματα του πώς είναι τα φάσματα μάζας του νερού και των δύο αέριων προϊόντων της ηλεκτρόλυσης – το τι θα έβρισκαν οι χημικοί όταν δοκίμαζαν τις τρεις διαφορετικές ουσίες στον φασματογράφο μάζας:



Φάσμα μάζας νερού

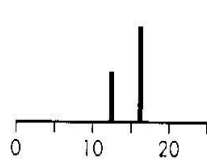


Φάσμα μάζας του
αερίου που συλλέγεται
στην κάθοδο

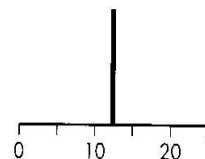


Φάσμα μάζας του αερίου
που
συλλέγεται στην άνοδο

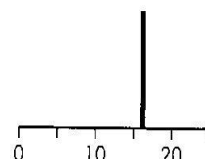
Ως ένα ακόμη παράδειγμα, ας θεωρήσουμε την καύση του άνθρακα προς διοξείδιο του άνθρακα:



Φάσμα μάζας
διοξειδίου του άνθρακα

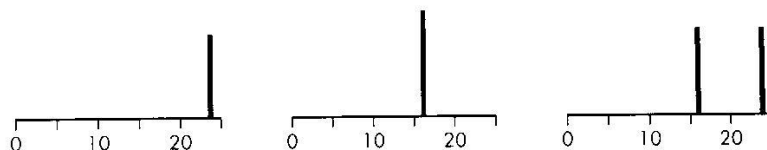


Φάσμα μάζας του
άνθρακα



Φάσμα μάζας του οξυγόνου

Τέλος, θεωρούμε την αντίδραση της καύσης του μαγνησίου στον αέρα. (Για το πείραμα τοποθετούμε προζυγισμένο δείγμα μεταλλικού μαγνησίου με σκοπό σε χωνευτήρι πορσελάνης. Έτσι ελαχιστοποιούμε την απώλεια τού σε μορφή σκόνης προϊόντος – του οξειδίου του μαγνησίου - και αποφεύγουμε την έκθεση στην λαμπρή ορατή και στην υπεριώδη ακτινοβολία που εκπέμπεται κατά την αντίδραση.) Το πείραμα αυτό συχνά προσφέρει μαρτυρία εναντίον του μοντέλου του φλογιστού (ως κάτι που εμπεριέχεται στην καίόμενη ουσία και απελευθερώνεται κατά την καύση της). Έτσι έχουμε μια ευκαιρία να αναφερθούμε και στην ιστορία της επιστήμης:



Φάσμα μάζας μαγνησίου

Φάσμα μάζας του οξυγόνου

Φάσμα μάζας του προϊόντος που λαμβάνεται όταν το μαγνήσιο θερμαίνεται στον αέρα.

Ειδικά Σχόλια για τη Χημεία Β΄ Γυμνασίου

Μελετώντας τη χημεία στη Β΄ γυμνασίου αναμένεται ο χημικά εγγράμματος μαθητής να είναι σε θέση να επιτυγχάνει μεταφορά της μάθησης στη συνήθη πρακτική και στην επίλυση απλών προβλημάτων της καθημερινότητας, εφαρμόζοντας τις έννοιες και τις διαδικασίες της χημείας.

- Γνωρίζει τις χημικές έννοιες και διαδικασίες που είναι απαραίτητες για τη ζωή.
- Μπορεί να θέτει ερωτήσεις και να βρίσκει απαντήσεις για ερωτήματα που αναδύονται μέσα από τις καθημερινές του εμπειρίες και προκαλούν το ενδιαφέρον του.
- Είναι σε θέση να περιγράφει, να επεξηγεί και να προβλέπει χημικές μεταβολές.
- Μπορεί, διαβάζοντας εκλαϊκευμένα επιστημονικά άρθρα στον τύπο ή παρακολουθώντας ενημερωτικές εκπομπές στη τηλεόραση, να καταλαβαίνει το νόημα του κειμένου ή της παρουσίασης, να εκφράζει άποψη και να εμπλέκεται σε συζητήσεις σχετικά με την εγκυρότητά τους.
 - Μπορεί να αναγνωρίζει την επιστημονική διάσταση ενός θέματος, όταν καλείται να λάβει αποφάσεις και να εκφράζει απόψεις που είναι επιστημονικά και τεχνολογικά τεκμηριωμένες.
 - Είναι ικανός/ή να αξιολογεί επιστημονικές πληροφορίες, τόσο ως προς την πηγή τους, όσο και ως προς τις μεθόδους που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή τους.
 - Έχει την ικανότητα να αναπτύσσει και να αξιολογεί επιχειρήματα που βασίζονται σε συγκεκριμένα στοιχεία, καθώς και να εφαρμόζει στην πράξη τα κατάλληλα συμπεράσματα.

Από τη μελέτη των φυσικών καταστάσεων των υλικών, πέραν από την εκμάθηση των όρων των φαινομένων, την ερμηνεία της τήξης, της πήξης, της εξάτμισης και της συμπύκνωσης, ο μαθητής πρέπει να μπορεί να επεκτείνει σε εφαρμογές της μετατροπής της κατάστασης διαφόρων υλικών, τροποποιώντας κυρίως τη θερμοκρασία (ή και την πίεση). Επίσης, να ερμηνεύει γιατί ρίχνει το δημοτικό συνεργείο αλάτι στους δρόμους όταν η θερμοκρασία πέφτει κάτω από το μηδέν.

Με τη μελέτη της διαλυτών αναμένουμε να μπορεί να προτείνει διάφορους διαλύτες πέραν του νερού για την αφαίρεση π.χ. λεκέδων διαφόρων τύπων σε ρούχα, επιφάνειες του νοικοκυριού ή το παλιό βερνίκι νυχιών, αφού έχει μάθει ότι ουσίες και υλικά σε κάποιους διαλύτες διαλύονται και σε άλλους όχι. Ή να ερμηνεύει την παρασκευή του λικέρ από βύσσινο της γιαγιάς με τη χρήση οινοπνεύματος οινοποιίας και ζάχαρη, και έκθεση στον ήλιο για ήπια θέρμανση.

Με την εργαστηριακή ενασχόληση επί των περιεκτικοτήτων επιδιώκεται ο μαθητής, ως μελλοντικός πολίτης, να ερμηνεύει τις αναγραφόμενες τιμές δραστικών ουσιών στις ετικέτες των προϊόντων που χρησιμοποιεί στην καθημερινή πρακτική π.χ ως τρόφιμα, ποτά ή καθαριστικά και φάρμακα. Θα μπορούσε να υπολογίζει την ποσότητα του σιροπιού για το βήχα ανάλογα με το βάρος του ασθενούς, όταν στις οδηγίες δίνεται η δόση σε κουταλάκια της συσκευασίας (π.χ. 2,5 mL ή 5 mL) και η ιδανική αναλογία ανάλογα με το βάρος του ασθενούς. Να συμπυκνώνει διαλύματα με θέρμανση και εξάτμιση νερού για απόκτηση πιο πυκνής υφής (πχ στο μαγείρεμα, το φαγητό γίνεται πιο πυκνόρρευστο με συνεχές βράσιμο). Να μπορεί να υπολογίζει την ποσότητα του ζαχαρούχου γάλακτος που πρέπει να χρησιμοποιήσει για την παρασκευή παγωτού, όταν η συνταγή που έχει αναφέρεται σε γάλα εβαπορέ ή φρέσκο, και πρέπει να το υποκαταστήσει σε περίπτωση δεν έχει κάποιο από αυτά στη διάθεσή του.

Διδασκόμενος τις μεθόδους διαχωρισμού μειγμάτων και διαλυμάτων, επιδιώκεται να μπορεί να σχεδιάζει μια διαδικασία διαχωρισμού ενός μείγματος δύο στερεών που το ένα συστατικό είναι διαλυτό στο νερό και το άλλο όχι. Να σχεδιάζει μια διαδικασία παραλαβής αιθέριου ελαίου π.χ. από τη φλούδα του πορτοκαλιού ή τα άνθη γιασεμιού.

Μελετώντας τη χημική αντίδραση ο μαθητής πρέπει να είναι σε θέση να περιγράψει, να εξηγήσει κάποιες χημικές μεταβολές και να προβλέψει πιθανές αλλαγές. Να αποδίδει σε εξώθερμες χημικές αντιδράσεις που εξελίσσονται στο εσωτερικό της θερμοφόρας, ή, αντίστοιχα,

σε ενδόθερμες αντιδράσεις στο εσωτερικό της παγοκύστης όταν ενεργοποιηθεί το περιεχόμενο με τον κατάλληλο μηχανισμό.

Από τη μελέτη της δομής του ατόμου μπορεί να ερμηνεύσει την ηλεκτρίση των μαλλιών από τη μετακίνηση φορτίων, γιατί κινδυνεύουμε από ηλεκτροπληξία όταν να ερχόμαστε σε επαφή με παροχές όταν έχουμε ιδρωμένα χέρια. Μελετώντας την έννοια του ιόντος μπορεί να δικαιολογήσει τη μορφή με την οποία υπάρχει ο σίδηρος, το μαγνήσιο ή ο ψευδάργυρος στους ζώντες οργανισμούς όταν ακούει για τις ανάγκες σε ιχνοστοιχεία, που φυσικά είναι αδιανόητο να είναι σε μεταλλικούς κόκκους.

Από τη μελέτη των συστατικών του ατμοσφαιρικού αέρα οξυγόνο και διοξείδιο του άνθρακα και τη μελέτη της καύσης, εκτός του να αποδίδει συμβολικά τη σχετική αντίδραση με την κατάλληλη εξίσωση, να μπορεί για παράδειγμα να δώσει μια ερμηνεία σε τι αποβλέπει η ρίψη νερού σε ένα φλεγόμενο κτήριο. Ή να γνωρίζει ότι ένας άλλος τρόπος αντιμετώπισης μιας πυρκαϊάς είναι με το να περιορίζουμε την ποσότητα του αέρα ή να αποκλείουμε τον αέρα στον χώρο μιας πυρκαϊάς (π.χ. κρατώντας κλειστές τις πόρτες στα κτήρια). Θα δικαιολογεί ακόμη πού οφείλεται το μαύρισμα της εσωτερικής επιφάνειας του τζακιού ή της εξωτερικής επιφάνειας των δοχείων που χρησιμοποιούνται στις συσκευές γκαζιού.

Μελετώντας την ενότητα της ρύπανσης του περιβάλλοντος, ο μαθητής ως μέλος μιας τοπικής κοινωνίας ή ως πολίτης του κόσμου που αντιμετωπίζει προβληματικές καταστάσεις π.χ. τη διαχείριση των σκουπιδιών, τη χρήση ενέργειας, την αξιοποίηση των αποθεμάτων νερού, την αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη κ.λπ. θα αποκτήσει κριτική στάση ζωής. Όταν αργότερα ως πολίτης κληθεί να λάβει αποφάσεις (σε τοπικό ή /και εθνικό επίπεδο), αναγνωρίζοντας την επιστημονική διάσταση του προβλήματος, θα πρέπει να μπορεί να εκφράζει απόψεις που είναι επιστημονικά και τεχνολογικά τεκμηριωμένες και να εκτιμά ή να προτείνει ο ίδιος σχέδιο αντιμετώπισης, εφαρμόζοντας τις επιστημονικές έννοιες και διαδικασίες.

5.5. Σχόλια για τη Χημεία Γ΄ Γυμνασίου

Η εισαγωγή «Ταξινόμηση των στοιχείων - Περιοδικός Πίνακας» επιδιώκει να αποτελέσει γέφυρα με τη Β΄ γυμνασίου, μια ανασκόπηση δηλαδή της ύλης της προηγούμενης τάξης. Ως Ενότητα 1 τοποθετείται «Η χημεία του άνθρακα και της ζωής», που μαζί με την εισαγωγή συναποτελούν μια ενιαία θεώρηση της χημείας. Τα αμινοξέα παρουσιάζουν βέβαια μια

εννοιολογική δυσκολία, λόγω του ότι τα οξέα τα μελετάμε στην επόμενη Ενότητα 2. Εδώ απλώς θα περιοριστούμε στο ότι τα οργανικά οξέα περιέχουν την καρβοξυλομάδα στο άκρο τους

$-(\text{COOH})$ ή ισοδυνάμως $-\text{C}(\text{OH})=\text{O}$.

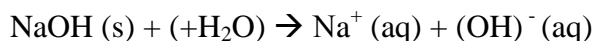
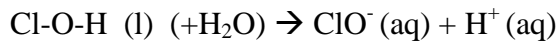
Να σημειωθεί ότι η απλή οργανική χημεία είναι πιο απλή από την ανόργανη, καθώς (α) διαλαμβάνει λίγα χημικά στοιχεία και αυτά με μοναδικά σθένη (C: 4, H: 1 O: 2, N: 3, αλογόνα: 1), (β) δίνει τη δυνατότητα να μπουν σωστές βάσεις για τη βιολογία της Γ' τάξης που αναφέρεται πολύ νωρίς σε οργανικές ενώσεις. Η 1^η ενότητα αρχίζει με τη μελέτη του στοιχείου άνθρακα και των ανόργανων ενώσεών του. Στη συνέχεια αναφέρεται σε υδρογονάνθρακες και αλκοόλες και ακολουθούν τα λίπη, τα σάκχαρα και τα αμινοξέα και οι πρωτεΐνες. Η ενότητα «οξέα-βάσεις-άλατα» πήγε πιο πίσω (2^η). Καταρχάς πρέπει να λάβουμε υπόψη ότι αρκετά φαινομενολογικά περί οξέων και βάσεων (τι είναι οξέα και βάσεις, ιδιότητες, κλίμακα pH, δείκτες) γίνονται ήδη στο δημοτικό σχολείο. Στην Γ' τάξη, η προσέγγιση των οξέων θα γίνει σε υψηλότερο επίπεδο, όπου ίσως δεν πρέπει να μείνουμε στον Arrhenius και να θεωρούμε βάσεις μόνο τα υδροξείδια των μετάλλων, αλλά ό, τι δίνει βασικό διάλυμα [π.χ. αμμωνία (aq), ανθρακικό νάτριο (aq)] (και όμοια ως οξύ το χλωριούχο αμμώνιο (aq)), και διακρίνοντας περαιτέρω τα οξέα και βάσεις ως προς την ισχύ τους σε ισχυρά και ασθενή και ως προς τη δραστηκότητά τους ανάλογα με την ισχύ τους αλλά και τη συγκέντρώσή τους. Αναπόσπαστο μέρος των οξέων αποτελούν και τα οργανικά οξέα.

Τέλος, έμφαση πρέπει να δώσουμε και στο ότι τα οξέα, οι βάσεις και τα άλατα είναι ηλεκτρολύτες - ότι τα τήγματα των αλάτων και των οξειδίων μετάλλων και τα υδατικά διαλύματα οξέων, βάσεων, οξειδίων ανυδριτών οξέων και βάσεων και αλάτων είναι ηλεκτρικοί αγωγοί και ότι ηλεκτρολύονται (είναι ηλεκτρολύτες).

Ειδικά Σχόλια για τη Χημεία Γ' Γυμνασίου:

Με τη μελέτη του περιοδικού πίνακα (Εισαγωγή) καλό είναι να προχωρήσουμε και σε μια περιγραφή/γνωριμία με τα βασικά χημικά στοιχεία και μερικές ιδιότητές τους. Έχοντας εισαγάγει και χρησιμοποιήσει τους συντακτικούς τύπους στην οργανική χημεία, μπορούμε να αναφερθούμε σε συντακτικούς τύπους των υδροξυοξέων, ώστε να φανεί ότι ο όξινος χαρακτήρας οφείλεται στην υδροξυομάδα και να φανεί η διαφορά από το ιόν υδροξειδίου που

σχηματίζουν οι βάσεις. Έτσι μπορούμε να συγκρίνουμε το υποχλωριώδες οξύ με το υδροξείδιο του νατρίου:



Μελετώντας τις ιδιότητες των οξέων και των βάσεων, οι μαθητές πρέπει να είναι σε θέση να ξεχωρίζουν τα απορρυπαντικά που θα χρησιμοποιηθούν για να καθαριστούν τα άλατα από τα σκεύη του μπάνιου από εκείνα που θα μπορούν να αποφράξουν τις αποχετεύσεις του, καθώς και να διακρίνουν ποια, για λόγους ασφαλείας, απαγορεύεται να αναμειγνύονται κατά τη χρήση τους. Συγχρόνως να ενημερωθούν σε γενικότερα θέματα ασφαλείας. Με τον τρόπο αυτό θα μπορούν να αναγνωρίζουν τα σήματα ασφαλείας και να τα ερμηνεύουν όταν τα βρίσκουν σε προϊόντα καθημερινής χρήσης.

Από τη μελέτη των ιδιοτήτων της αιθανόλης, οι μαθητές θα πρέπει να συνειδητοποιήσουν τις κοινωνικές προεκτάσεις της παράχρησης και της κατάχρησης αλκοολούχων χημικών ουσιών και όχι μόνο. Συγχρόνως να καλλιεργήσουν την ευαισθησία τους απέναντι σε προβληματικές ανθρώπινες καταστάσεις και να αναγνωρίσουν την αξία της θετικής αντιμετώπισής τους και της προσπάθειας να εντάσσεται κάθε ανθρώπινη προσωπικότητα μέσα σε ένα σύνολο σε αντίθεση με την περιθωριοποίησή της.

Περαιτέρω οι μαθητές πρέπει να ευαισθητοποιηθούν σε θέματα σχετικά με την προστασία του περιβάλλοντος, ως ενημερωμένοι πολίτες, μελετώντας τις ιδιότητες των πολυμερών και των πλαστικών. Θα πρέπει επίσης να είναι σε θέση να διακρίνουν ποιο πολυμερές είναι κατάλληλο για κάθε συγκεκριμένη χρήση και να αντιλαμβάνονται την ανάγκη και την αξία της φράσης «κάθε υλικό χρησιμοποιείται μόνο για την ουσία για την οποία έχει γίνει αρχική πρόβλεψη». Να αναγνωρίζουν την ανάγκη λειτουργίας της αρχής της προσωπικής ευθύνης και να εξασκηθούν στο να ασκούν δημιουργική κριτική σε επιστημονικές διαδικασίες που ενδεχομένως προκαλούν προβληματικές καταστάσεις.

6. ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ και ΣΥΝΘΕΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

Χημεία Β΄ Γυμνασίου			
Πρακτική Δραστηριότητα	Θέμα	Είδος	Σχετική Γενική ενότητα
1	Γιατί αναταράζουμε το λαδόξιδο (βινεγκρέτ) πριν από τη χρήση	Εργαστηριακή διερεύνηση	Γενική ενότητα 2: Από τα μείγματα στα χημικά στοιχεία
2	Αναπαράσταση μειγμάτων με προσομοιώματα	Μοντελοποίηση καταστάσεων	Γενική ενότητα 2: Από τα μείγματα στα χημικά στοιχεία
3	Ανίχνευση του νερού σε τρόφιμα	Εργαστηριακή διερεύνηση	Γενική ενότητα 3: Από το μακρόκοσμο στο μικρόκοσμο
4	Ποιο αέριο είναι διαλυμένο στα αναψυκτικά	Εργαστηριακή διερεύνηση	Γενική Ενότητα 4: Αέρας και καύσεις
Συνθετική Εργασία	Θέμα	Είδος	Σχετική Γενική ενότητα
1	Τι ποσότητα αλατιού μπορεί να εξαχθεί από ένα λίτρο θαλασσινό νερό;	Κειμενική /εργαστηριακή διερεύνηση	Γενική ενότητα 3: Από το μακρόκοσμο στο μικρόκοσμο

2	Η ιστορία του ατόμου	Βιβλιογραφική/διαδικτυακή ανασκόπηση	Γενική ενότητα 3: Από το μακρόκοσμο στο μικρόκοσμο
3	Τι αέρια αναπνέουμε	Κειμενική/εργαστηριακή διερεύνηση με χρήση λογισμικού	Γενική Ενότητα 4: Αέρας και καύσεις
4	Το φαινόμενο του θερμοκηπίου	Βιβλιογραφική και διαδικτυακή ανασκόπηση/ εργαστηριακή διερεύνηση	Γενική Ενότητα 4: Αέρας και καύσεις

Χημεία Γ΄ Γυμνασίου			
Πρακτική Δραστηριότητα	Θέμα	Είδος	Σχετική Γενική ενότητα
1	Η γέννηση του Περιοδικού Πίνακα	Κειμενική διερεύνηση	Γενική ενότητα 1 Νόμος της περιοδικότητας – κατάταξη των στοιχείων στον περιοδικό πίνακα
2	Αναπαριστώντας τον Μεντελέγιεφ	Κειμενική διερεύνηση	Γενική ενότητα 1 Νόμος της περιοδικότητας – κατάταξη των

			στοιχείων στον περιοδικό πίνακα
3	Ποιος είναι ο ένοχος; - Μελέτη του pH με τη μορφή αστυνομικής έρευνας	Εργαστηριακή διερεύνηση	Γενική ενότητα 3: Οξέα, Βάσεις και Άλατα
4			
Συνθετική Εργασία	Θέμα	Είδος	Σχετική Γενική ενότητα
1	Χημεία και Τέχνη	Κειμενική/ Εργαστηριακή διερεύνηση	Γενική ενότητα 3: Οξέα, Βάσεις και Άλατα Και 1.4 Αλογόνα Δυσδιάλυτα άλατα αλογόνων.
2			
3			
4			

7. Βιβλιογραφικές Παραπομπές

Frey, K. (1980) Η μέθοδος Project. Μια μορφή συλλογικής εργασίας στο σχολείο ως θεωρία και πράξη. Θεσσαλονίκη: Αφοί Κυριακίδη.

Βαϊνά Μ. (1996) «Μέθοδος Project: Μια πρόκληση για το ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα», Νέα Παιδεία, τ. 20

Βλάχου Α., Πανταζή Γ., Τσαπαρλής Γ., Shwartz Y., Ben-Zvi R., & Hofstein A. (2011). Αξιολόγηση λειτουργικού χημικού αλφαριθμητισμού σε μαθητές λυκείου: η περίπτωση κατανόησης εννοιών στο μακροσκοπικό και στο μοριακό επίπεδο. Πρακτικά 7^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες Εκπαίδευσης», Τόμος 7, 1-11.

Κόκοτας & Ι. Βλάχος (επιμ.), Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στις αρχές του 21ου αιώνα: Προβλήματα και προοπτικές. ΕΔΙΦΕ – Αθήνα: Γρηγόρης.

Κολιόπουλος, Δ. & Ραβάνης, Κ. (2001). Η συγκρότηση αναλυτικών προγραμμάτων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Από τον εμπειρισμό στη θεωρία των αναλυτικών προγραμμάτων και τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Πρακτικά ΕΔΙΦΕ 2001: Η ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ ΣΗΜΕΡΑ

Κολιούλης Δ. & Τσαπαρλής Γ. (2007). Χημεία β' γυμνασίου, με έμφαση στη μακροσκοπική-εποικοδομητική προσέγγιση και στη νοηματική εισαγωγή των εννοιών του μορίου και του ατόμου – Διδακτικό βιβλίο και προκαταρκτική αξιολόγησή του από εκπαιδευτικούς. Πρακτικά 5ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες Εκπαίδευσης», Τεύχος 2, σσ. 680-689. [<http://www.kodipheet.gr>]

Κουλαϊδής, Β. (1994). Πρότυπα αλλαγής της επιστημονικής γνώσης: Επιστημολογική προσέγγιση. Στο Β. Κουλαϊδής (επιμ.), Αναπαραστάσεις του Φυσικού κόσμου. Αθήνα: Gutenberg.

Κουλαϊδής Β., Χατζηνικήτα Β., Τσατσαρώνη Α. & Αποστόλου, Α. (2001). Μελέτη των όρων εισαγωγής project στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Πρακτικά ΕΔΙΦΕ 2001: Η διδασκαλία των φυσικών επιστημών στην Ελλάδα σήμερα.

Λακασάς, Α. (2012). Ο διαγωνισμός PISA αναδεικνύει το έλλειμμα των Ελλήνων μαθητών. Εφημερίδα «Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ», Φύλλο 4 Μαρτίου.

Λιάπη Ε. & Τσαπαρλής Γ. (2007). Μαθητές γυμνασίου εκτελούν οι ίδιοι δημιουργικά πειράματα στα οξέα-βάσεις που συνδέονται με την καθημερινή ζωή – Μια πρώτη πρώτη αξιολόγηση και

σύγκριση με συμβατικά πειράματα. Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες Εκπαίδευσης», Τεύχος 2, σσ. 725-734. [<http://www.kodipheet.gr>]

Πιαζέ, Ζ. (1999). Η ψυχολογία της νοημοσύνης (μετάφραση: Ε. Βέλτσου). Αθήνα: Καστανιώτης.

Στεφανίδου Παν. (2009). Ο Επιστημονικός Εγγραμματισμός στη Διδακτική Πράξη της Χημείας στη Δευτεροβάθμια Εκ/ση: Μελέτη και Εφαρμογή", Διπλωματική Εργασία Ειδίκευσης, ΔιΧηNET ΕΚΠΑ,

Τσαπαρλής, Γ. (1991). Θέματα Διδακτικής Φυσικής και Χημείας στη μέση εκπαίδευση (Κεφ. 2). Αθήνα: Μ.Π. Γρηγόρης, Εκδόσεις (Α΄ έκδ., Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 1988).

Φαντάκη Γ. & Σιδερίδου Φ. (2008). Τα λάθη των μαθητών στο μάθημα της Χημείας Α΄ Λυκείου. Στο «Αποτίμηση του τρόπου λειτουργίας των υπηρεσιών και των θεσμοθετημένων οργάνων της εκπαίδευσης», Αθήνα: ΚΕΕ.

Χατζηγεωργίου, Γ. (2004), Γνώθι το Curriculum., Εκδ. Ατραπός

American Association for the Advancement of Sciences [AAAS] (1989). Science for All Americans. Washington: AAAS

Bucat, R.-B., (2004). Pedagogical Content Knowledge Chemistry Education Research and Practice, 5, 215-228. [<http://www.rsc.org/ceerp>]

Bunce, D.M. & Robinson, W.R. (1997). Research in chemical education - The third branch of our profession. Journal of Chemical Education, 74, 1076-1079.

Bruner, J. (1960). The Process of Education, Boston: Harvard Education Press.

Byers, W. (2002). Promoting active learning through small group laboratory classes. University Chemistry Education, 6, 28-34.

Domin, D. S. (1999). A review of laboratory instruction styles. Journal of Chemical Education, 76, 543-547.

Driver et al (1989). Students' conceptions and the learning of science International Journal of Science Education, 11, 481 – 490.

Fischer, R. (1995) Teaching Children to Think., United Kingdom: Stanley Thorne, Ltd

Gabel, D.L. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future. Journal of Chemical Education, 76, 548-554.

Garnett Patrick J., Garnett Pamela J. & Hackling M. W. (1995). Students' alternative conceptions in chemistry: A review and implications for teaching and learning. *Studies in Science Education*, 25, 69-95.

Georgiadou, A., & Tsapalis, G. (2000). Chemistry teaching in lower secondary school with methods based on: a) psychological theories, b) the macro, representational, and submicro levels of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 1, 217-216.

Gilbert, J. K., Osborne, R. J. & Fensham, P. J. (1982). Children's science and its consequences for teaching. *Science Education*, 66, 623-633.

Herron, J.D. & Nurrenburn, S.C. (1999). Chemical education research: Improving chemistry learning. *Journal of Chemical Education*, 76, 1354-1361.

Hodson, D. (1990). A critical look at practical work in school science. *School Science Review*, 70 (256), 33-40.

Hofstein, A. (2004). The laboratory in chemistry education: Thirty years of experience with developments, implementation and evaluation. *Chemistry Education Research and Practice*, 5, 247-264.

Hurd de Hart, P. (1991). Issues in linking research to science teaching. *Science Education*, 75, 723-32.

Johnstone, A. H. (1991). Thinking about thinking. *International Newsletter on Chemical Education*, No. 6, 7 – 11.

Johnstone, A. H. (2007). Science education: We know the answers, let's look at the problems. Πρακτικά 5^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες Εκπαίδευσης», Τόμος 5, Τεύχος 1, 1-11.

[http://www.kodipheet.gr/fifth_conf/pdf_synedriou/teyxos_A/1_kentrikes_omilies/1_KO-4-Johnstone.pdf]

Johnstone, A.H. (2000). Chemistry teaching - Logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice in Europe*, 1, 9-15. [<http://www.rsc.org/ceerp>]

Johnstone, A. H., & Al-Shuaili, A. (2001). Learning in the laboratory: Some thoughts from the literature. *University Chemistry Education*, 5, 42-51.

Kelly, A. (1989) *The Curriculum: Theory and Practice*. London: Paul Chapman,

Kemble E. C. (1937). *The fundamental principles of quantum mechanics*, pp. 243-244. New York: McGraw-Hill [reprinted by Dover].

Kempa, R. (2002). Research and research utilization in chemical education. *Chemistry Education: Research and Practice*, 3, 327-343.

Kerr, J. F. (1963). Practical work in school science: An account of an inquiry into the nature and purpose of practical work in school science teaching in England and Wales. Leicester, UK: Leicester University Press.

Lagowski, L.L. (1998). Chemical education: Past, present, and future. *Journal of Chemical Education*, 75, 425-436.

Lave J. & Wenger E. (1990). *Situated learning: legitimate peripheral participation*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Lunetta, V. N. (1998). The school science laboratory: Historical perspectives and centers for contemporary teaching. In P. Fensham (ed.). *Developments and dilemmas in science education* (pp. 169-188). London, Falmer Press.

Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: The role of history and philosophy of science*. Routledge.

Matthews, M. R. (2007). Models in science and in science education. *Science & Education*, 16, 647-652.

National Research Council (NRC) (1996). *National science education standards*. Washington DC: National Academy Press.

National Research Council (NRC) (2000). *Inquiry and the national science education standards*. Washington DC: National Academy Press.

NCES (1999, 2003). <http://nces.ed.gov/timss/>

NCES (2003, 2005) <http://nces.ed.gov/surveys/pisa/faq.asp?FAQType=3>

Nelson, P. (2002). Teaching chemistry progressively: From substances, to atoms and molecules, to electrons and nuclei. *Chemistry Education Research and Practice*, 3, 215-228.

OECD (2003). *The PISA 2003 Assessment Framework – Mathematics, Reading, Science and Problem Solving Knowledge and Skills*. online:

www.pisa.oecd.org/dataoecd/46/14/33694881.pdf

OECD (2006).

http://www.pisa.oecd.org/pages/0,2987,en_32252351_32235731_1_1_1_1_1,00.html

Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: a review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25, 1049-1079.

Shwartz, Y., Ben-Zvi, R., & Hofstein, A. (2006). The use of scientific literacy taxonomy for assessing the development of chemical literacy among high-school chemistry students. *Chemistry Education Research and Practice*, 7, 203-225.

Stamovlasis, D., Dimos, A., & Tsaparlis G. (2006). A study of group interactions in learning lower secondary physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 556-576.

Taber K. S. (2012). Key concepts in chemistry. In Taber K. S. (ed.), *Teaching secondary chemistry*, 2nd new edn., Ch. 1. London: Association for Science Education / Hodder Education.

Task Force on Chemical Education Research (1994). Chemical education research. *Journal of Chemical Education*, 71, 850-852.

Toomet, R., DePierro, E., & Garafalo, F. (2001). Helping students to make inferences about the atomic realm by delaying the presentation of atomic structure. *Chemistry Education Research and Practice*, 2, 129-144.

Tsaparlis, G. (1997). Atomic and molecular structure in chemical education - A critical analysis from various perspectives of science education. *Journal of Chemical Education*, 74, 922-925.

Tsaparlis G. (2009). Learning at the macro level: the role of practical work. In J.K. Gilbert and D.F. Treagust (Eds.), *Multiple representations in chemical education*, Chapter 5, pp. 109-136. Springer

Tsaparlis, G., & Gorezi, M. (2007). Addition of a project-based component to a conventional expository physical chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 84, 668-670.

Tsaparlis G., Kolioulis D., & Pappa E. (2010). Lower-secondary introductory chemistry course: A novel approach based on science-education theories, with emphasis on the macroscopic approach, and the delayed meaningful teaching of the concepts of molecule and atom. *Chemistry Education Research and Practice*, 11, 107-117 (plus Supplementary Material).

von Glasersfeld, E. (1989). Cognition, construction of knowledge, and teaching. *Synthese*, 80, 121-140.

Vygotsky L. (1962). *Thought and language*. Cambridge, MA: MIT Press.

Wikipedia. Naïve realism: http://en.wikipedia.org/wiki/Na%C3%AFve_realism (πρόσβαση στις 8 Ιουν 2012).

Zimrot, R., & Ashkenazi, G. (2007). Interactive lecture demonstrations: A tool for exploring and enhancing conceptual change. *Chemistry Education Research and Practice*, 8, 197-211.