

**Έννοιες, μεγέθη, εξισώσεις που είναι κοινά
στη σχολική φυσική και χημεία - Ιδέες των μαθητών λυκείου
για την κοινότητα, τις ομοιότητες και τις διαφορές**

Κυριακή Γεωργούση, Γεώργιος Τσαπαρλής
Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας, Τομέας Φυσικοχημείας
gtseper@cc.uoi.gr.

Περίληψη: Διερευνώνται το κοινό εννοιολογικό υπόβαθρο και η κοινή πειραματική και θεωρητική μεθοδολογία στις γνώσεις της φυσικής και της χημείας των μαθητών της β΄ τάξης του ενιαίου λυκείου. Η έρευνα έγινε με τη μέθοδο της ατομικής ημιδομημένης συνέντευξης με 15 καλούς μαθητές θετικής κατεύθυνσης, 7 αγόρια και 8 κορίτσια. Τα θέματα που μελετήθηκαν ήταν: μάζα, όγκος και πυκνότητα / δομή του ατόμου / δυνάμεις που συγκρατούν τα υποατομικά σωματίδια / καταστάσεις της ύλης / φυσικές και χημικές ιδιότητες / σχετική ατομική και σχετική μοριακή μάζα /καταστατική εξίσωση των αερίων / πειραματική και θεωρητική μεθοδολογία των δύο επιστημών / εφαρμογές και εφαρμοσμένοι κλάδοι χημείας και φυσικής / ενιαιοποίηση των δύο μαθημάτων. Αρκετοί μαθητές έχουν μια καλή αντίληψη της κοινότητας, των ομοιοτήτων και των διαφορών. Ένα σημαντικό όμως τμήμα τους εμφάνισαν αδυναμίες, όπως ταυτολογίες και δυσκολία διατύπωσης. Οι αδυναμίες αυτές πρέπει να είναι αρκετά πιο εκτεταμένες και πιο έντονες στο συνολικό μαθητικό πληθυσμό. Γίνονται βελτιωτικές προτάσεις, όπως η κατανόηση των εννοιών μέσα από μια εποικοδομητική διδασκαλία, η αναφορά ιστορικών στοιχείων στη διδασκαλία και η εισαγωγή ενιαίου μαθήματος φυσικής και χημείας στην α΄ γυμνασίου.

Εισαγωγή

Ιστορικά, η φυσική και η χημεία εξελίχθηκαν ως δύο ξεχωριστές και εντελώς διαφορετικές επιστήμες (Αραμπατζής κ.ά. 1999, Μπόκαρης 2002). Προάγγελος της *Επιστημονικής Επανάστασης* θεωρείται το βιβλίο του Κοπέρνικου «Περί της περιστροφής των ουρανίων σφαιρών» (1543) που αποτέλεσε την πρώτη ολοκληρωμένη προσπάθεια μαθηματικής θεμελίωσης μιας θεωρίας που έμελλε να αλλάξει ριζικά την εικόνα για τη λειτουργία του σύμπαντος και τη θέση του ανθρώπου σ΄ αυτό. Η θεωρία του Κοπέρνικου έγινε αποδεκτή πενήντα χρόνια μετά, με τη συμβολή του Γαλιλαίου και του Κέπλερ.

Ο 17^{ος} αιώνας ήταν ο αιώνας της διαμόρφωσης των θεωριών και της μεθοδολογίας της φυσικής επιστήμης η οποία αυτονομήθηκε από τη φιλοσοφία. Ο Νεύτων είναι ο γνωστότερος και ίσως ο μεγαλύτερος φυσικός της εποχής του. Η ανακάλυψη των νόμων της κλασικής ή Νευτώνειας Μηχανικής αποτέλεσε ένα από τα σημαντικότερα επιτεύγματα του ανθρώπινου πολιτισμού και θεωρείται ως η ληξιαρχική πράξη γέννησης της σύγχρονης επιστήμης.

Στα τέλη του 18^{ου} αιώνα πραγματοποιήθηκε η "χημική επανάσταση" με την πτώση της θεωρίας του φλογιστού, την ανακάλυψη του οξυγόνου και τη διατύπωση από τον Lavoisier μιας νέας θεωρίας για την καύση των σωμάτων με βάση το οξυγόνο, κατά την οποία συγκροτείται η σύγχρονη αντίληψη της επιστήμης της χημείας. Παρόλο όμως που από τον καιρό του Νεύτωνα θεωρήθηκε ότι η χημεία θα μπορούσε να εξηγηθεί με βάση τους νόμους της φυσικής (να αναχθεί στη φυσική – αναγωγισμός -*reductionism*), χρειάστηκε να φθάσουμε

στο δεύτερο μισό του 19ου αιώνα για να αρχίσει η ουσιαστική ερμηνεία των χημικών φαινομένων με τη δημιουργία της επιστήμης της φυσικοχημείας.

Η παραπάνω ιστορική συγκυρία είχε διαχρονικά την προέκτασή της στα σχολικά προγράμματα της φυσικής και της χημείας, που αντιμετωπίστηκαν, και εν πολλοίς εξακολουθούν να αντιμετωπίζονται (και στη χώρα μας), ως δύο ξεχωριστά και διαφορετικά μαθήματα. Όμως ένα από τα χαρακτηριστικά της σύγχρονης επιστήμης είναι ότι στοχεύει να παραγάγει ένα ενιαίο και συνεκτικό σύνολο γνώσης, γεγονός που αντανακλά και τις επιστημολογικές αντιλήψεις των επιστημόνων. Αυτοί αναζητούν και δίνουν μεγάλη σημασία σε αρχές και μοντέλα που έχουν γενική ισχύ και είναι θεμελιώδη για τη φύση, όπως η διατήρηση της ενέργειας, το ατομικό-μοριακό μοντέλο της ύλης, η φυσική επιλογή. Αποσκοπούν δηλαδή στην εξεύρεση μιας ενιαιοποιημένης θεωρίας για τη φύση. Και ενώ οι επιστήμονες στοχεύουν σε μια ενιαιοποιημένη θεωρία για την κατανόηση της φύσης, οι μαθητές εμφανίζουν μια εντελώς διαφορετική συμπεριφορά. Έρευνες των ιδεών των μαθητών σχετικές με την επιστήμη δείχνουν ότι η "επιστημονική" γνώση των μαθητών είναι αδύνατα δομημένη και συχνά αποσπασματική αν και τα ερευνητικά αποτελέσματα που αφορούν την "ενιαιοποίηση" και "την ανάπτυξη της ενιαιοποίησης της επιστημονικής σκέψης" είναι περιορισμένα (Taber 2001). Ο όρος "εννοιολογική ενιαιοποίηση" χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια δομή της γνώσης τέτοια που να επιτρέπει την "ισχυρή σύνδεση" ανάμεσα σε "διαφορετικές περιοχές".

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνήσει το βαθμό ενιαιοποίησης στις γνώσεις της φυσικής και της χημείας των μαθητών της β' τάξης του ενιαίου λυκείου. Προς τούτο πήραμε συνεντεύξεις από έναν αριθμό ικανών στις θετικές επιστήμες μαθητών με τις οποίες αποσκοπούσαμε να διερευνήσουμε κατά πόσον οι μαθητές αντιλαμβάνονται:

α. Το κοινό εννοιολογικό υπόβαθρο και θεωρητική μεθοδολογία της φυσικής και της χημείας.

β. Τον πειραματικό χαρακτήρα των δύο επιστημών.

γ. Τη χρησιμότητα διαφόρων φυσικών μεγεθών και εννοιών στις αντίστοιχες επιστήμες.

Το παραπάνω σκεπτικό καθοδήγησε τη δομή και το περιεχόμενο της χρησιμοποιηθείσας συνέντευξης.

Μέθοδος

Μέθοδος της έρευνας ήταν η ημιδομημένη συνέντευξη. Η επιλογή της μεθόδου έγινε με κριτήριο τη δυνατότητα που αυτή παρέχει για επαναδιατύπωση της ερώτησης από την πλευρά του ερευνητή και την παροχή συμπληρωματικών απαντήσεων από την πλευρά του ερωτώμενου (Αθανασίου 2003). Στην έρευνα έλαβαν μέρος 15 μαθητές, 7 αγόρια και 8 κορίτσια, της β' τάξης από έξι ενιαία λύκεια των πόλεων της Φιλιππιάδας, Άρτας, Πρέβεζας, Ηγουμενίτσας και Ιωαννίνων. Όλοι ήταν μαθητές θετικής κατεύθυνσης, με υψηλές επιδόσεις στα μαθήματα φυσικής και χημείας.

Το πρωτόκολλο της συνέντευξης συντάχθηκε από τους δύο συγγραφείς. Σε επανειλημμένες διαδοχικές συναντήσεις, συζητήθηκαν τα σχετικά θέματα, λύθηκαν απορίες και διχογνωμίες και καταλήξαμε στο τελικό υλικό. Ως αφετηρία για τη σύνταξη των ερωτήσεων αποφασίστηκε να ληφθούν τα σχολικά βιβλία χημείας. Από αυτά επιλέχθηκαν θέματα και αποσπάσματα διδασκόμενης ύλης, τα οποία θα δείχνονταν στους μαθητές κατά τις συνεντεύξεις και θα ζητούνταν η σύνδεση και η σχέση με αντίστοιχα θέματα και έννοιες της φυσικής. Η αξιοπιστία περιεχομένου εξασφαλίζεται ακριβώς από αυτή τη διαδικασία επιλογής των θεμάτων. Βέβαια η ζητούμενη σύνδεση είναι φανερό να είναι δύσκολο ή και αδύνατο να γίνει από αδύνατους ή και μέτριους μαθητές. Για τον λόγο αυτό αποφασίστηκε να επιλεγούν για τις συνεντεύξεις οι καλύτεροι μαθητές, σύμφωνα με προτάσεις των καθηγητών της τάξης τους. Η επιλογή αυτή συμβάλλει περαιτέρω στην αξιοπιστία της όλης διαδικασίας.

Οι ερωτήσεις αφορούσαν στα παρακάτω θέματα:

- τα μεγέθη μάζα, όγκο, πυκνότητα
- τη δομή του ατόμου
- το είδος των δυνάμεων που συγκρατούν τα υποατομικά σωματίδια
- τις καταστάσεις της ύλης
- τις φυσικές και χημικές ιδιότητες
- το ατομικό και μοριακό βάρος
- την καταστατική εξίσωση των αερίων
- την πειραματική και θεωρητική μεθοδολογία των δύο επιστημών
- τη γνώμη τους για δυνατή ενοποίηση φυσικής και χημείας σε ένα ενιαίο μάθημα.

Κατά τις συνεντεύξεις παρόντες ήταν μόνον η ερευνήτρια και ο μαθητής ή η μαθήτρια. Η διάρκεια της κάθε συνέντευξης ήταν 45-60 λεπτά. Πριν από την έναρξη, οι μαθητές ενημερώνονταν για το σκοπό. Κατά τη συνέντευξη, δίνονταν διευκρινήσεις και γίνονταν συμπληρωματικές ερωτήσεις από την ερευνήτρια για την καλύτερη διερεύνηση των απόψεων των μαθητών. Η συζήτηση καταγραφόταν σε μαγνητόφωνο. Κατά την απομαγνητοφώνηση οι απαντήσεις καταγράφονταν με κάθε λεπτομέρεια ώστε αυτές να μπορούν να μελετηθούν σε βάθος.

Αποτελέσματα και σχολιασμός

Όγκος, μάζα, πυκνότητα

Στην ενότητα ερωτήσεων 1, ζητήσαμε από τους μαθητές να μας δικαιολογήσουν τη χρησιμότητα των μεγεθών όγκου, μάζας, πυκνότητας στη χημεία και στη φυσική.* Οι μαθητές απάντησαν στις ερωτήσεις μας σύμφωνα με τον τρόπο που έχουν διδαχθεί. Ρωτήθηκαν για τη χρησιμότητα των μεγεθών στη φυσική και στη χημεία και απάντησαν στην πλειονότητά τους με άμεση ή έμμεση αναφορά στον ορισμό του μεγέθους.

Για τον όγκο απάντησαν ότι χρησιμεύει, μετράει, δείχνει κ.λπ. το χώρο που καταλαμβάνει ένα σώμα. Για τη μάζα ότι μετράει ποσότητα ύλης και αριθμό μορίων ή συνδέουν τη μάζα με το βάρος. Συνέδεσαν την πυκνότητα με τη μάζα και τον όγκο και κάνουν σαφή αναφορά στην πυκνότητα διαλυμάτων.

Στην κοινή απάντηση για τα τρία μεγέθη απάντησαν ότι συνδέονται μεταξύ τους με τον τύπο της πυκνότητας, κάτι που αποτελεί αναφορά στον ορισμό της πυκνότητας. Για τη χρησιμότητα των μεγεθών στη φυσική απάντησαν ότι: Είναι ίδια με τη χημεία (5).** Χρησιμεύουν στην καταστατική εξίσωση (3). Χρησιμεύουν στην μελέτη κινήσεων (1).

Η εστίαση των μαθητών σε ορισμούς και εξισώσεις μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι τα σχετικά μαθήματα διδάσκονται κατά κανόνα θεωρητικά, χωρίς αντίστοιχα πειράματα. Έτσι εξηγείται π.χ. ότι δεν αναφέρθηκαν χρήσεις των μεγεθών σε πειραματικές διαδικασίες όπως ζύγιση, ογκομέτρηση κ.λπ.

Φυσικά μεγέθη

Στην ενότητα ερωτήσεων 2 ζητήσαμε από τους μαθητές να μας εξηγήσουν τη χρησιμότητα στη χημεία των μεγεθών μήκος, μάζα, χρόνος, θερμοκρασία, ποσότητα ύλης, ένταση ηλεκτρικού ρεύματος και φωτεινή ένταση.

* Παρόλο που μια τέτοια διατύπωση φαίνεται γενική και ίσως και ασαφής (τι εννοούμε εμείς και τι καταλαβαίνει ο μαθητής ως «χρησιμότητα» και πού αναφερόμαστε, στη φυσική και τη χημεία ως επιστήμες ή στα αντίστοιχα μαθήματα;) είναι φανερό ότι δεν περιμέναμε από τους μαθητές να κατέχουν τις επιστήμες, αλλά μόνον τα σχολικά μαθήματα που είχαν συναντήσει. Εξάλλου, από τις απαντήσεις γίνεται φανερό το τι κατάλαβαν οι μαθητές.

** Οι αριθμοί σε παρένθεση αντιστοιχούν στις συχνότητες των απαντήσεων.

Οι μαθητές συνάντησαν δυσκολία να αναγνωρίσουν τη χρησιμότητα του μήκους στη χημεία. Ακόμη και αυτοί (4) που απάντησαν ότι είναι μέγεθος που χρειάζεται στη χημεία δεν μπόρεσαν να δικαιολογήσουν την απάντησή τους. Η ίδια αδυναμία παρατηρήθηκε και με τα μεγέθη ένταση ηλεκτρικού ρεύματος και φωτεινή ένταση.

Ο χρόνος συνδέεται σωστά με τη διάρκεια των αντιδράσεων (5) και την ταχύτητα των αντιδράσεων (5). Η θερμοκρασία συνδέεται με το αποτέλεσμα και τη δυνατότητα πραγματοποίησης μιας χημικής αντίδρασης (6), με την καταστατική εξίσωση (3) και τη μέτρηση της θερμοκρασίας των υλικών (3). Η ποσότητα της ύλης συνδέεται με στοιχειομετρικούς υπολογισμούς και πειραματικές διαδικασίες (5), με την καταστατική εξίσωση (3) και με υπολογισμούς από τον τύπο $n = m/M$.

Δομή του ατόμου

Στις απαντήσεις για τη χρησιμότητα της μελέτης της δομής του ατόμου στη χημεία και στη φυσική 2 μόνον μαθητές απάντησαν ότι η χημεία και η φυσική ενδιαφέρονται για τη μελέτη της δομής του ατόμου γιατί αυτές είναι αλληλένδετες. Εξάλλου, διακρίνουμε δύο σαφώς διαφορετικές ομάδες: Στη χημεία η χρησιμότητα συνδέεται με τη δομή, τις ιδιότητες και το είδος των δεσμών που σχηματίζει μια ουσία (8). Η φυσική μελετά τη δομή του ατόμου γιατί ενδιαφέρεται για τη μελέτη της κίνησης των ηλεκτρονίων και για φαινόμενα ηλεκτρισμού, μαγνητισμού (5).

Οι μαθητές συνάντησαν δυσκολία να απαντήσουν στο ερώτημα τι είδους δυνάμεις συγκρατούν τα ηλεκτρόνια γύρω από τον πυρήνα. Από τους 12 μαθητές που τις χαρακτήρισαν ελκτικές ή ελκτικές ηλεκτρικές δυνάμεις, οι 8 απάντησαν ότι οι δυνάμεις αυτές είναι γνωστές από τη φυσική. Από αυτούς 4 τις αναγνώρισαν ως ηλεκτρικές δυνάμεις ή δυνάμεις Coulomb.

Μια θολή εικόνα είχαν στην πλειονότητά τους οι μαθητές για το λέιζερ. Είναι ακτίνες ή ακτινοβολία που χρησιμοποιείται στην ιατρική, σε χειρουργεία, στη βιολογία (7). Είναι δέσμη φωτός - ηλεκτρονίων που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία, στην κοπή υλικών, στη μεταφορά πληροφορίας (2).

Από τους μαθητές, 12 δήλωσαν ότι έχουν ακούσει για πυρηνική φυσική και 8 για πυρηνική χημεία. Από αυτούς, 7 απάντησαν ότι υπάρχει κάποια σχέση ανάμεσα τους και 2 εντόπισαν τη σχέση αυτή στη μελέτη κοινών θεμάτων και στην κοινή τους βάση (μελετούν ίδια στοιχεία, ίδιες αντιδράσεις / στηρίζονται στη δομή των ατόμων).

Καταστάσεις της ύλης

Στις ερωτήσεις για ποιο λόγο η χημεία και η φυσική μελετούν τις καταστάσεις της ύλης, έχουμε δύο ομάδες απαντήσεων. Στην πρώτη ομάδα (Η χημεία και η φυσική μελετούν τις καταστάσεις της ύλης για να γνωρίσουν τις ιδιότητες των σωμάτων) εντάσσονται 7 απαντήσεις για την υποερώτηση που αφορά τη χημεία και 6 για την υποερώτηση που αφορά τη φυσική. Σε τρεις περιπτώσεις οι μαθητές απάντησαν ότι η φυσική μελετά τις καταστάσεις της ύλης για τον ίδιο λόγο με τη χημεία. Στη δεύτερη ομάδα απαντήσεων (Η χημεία και η φυσική μελετούν τις καταστάσεις της ύλης για να γνωρίσουν τις μεταβολές κατά τη μετάβαση από τη μια κατάσταση στην άλλη), σε μια περίπτωση ο μαθητής απάντησε ότι η φυσική μελετά τις καταστάσεις της ύλης για τον ίδιο λόγο με τη χημεία. Στην ομάδα αυτή εντάσσονται 2 και 3 απαντήσεις για τη χημεία και τη φυσική αντίστοιχα.

Στη χημεία υπάρχει επιπλέον η κατηγορία: Η χημεία μελετά τις καταστάσεις της ύλης γιατί επηρεάζουν τη χημική συμπεριφορά (4). Στη φυσική έχουμε μια επιπλέον κατηγορία που συνδέει τη μελέτη των καταστάσεων της ύλης με την κίνηση των μορίων (2).

Φυσικές και χημικές ιδιότητες

Οι μαθητές έκαναν καλή διάκριση ανάμεσα σε φυσικές και χημικές ιδιότητες. Οι απαντήσεις που έδωσαν στην ερώτηση γιατί τις φυσικές ιδιότητες τις λέμε έτσι είναι σύμφωνες με τον ορισμό που δίνει γι' αυτές το βιβλίο και ταξινομούνται σε δύο ομάδες: (α) Διότι δεν αλλάζει η σύσταση (6). (β) Οι χημικές εμφανίζονται σε σχέση με κάποιο άλλο σώμα. Οι φυσικές είναι χαρακτηριστικό των ουσιών (4).

Ως προς τη χρησιμότητα των φυσικών ιδιοτήτων στη χημεία, 4 απάντησαν ότι αυτές επηρεάζουν τη χημική συμπεριφορά και 3 ότι οι φυσικές μαζί με τις χημικές ιδιότητες περιγράφουν ένα στοιχείο.

Μάζα και βάρος

Οι μαθητές στη δικαιολόγηση της απάντησής τους γιατί οι έννοιες μάζα και βάρος δεν είναι ταυτόσημες απάντησαν αναφερόμενοι σε επιμέρους χαρακτηριστικά των εννοιών χωρίς να δίνουν μια ολοκληρωμένη απάντηση.

Ως προς τη χρησιμότητα των εννοιών στη χημεία και τη φυσική έχουμε δύο κοινές ομάδες απαντήσεων: (α) Σε μετρήσεις και στοιχειομετρικούς υπολογισμούς. (β) Σε υπολογισμούς μεγεθών – επίλυση προβλημάτων Η πλειονότητα των απαντήσεων για τη χρησιμότητα της μάζας στη χημεία (6) ταξινομείται στην πρώτη ομάδα. Αντίθετα η πλειονότητα των απαντήσεων για τη φυσική (7) ταξινομείται στη δεύτερη κατηγορία.

Για τη χρησιμότητα του βάρους στη χημεία και τη φυσική έχουμε δύο σαφώς διαφορετικές ομάδες απαντήσεων: (α) Στη χημεία σε 5 απαντήσεις είχαμε σύνδεση με το ατομικό και μοριακό βάρος. Στη φυσική σε 10 απαντήσεις η χρησιμότητα του βάρους συνδέθηκε με υπολογισμούς μεγεθών – επίλυση προβλημάτων.

Καταστατική εξίσωση

Για τη χρησιμότητα της καταστατικής εξίσωσης στη χημεία είχαμε 3 απαντήσεις με αναφορά σε χημικές αντιδράσεις – χημικές έννοιες. Αντίστοιχα και στη φυσική είχαμε επίσης 3 απαντήσεις όπου η καταστατική εξίσωση συνδέεται με την κίνηση μορίων.

Η κοινή κατηγορία απαντήσεων για τη χημεία και τη φυσική συνδέεται με την επίλυση προβλημάτων. Στην κατηγορία αυτή είχαμε 9 απαντήσεις για τη φυσική και 9 για τη χημεία.

Σχέση φυσικής και χημείας

Στο σύνολό τους οι μαθητές απάντησαν ότι υπάρχει σχέση ανάμεσα στη φυσική και τη χημεία. Η σχέση αυτή συνίσταται στη χρήση κοινών εννοιών, μεγεθών και μεθοδολογίας αφενός και στο γεγονός ότι μελετούν τα ίδια θέματα αφετέρου.

Πειράματα φυσικής και χημείας

Πολύ μικρή εμπειρία έχουν πολλοί μαθητές από πειράματα φυσικής και χημείας. Όσοι (9) δήλωσαν ότι είχαν παρακολουθήσει κάποιο πείραμα δυσκολεύονταν να το περιγράψουν ή και να θυμηθούν σε τι ακριβώς αυτό αναφερόταν.

Η έλλειψη πειραματικής εμπειρίας φαίνεται να είναι η αιτία που πολλοί μαθητές δεν αναγνώρισαν την ύπαρξη κοινών στοιχείων στην πειραματική μεθοδολογία των δύο επιστημών. Από τους 9 που απάντησαν ότι υπάρχει κάποια σχέση ανάμεσα στην πειραματική μεθοδολογία των δύο επιστημών, 3 προσδιόρισαν τη σχέση αυτή στη χρησιμοποίηση των ίδιων οργάνων.

Θεωρητική μεθοδολογία φυσικής και χημείας

Οι 14 από τους μαθητές απάντησαν ότι υπάρχει κοινή θεωρητική μεθοδολογία στη φυσική και στη Χημεία. Η κοινότητα εντοπίζεται στη χρησιμοποίηση κοινών μεγεθών, νόμων και των μαθηματικών.

Ενιαιοποίηση των μαθημάτων φυσικής και χημείας

Μόνον 4 μαθητές απάντησαν ότι η χημεία και η φυσική μπορούν να αποτελέσουν ένα ενιαίο μάθημα. Την άποψη αυτή εξέφρασαν με την επιφύλαξη ότι δεν μπορούμε να μιλάμε γενικά για ενιαιοποίηση αλλά μόνον για ενιαιοποίηση ορισμένων κεφαλαίων. Τις αρνητικές (7) απαντήσεις δικαιολόγησαν κυρίως με το επιχείρημα ότι οι δύο επιστήμες έχουν διαφορετικό αντικείμενο, ενώ 3 στήριξαν την αρνητική απάντησή τους στο εύρος των δύο επιστημών.

Συμπεράσματα

Η αδυναμία των μαθητών να κάνουν συνδέσεις ανάμεσα στη φυσική και τη χημεία και να αντιληφθούν την κοινή μεθοδολογία τους μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι σε εισαγωγικά μαθήματα φυσικής και χημείας διακρίνει κανείς αρκετές διαφορές ανάμεσα στους δύο κλάδους. Για παράδειγμα η φυσική επιχειρεί να περιγράψει συστηματικά τη συμπεριφορά υλικών σωμάτων και φαινόμενα όπως το φως, ο ηλεκτρισμός και ο ήχος, χωρίς να επικαλείται άμεσα την ατομική δομή. Η χημεία αντίθετα, επιχειρεί να περιγράψει συστηματικά τη συμπεριφορά των ουσιών, βασιζόμενη σε ατομική-μοριακή βάση. Ο όρος *μεταβολή* όπως χρησιμοποιείται στο μάθημα της φυσικής φέρνει στο μυαλό εικόνες κινήσεων και δυνάμεων. Στο μάθημα της χημείας, είναι πιθανότερο ότι η *μεταβολή* παραπέμπει σε μεταβολές των ουσιών.

Η διαφορετική επιστημονική εκπαίδευση και η αντίληψη των δασκάλων για τη επαγγελματική τους ταυτότητα είναι ένας επιπλέον λόγος που δεν βοηθά τους μαθητές να δημιουργήσουν μια ενιαιοποιημένη εικόνα για τη φυσική και τη χημεία και εμποδίζει την ενιαιοποίηση προγραμμάτων σπουδών των φυσικών επιστημών (Aikenhead 2003, Sánchez Gómez και Martín 2003).

Παρά τις διαφορές όμως, σε εισαγωγικό πάντα επίπεδο, υπάρχει και επικάλυψη σε μερικά θέματα όπως επίσης υπάρχουν κοινές έννοιες μεγέθη και εξισώσεις. Υπάρχουν επίσης και κοινές δεξιότητες οι οποίες είναι απαραίτητες για τα δύο αντικείμενα όπως η παρατήρηση, η σύγκριση, η ταξινόμηση, η συμβολική αναπαράσταση, η αιτιολόγηση, ο έλεγχος μεταβλητών, η εξαγωγή συμπερασμάτων, η διατύπωση και ο έλεγχος υποθέσεων, η αξιολόγηση επιχειρημάτων (Toomey & Garafalo 2003).

Περνώντας σε ειδικότερα συμπεράσματα της έρευνάς μας, θα πρέπει να υπενθυμίσουμε ότι οι μαθητές του δείγματός μας ήταν επιλεγμένοι – καλοί μαθητές β΄ τάξης λυκείου. Το γενικό συμπέρασμα είναι ότι από αυτούς αρκετοί έχουν μια καλή αντίληψη της κοινότητας, των ομοιοτήτων και των διαφορών ανάμεσα στα μαθήματα και τις επιστήμες της φυσικής και της χημείας. Από την άλλη, ένα σημαντικό τμήμα αυτών των μαθητών εμφάνισαν όμως αδυναμίες στις συγκρίσεις τους, πολλές από τις οποίες δικαιολογούνται. Από τα παραπάνω είναι φανερό ότι αν επεκταθούμε στον συνολικό μαθητικό πληθυσμό (και όχι μόνο στους καλούς μαθητές), οι αδυναμίες αυτές πρέπει να είναι αρκετά πιο εκτεταμένες και πιο έντονες.

Κύρια χαρακτηριστικά των αδύναμων απαντήσεων των μαθητών είναι τα παρακάτω:

- Ταυτολογίες, ουσιαστικά δεν απαντούν, αλλά επαναλαμβάνουν τον ορισμό (π.χ. όγκος, μάζα, πυκνότητα)
- Δυσκολία διατύπωσης που οδηγεί σε ασάφειες.
- Αναφορά σε επίλυση προβλημάτων, υπολογισμούς μεγεθών.
- Μελέτη κινήσεων (μορίων ή όχι): είναι μια κατηγορία απαντήσεων που συναντάται μόνον στη φυσική (όγκος, μάζα, πυκνότητα, δομή του ατόμου, καταστάσεις της ύλης, μάζα και βάρος, καταστατική εξίσωση).
- Ένας σημαντικός αριθμός αόριστων-ασαφών ή λανθασμένων απαντήσεων.

Περιορισμοί και ανάγκη περαιτέρω έρευνας

Ο σημαντικότερος περιορισμός που χαρακτηρίζει την παρούσα εργασία είναι ότι αυτή διέτρεξε πολλά επιμέρους θέματα, με συνέπεια να μην καταστεί δυνατό να διεισδύσει βαθιά σε κάποια ή κάποιο από αυτά. Αυτό όμως μπορεί να δικαιολογηθεί από το γεγονός ότι το θέμα ήταν εξαιρετικό πρωτότυπο, άρα η εργασία συνιστά κατ'ουσίαν μια προκαταρκτική έρευνα που αποσκοπούσε να πάρει την γενική τάση, κάτι που πιστεύουμε ότι επετεύχθη. Σε μια επόμενη έρευνα μπορεί και πρέπει να γίνει εστίαση στα πιο βασικά και πιο ενδιαφέροντα θέματα.

Διδακτικές προτάσεις

Το γενικό και βασικό εύρημα ήταν ότι πολλοί μαθητές παρόλο ότι αντιλαμβάνονται τον κοινό χαρακτήρα της φυσικής και της χημείας, εντούτοις φαίνεται ότι εντοπίζουν ή θέλουν να κάνουν ουσιαστική διάκριση μεταξύ των δύο επιστημών-μαθημάτων. Η διάκριση αυτή συχνά δεν ευσταθεί αλλά προέρχεται από το απλό γεγονός ότι οι δύο επιστήμες-μαθήματα αντιμετωπίζονται σε όλη τη μέση εκπαίδευση χωριστά. Το εύρημα αυτό βρίσκεται στη βάση των προτάσεων που ακολουθούν. Περνώντας λοιπόν σε διδακτικές προτάσεις, θα εστιάσουμε την προσοχή μας σε τρεις προσεγγίσεις: α) τη χρησιμότητα και ανάγκη για εποικοδομητική διδακτική μεθοδολογία, β) το ρόλο της ιστορίας και της φιλοσοφίας της επιστήμης στη διδασκαλία των φ.ε. και γ) τη χρησιμότητα και ανάγκη για ενιαιοποιημένη διδασκαλία των φ.ε στο σχολείο.

Η χρησιμότητα και ανάγκη για εποικοδομητική διδακτική μεθοδολογία

Είναι γνωστό ότι κατά τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (φ.ε). στα ελληνικά σχολεία, έμφαση δίνεται στη μετάδοση στους μαθητές ορισμένων λογιστικών δεξιοτήτων και όχι στη βαθιά κατανόηση (Τσαπαρλής 2002). Τέτοιες δεξιότητες είναι η αλγοριθμική εφαρμογή μαθηματικών τύπων και η αντικατάσταση σ' αυτούς αριθμητικών δεδομένων, η αναπαραγωγή επιλέξει ορισμών, νόμων, θεωριών, εξισώσεων κ.λπ. από τα σχολικά βιβλία, η γραφή χημικών τύπων, η συμπλήρωση και ισοστάθμιση χημικών εξισώσεων. Αν όμως περάσουμε σε θέματα κατανόησης, τότε παρατηρούμε, όπως συχνά βρήκαμε και στην παρούσα εργασία, ότι οι μαθητές έχουν άγνοια και πολλές παρανοήσεις.

Σήμερα γίνεται γενικά δεκτό ότι για να επιτευχθεί εννοιολογική κατανόηση απαιτούνται νέες εποικοδομητικές μεθόδους διδασκαλίας. Και οπωσδήποτε καλύτερα εκπαιδευμένοι καθηγητές, τόσο από επιστημονική όσο και από παιδαγωγική-διδακτική άποψη (Τσαπαρλής 2002). Θεωρούμε ότι οι εποικοδομητικές μέθοδοι θα συμβάλουν ουσιαστικά και στην καλύτερη σύνδεση από τους μαθητές της φυσικής με τη χημεία που είναι το ζητούμενο της παρούσας εργασίας (Toomey & Garafalo 2003).

Ο ρόλος της ιστορίας και της φιλοσοφίας της επιστήμης στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών

Υποστηρίζεται από πολλούς ότι η ιστορία της επιστήμης πρέπει να παίζει σημαντικό ρόλο στα εκπαιδευτικά προγράμματα (Bevilacqua & Bordoni 1998; Matthews 1998; Niaz & Rodríguez 2001). Οι Sánchez Gómez και Martín (2003) υποστηρίζουν ότι η διδασκαλία των φ.ε. που δεν περιλαμβάνει και την ιστορική πλευρά τους είναι μια ακρωτηριασμένη διδασκαλία.

Να σημειωθεί ότι δεν υποστηρίζεται ένα ξεχωριστό μάθημα ιστορίας των επιστημών, αλλά η ένταξη της ιστορίας μέσα στα ίδια τα μαθήματα των φ.ε. Το ξεχωριστό μάθημα έχει πολλά προβλήματα, όπως επιβάρυνση του σχολικού προγράμματος και αμφίβολη χρησιμότητα, που τελικά οδηγούν στο να απαξιώνεται, θεωρούμενο από τους περισσότερους μαθητές και καθηγητές μάθημα χωρίς ιδιαίτερο ενδιαφέρον και χρησιμότητα. Από την άλλη,

και με παρόμοια συλλογιστική, η ένταξη της ιστορίας μέσα στα μαθήματα των φ.ε. δεν πρέπει να συνιστά ξεχωριστό υλικό σε πλαίσια ή παραρτήματα, αλλά να γίνεται κατά ολοκληρωμένο-ενσωματωμένο τρόπο, ως αναπόσπαστο κομμάτι της διδακτέας ύλης.

Βέβαια είναι γνωστό ότι στην πράξη δεν συνηθίζεται να περιλαμβάνεται η ιστορία ως δομικό στοιχείο των μαθημάτων των φ.ε. Υπάρχουν και αρκετά άλλα επιχειρήματα εναντίον της ένταξης της ιστορίας μέσα στα μαθήματα των φ.ε. (Sánchez Gómez & Martín 2003). Ένα ισχυρό επιχείρημα έχει να κάνει με τον τρόπο διδασκαλίας του ιστορικού υλικού. Αν αυτό γίνει με τον παραδοσιακό τρόπο ως η παρουσίαση μιας συλλογής γεγονότων (χωρίς προσπάθεια θεωρητικής ανάλυσης και ερμηνείας), τότε πέφτουμε σε παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας, τον οποίο έχουμε καταδικάσει για το καθαυτό επιστημονικό τμήμα των μαθημάτων.

Το πρόβλημα επομένως είναι θέμα μεθοδολογίας, αλλά κυρίως πρόβλημα διδακτικού χρόνου. Μια ενδιάμεση οδός είναι η παρουσίαση όχι συστηματικής της ιστορίας, αλλά μερικών σημαντικών γεγονότων. Ανεξάρτητα από αυτό, εκείνο που είναι χρήσιμο και απαραίτητο είναι να καταρτίζονται οι εκπαιδευτικοί των φ.ε. στην ιστορία και τη φιλοσοφία των φ.ε., κάτι που δυστυχώς δεν γίνεται σήμερα. Ένας έτσι καταρτισμένος εκπαιδευτικός θα έχει την κρίση και τη γνώση να εντάσσει και να χρησιμοποιεί θέματα ιστορίας μέσα στα μαθήματα φ.ε. ανάλογα με τις ανάγκες και τις δυνατότητες.

Η ανάγκη και χρησιμότητα του ενιαιοποιημένου μαθήματος φυσικής και χημείας

Σύμφωνα με τα συμπεράσματα Διεθνούς Συνεδρίου για την ενιαιοποιημένη διδασκαλία των φ.ε. που έγινε στην Βάρνα της Βουλγαρίας το 1968 (Conseil International des Unions Scientifiques, 1968), η διδασκαλία ενιαιοποιημένων των φ.ε. συμβάλλει στη γενική παιδεία των μαθητών, με το να δίνει έμφαση στο ενιαίο των φ.ε. καθώς και στο ρόλο τους στην σύγχρονη κοινωνία. Εξάλλου, οι Gadsen, Becht και Dawson (1979) ανέλυσαν πάνω από 100 προγράμματα για τη διδασκαλία των ενιαιοποιημένων φ.ε. σε διάφορες χώρες, και συμπέραναν ότι το κύριο κίνητρο ήταν η πεποίθηση ότι η κατανόηση των χωριστών αντικειμένων απαιτεί τη συνδρομή των άλλων αντικειμένων.

Στο σημείο αυτό πρέπει να κάνουμε διάκριση ανάμεσα στην ενιαιοποίηση και το συντονισμό. Αν και η ενιαιοποίηση είναι πιο επιθυμητή (ιδίως για τους μικρότερους μαθητές), αυτή δεν είναι πάντοτε δυνατή ή φανερή. Υπάρχουν θέματα που αληθινά διαπερνούν τα γνωστικά αντικείμενα, όπως η ύλη και οι καταστάσεις της, το νερό, ο αέρας, το περιβάλλον. Υπάρχουν όμως και πολλά άλλα θέματα για τα οποία είναι προτιμότερος ο συντονισμός. Εκτός από το περιεχόμενο και τις έννοιες, η μεθοδολογία των φ.ε. είναι, σε μεγάλη έκταση, διαθεματικής φύσης.

Αν και η πρακτική στις περισσότερες χώρες φαίνεται ότι είναι η ενιαιοποίηση όλων των φ.ε., πιστεύουμε ότι η βιολογία παρουσιάζει ορισμένες δυσκολίες, όπως και οι ίδιοι οι βιολόγοι παραδέχονται: «Οι έννοιες της βιολογίας προϋποθέτουν ή περιλαμβάνουν την κατανόηση της φυσικής και της χημείας» (Ζόγκτζα 1998). Προς τούτοις, «στη βιολογία δεν είναι δυνατό να οδηγήσουμε τους μαθητές μέσα από απλά πειράματα στην ανακάλυψη του νόμου. Αυτό μπορεί να γίνει στη φυσική ή στη χημεία. Για τη βιολογία αυτό είναι δύσκολο ακόμη και για οργανωμένα ερευνητικά εργαστήρια» (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, 1998).

Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η φυσική και η χημεία δεν διδάσκονται στην α' τάξη του ελληνικού γυμνασίου, οι Τσαπαρλής και Καμπουράκης (Τσαπαρλής 1998, Tsaparlis & Kampourakis 2000), έχουν προτείνει ένα ενιαιοποιημένο δίωρο μάθημα εισαγωγής στις φ.ε. για την τάξη αυτή. Για το μάθημα αυτό έχει συνταχθεί και το πειραματικό βιβλίο για τον μαθητή (Τσαπαρλής & Καμπουράκης 2003).

Επίλογος: Η φιλοσοφική-επιστημολογική διάσταση της κοινότητας και της διαφοράς φυσικής και χημείας

Σύμφωνα με τους Sánchez Gómez και Martín (2003):

«Υπάρχει μια εκπληκτική συμμετρία ανάμεσα στην επιστημολογική διαμερισματοποίηση της φυσικής και της χημείας και στην τάση των μαθητών να διαχωρίζουν στο μυαλό τους αυτά τα δύο αντικείμενα. Στην πραγματικότητα, η τελευταία τάση μπορεί να ειπωθεί σαν μια μεταφορά της πρώτης (της διαμερισματοποίησης) στο βασίλειο της σκέψης των μαθητών.

>> Καθώς ο διαχωρισμός αυτός των φυσικών επιστημών (φ.ε.) σε επιμέρους κλάδους (disciplinarization) δεν είναι μια σύγχρονη τάση, πρέπει να έχει παίξει έναν ρόλο στην ιστορική μορφοποίηση των διαφόρων ακαδημαϊκών αντικειμένων τα οποία συμβάλλουν σε κάθε πρόγραμμα σπουδών φ.ε. ...

Με βάση τη βασισμένη και στην ιστορία της επιστήμης επιστημολογική τους ανάλυση, οι Sánchez Gómez και Martín (2003) αναρωτιούνται πώς δύο τόσο ανισόμετρες περιοχές όπως η φυσική και η χημεία μπορεί να ενσωματωθούν μέσα στο ίδιο αναλυτικό πρόγραμμα (να ενιαιοποιηθούν). Ο Scerri (2001) επίσης έχει κάνει μια παρόμοια επιχειρηματολογία από τη σκοπιά της σχέσης της φιλοσοφίας της χημείας με την εκπαίδευση.

Παραπομπές

- Αθανασίου, Λ. (2003). “Μέθοδοι και τεχνικές έρευνας στις επιστήμες της Αγωγής”, Έκδοση Πανεπιστημίου Ιωαννίνων, Ιωάννινα.
- Αραμπατζής Θ. κ. ά (1999). Ιστορία των Επιστημών και της Τεχνολογίας, Ο.Ε.Δ.Β.
- Ζόγκτζα, Β. (1998). Συμπόσιο Διδακτική Βιολογίας, 1ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση”, Περιλήψεις εργασιών, σελ. 91. Π.Τ.Δ.Ε., Α.Π.Θ. - Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.
- Μπόκαρης Ε. (2002). Επιστημολογία και Ιστορία της Χημείας, Ιωάννινα.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (1998). Ενιαίο Λύκειο: Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών, σελ. 190. Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο-ΟΕΔΒ.
- Τσαπαρλής, Γ. (1998). Πρόταση για ένα ενοποιημένο μάθημα Φυσικής - Χημείας στην α΄ γυμνασίου. Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συνεδρίου “Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση”, σσ. 535-540. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.
- Τσαπαρλής, Γ. (2002). “Ο εποικοδομητισμός στη διδασκαλία της Χημείας”. Διδασκαλία Φυσικών Επιστημών – Έρευνα και Πράξη, Τεύχος 3, 50-52.
- Τσαπαρλής Γ. & Καμπουράκης Κ. (2003) Εισαγωγή στις φυσικές επιστήμες (φυσική-χημεία) για την α΄ τάξη γυμνασίου. Ιωάννινα (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Πρόγραμμα ΣΕΠΠΕ).
- Aikenhead, G.S. (2003), Chemistry and physics instruction: Integration, ideologies and choices, Chemistry Education Research and Practice, 4, 115-130.
- Bevilacqua, F. & Bordoni, S. (1998). New contents for new media: Pavia project physics. Science and Education, 7, 451-469.
- Conseil International des Unions Scientifiques (CIES) (1968). Congress sur l’ integration des enseignements scientifiques. Drujba (Bulgaria), 11-19 Sep. 1968. CIES, Boulevard Pasteur 3, Paris XV.
- Gadsen, T., Becht, P. & Dawson, G. (1979). The design and content of integrated science courses. In: New trends in integrated science teaching, vol. V, p. 41. Paris: Unesco.
- Matthews, M. R. (1998). In defense of modest goals when teaching about the nature of science. Journal of Research in Science Teaching, 35, 161-174.
- Niaz, M. & Rodríguez, M. A. (2001). Do we have to introduce history and philosophy of science or is it already ‘inside’ chemistry? Chemistry Education: Research and Practice, 2,

159-164.

- Sanchez Gomez, P. J. & Martin F. (2003). Quantum vs. "classical" chemistry in university chemistry education: a case study of the role of history in thinking the curriculum. *Chemistry Education Research and Practice*, 4, 131-148
- Scerri, E. R. (2001). The new philosophy of chemistry and its relevance to chemical education. *Chemistry Education Research and Practice*, 2, 165-170.
- Taber, K. S. (2001). "Building the structural concepts of chemistry: some considerations from educational research". *Chemical Education: Research and Practice*, 2, 123-158.
- Toomey, F. Garafalo (2003), Linking physics with chemistry- opportunities in a constructivistic classroom, *Chemical Education: Research and Practice*, 4, 189-204.
- Tsaparlis, G. & Kampourakis, K. (2000). An integrated physical-science (physics and chemistry) introduction for lower-secondary level (grade 7). *Chemistry Education: Research and Practice*, 1, 281-294.