



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΟΜΕΑΣ ΧΗΜΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΝΙΚΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

**Διερεύνηση σύγχρονων εκπαιδευτικών και
επιστημολογικών προσεγγίσεων
στη Διδακτική της Χημείας**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΞΕΝΟΦΩΝΤΑ Α. ΒΑΜΒΑΚΕΡΟΥ

Πτυχιούχου Χημικού Α.Π.Θ.

ΑΘΗΝΑ 2013

ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ ΚΟΛΛΙΑ, ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΕΜΠ (επιβλέπουσα)

ΕΥΑΓΓΕΛΙΑ ΠΑΥΛΑΤΟΥ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΡΙΑ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΕΜΠ

ΜΙΡΤΑΤ ΜΠΟΥΡΟΥΣΙΑΝ, ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Μ. ΛΟΪΖΙΔΟΥ-ΜΑΛΑΜΗ
ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΕΜΠ
Σχολή Χημικών Μηχανικών

Α. ΜΟΥΤΣΑΤΣΟΥ
ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΕΜΠ
Σχολή Χημικών Μηχανικών

Μ. ΣΙΓΑΛΑΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΑΠΘ
Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Χημείας

Σ. ΤΣΙΜΑΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ
Σχολή Χημικών Μηχανικών

Κ. ΚΟΛΛΙΑ
ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΕΜΠ
Σχολή Χημικών Μηχανικών

Ε. ΠΑΥΛΑΤΟΥ,
ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ ΕΜΠ
Σχολή Χημικών Μηχανικών

Μ. ΜΠΟΥΡΟΥΣΙΑΝ,
ΑΝ. ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΕΜΠ
Σχολή Χημικών Μηχανικών

<<Η έγκριση της διδακτορικής διατριβής από την Ανωτάτη Σχολή Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου δεν δηλώνει και αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα (Ν. 5343/1932, Άρθρο 202)>>

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα διδακτορική διατριβή εκπονήθηκε στο εργαστήριο Γενικής Χημείας του τμήματος Χημικών Μηχανικών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου με θέμα τη «Διερεύνηση σύγχρονων εκπαιδευτικών και επιστημολογικών προσεγγίσεων στη Διδακτική της Χημείας».

Ο αείμνηστος καθηγητής Νικόλαος Σπυρέλλης -πρώτος επιβλέπων αυτής της διδακτορικής διατριβής- απεβίωσε στις 16 Νοεμβρίου του 2008, ενώ η έρευνα είχε ολοκληρωθεί και η διεθνής δημοσίευση των ευρημάτων της ήταν στη φάση της αναθεώρησης με βάση τις υποδείξεις των αξιολογητών (peer review). Του οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ για όλα όσα έκανε για μένα αλλά κυρίως για όλα όσα μου έμαθε στα λίγα χρόνια της άψογης και ουσιαστικής συνεργασίας μας. Το έργο αυτό είναι αφιερωμένο στη μνήμη του.

Θέλω να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την Καθηγήτρια κ. Κωνσταντίνα Κόλλια η οποία με παρότρυνε με επιμονή να ξεκινήσω αυτή την έρευνα και μου συμπαραστάθηκε πάντοτε με υπομονή μέχρι το τέλος της. Η μοίρα το έφερε ώστε να γίνει τελικά η ίδια και η επιβλέπουσα καθηγήτρια μου.

Δεν νομίζω ότι μπορώ να βρω λόγια κατάλληλα και επαρκή για να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην Αναπληρώτρια Καθηγήτρια κ. Ευαγγελία Παυλάτου, μέλος της συμβουλευτικής μου επιτροπής, για την έμπρακτη συμπαράσταση της όλα αυτά τα χρόνια. Χωρίς τη δική της αποφασιστική συμβολή δεν ξέρω αν αυτή η διαδρομή μου θα μπορούσε ποτέ να ολοκληρωθεί συνολικά (έρευνα, δημοσιεύσεις, διατριβή).

Θέλω ακόμα να ευχαριστήσω τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Μιρτάτ Μπουρουσιάν, μέλος της συμβουλευτικής μου επιτροπής, για τη στήριξη του στη διαδικασία της έρευνας. Οι επιστημονικές και επιστημολογικές συζητήσεις μας στο εργαστήριο συνέβαλαν ουσιαστικά στη διαμόρφωση του θεωρητικού πλαισίου και του ερωτηματολογίου αυτής της έρευνας.

Πολλές ευχαριστίες οφείλω στην Καθηγήτρια κ. Μαρία Λοϊζίδου-Μαλαμή, μέλος της επταμελούς εξεταστικής επιτροπής, για την άψογη συνεργασία μας και την άμεση ανταπόκριση της να συμμετάσχει σε αυτήν μετά την απώλεια του πρώτου επιβλέποντος καθηγητή και την αλλαγή της σύνθεσης των επιτροπών επίβλεψης και εξέτασης της διδακτορικής μου διατριβής.

Ευχαριστώ επίσης τον Καθηγητή κ. Σταμάτη Τσίμα, μέλος της επταμελούς εξεταστικής επιτροπής, για την άμεση ανταπόκριση να συμμετάσχει σε αυτήν και την ουσιαστική συνεργασία μας όποτε χρειάστηκα τη συνδρομή του.

Πολλές ευχαριστίες οφείλω στην Καθηγήτρια κ. Αγγελική Μουτσάτσου, μέλος της επταμελούς εξεταστικής επιτροπής μου από την αρχή, για την άψογη συνεργασία μας και κυρίως για την αμέριστη συμπαράσταση της όλα αυτά τα χρόνια.

Ευχαριστώ επίσης τον Καθηγητή κ. Μιχάλη Σιγάλα, μέλος της επταμελούς εξεταστικής επιτροπής, για τη συμμετοχή του σε αυτήν και τις χρήσιμες συμβουλές που μου παρείχε από την αρχή της ερευνητικής διαδικασίας.

Ευχαριστώ όλους τους συναδέλφους Χημικούς και Χημικούς Μηχανικούς οι οποίοι συμμετείχαν στην έρευνα, συμπληρώνοντας και συζητώντας το ερωτηματολόγιο της.

Ευχαριστώ ιδιαίτερα την οικογένεια μου, τους οικείους και τους φίλους μου που μου συμπαραστάθηκαν και ανέχθηκαν όλα αυτά τα χρόνια τις συνέπειες της ενασχόλησης μου μέχρι την ολοκλήρωση αυτής της διδακτορικής διατριβής.

Η διατριβή αυτή αφιερώνεται στο γιο μου Αντώνη Βαμβακερό διπλωματούχο Χημικό Μηχανικό, κάτοχο μεταπτυχιακού διπλώματος του UCL, ήδη ερευνητή και Υποψήφιο Διδάκτορα στο Research Complex at Harwell. Η έρευνα μου για αυτή τη διδακτορική διατριβή ξεκίνησε όταν ακόμα ήταν μαθητής Λυκείου. Η παρακολούθηση της προόδου του και η συμπαράσταση μου σε αυτόν, στο μέτρο των λιγοστών δυνάμεων μου, αποτελούν το μεγαλύτερο επίτευγμα της ζωής μου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο της παρούσας διδακτορικής διατριβής υπήρξε η διερεύνηση των απόψεων των επιστημόνων, Χημικών και Χημικών Μηχανικών, σχετικά με τις σύγχρονες τάσεις στη Διδακτική και στην Εκπαίδευση της Χημείας στην Ελλάδα. Οι απόψεις τους διερευνήθηκαν χρησιμοποιώντας ένα ερωτηματολόγιο με έμφαση στα προγράμματα σπουδών (το περιεχόμενο και τη διαδικασία της διδασκαλίας και της μάθησης της χημείας), καθώς και στις γενικές εκπαιδευτικές πεποιθήσεις των ερωτηθέντων και στις υποκείμενες επιστημολογικές τους απόψεις. Ο σκοπός της έρευνας αυτής ήταν η διερεύνηση των απόψεων των ερωτηθέντων και, ει δυνατόν, ο εντοπισμός των τομέων εκείνων στους οποίους παρουσιάζεται σύγκλιση ή ακόμα και συναίνεση. Η συγκεκριμένη έρευνα επισκόπησης απόψεων έγινε σε ένα δείγμα 148 συμμετοχών, το οποίο αντιπροσωπεύει περίπου το 1% του συνολικού πληθυσμού των επιστημόνων Χημικών και Χημικών Μηχανικών, αλλά πάνω από το 3% των Χημικών των απασχολούμενων στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Οι θεωρητικές συνιστώσες της έρευνας, οι οποίες αφορούσαν στην απαιτούμενη έμφαση στο ΑΠΣ, στις γενικές εκπαιδευτικές πεποιθήσεις και στις υποκείμενες επιστημολογικές οπτικές μελετήθηκαν εντός του πλαισίου τριών διαφορετικών προσεγγίσεων. Τα πλαίσια προσέγγισης, στα οποία επικεντρώθηκε η μελέτη των αποτελεσμάτων της έρευνας της διατριβής αυτής, ήταν σιωπηρές καθολικές δια-θεματικές μεταβλητές που είχαν προγραμματιστεί από την αρχή κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού της έρευνας.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι, σε μερικά από τα θέματα που διαπραγματεύεται το ερωτηματολόγιο της έρευνας, παράγεται ένας υψηλός βαθμός συμφωνίας με τις απόψεις των ερωτηθέντων, ενώ σε μερικά άλλα συνέβη ακριβώς το αντίθετο. Η υψηλή αυτή σύγκλιση υποδεικνύει ότι τα ζητήματα αυτά μπορούν να θεωρηθούν αντιπροσωπευτικά ευρύτερων και περισσότερο διαδεδομένων απόψεων στη χημική εκπαίδευση από τα πλαίσια αυτής και μόνο της μελέτης και των συμμετεχόντων σε αυτήν.

Προκειμένου να διερευνηθούν οι αποκλίνουσες απόψεις, οι προτάσεις του ερωτηματολογίου της έρευνας που παρουσίασαν μεγάλη διακύμανση αναλύθηκαν για να προσδιοριστεί αν υπάρχουν ή όχι στατιστικά σημαντικές συσχετίσεις μεταξύ των υποομάδων των συμμετεχόντων με διαφορετικά δημογραφικά χαρακτηριστικά. Πολύ

συγκεκριμένα και ειδικά χαρακτηριστικά, όπως: οι μεταπτυχιακές σπουδές (το επίπεδο και το είδος), το είδος της επαγγελματικής δραστηριότητας (εκπαιδευτικοί τάξης, σύμβουλοι εκπαίδευσης, υπεύθυνοι Ε.Κ.Φ.Ε., διδάσκοντες σε επιμορφωτικά προγράμματα, συγγραφείς βιβλίων, ερευνητές, φροντιστές), η ηλικία και σε συνδυασμό με το επίπεδο και το είδος των μεταπτυχιακών σπουδών, και η σταδιοδρομία εντός ή εκτός του εκπαιδευτικού τομέα, ήταν μεταξύ των κύριων παραγόντων που επηρέασαν σημαντικά τα αποτελέσματα της έρευνας που διεξήχθη στο πλαίσιο της διατριβής αυτής. Αντίθετα πολύ γενικά χαρακτηριστικά, όπως: Το είδος του βασικού πτυχίου/διπλώματος (Χημικοί, Χημικοί Μηχανικοί), το φύλο (άνδρας, γυναίκα), ο τόπος διαμονής και εργασίας και η απασχόληση στη δευτεροβάθμια ή στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, δεν παρουσίασαν σημαντικές διαφορές εκτός ελαχίστων μεμονωμένων περιπτώσεων.

Η μελέτη δεν ανέδειξε ένα μοναδικό πλαίσιο πεποιθήσεων που να διέπει τις απόψεις των ερωτηθέντων. Παρ' όλα αυτά, τρία συγκεκριμένα ευρεία πλαίσια προσέγγισης, όπως διαμορφώθηκαν στον θεωρητικό σχεδιασμό αυτής της έρευνας -η ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ προσέγγιση, η ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ προσέγγιση και η ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΠΡΑΛΙΣΜΟΥ προσέγγιση- αναλύθηκαν για να καθοριστεί εκείνο το οποίο είχε τον υψηλότερο βαθμό συμφωνίας. Διαπιστώθηκε ότι η προσέγγιση ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΠΡΑΛΙΣΜΟΥ και η χαρακτηριστική έμφαση στο πρόγραμμα σπουδών με βάση το Chemistry, Technology, Science and Environment - CTSE (Χημεία, Τεχνολογία, Κοινωνία και Περιβάλλον) επικράτησαν, καθώς παρήγαγαν σημαντικά υψηλότερη μέση βαθμολογία. Η ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ προσέγγιση ακολούθησε με μια μέτρια μέση βαθμολογία και η ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ προσέγγιση είχε τη μικρότερη μέση τιμή βαθμολογίας.

Οι απαντήσεις των συμμετεχόντων, οι οποίοι ήταν μέλη των ομάδων με σημαντική επιρροή στην ανάπτυξη προγραμμάτων σπουδών, εξετάστηκαν για να διαπιστωθεί αν υπήρχε οποιαδήποτε ενδεχόμενη διαφοροποίηση στις απόψεις τους. Διαπιστώθηκε ότι αυτές οι διαφορές κυμαίνονται από λεπτές αποχρώσεις έως σημαντικές αποκλίσεις. Τα στελέχη που συμμετέχουν/συμμετείχαν στη λήψη αποφάσεων, στον σχεδιασμό της εκπαιδευτικής πολιτικής και στην έγκριση των σχολικών εγχειριδίων, παρουσίασαν σχετικά υψηλότερες βαθμολογίες στην ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ προσέγγιση. Άλλωστε, το πρόγραμμα σπουδών των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.), το οποίο περιέχει

και το γνωστικό αντικείμενο της Χημείας, και τα σχετικά βιβλία στην Ελλάδα συνάδουν με ό,τι συμβαίνει στην ακαδημαϊκή επιστήμη. Για παράδειγμα, την ύπαρξη διακριτών επιστημονικών πεδίων, τη λογικο-μαθηματική ανάπτυξη του περιεχομένου, τη μοναδική επιστημονική μέθοδο κλπ.

Από την άλλη πλευρά, οι καθηγητές χημείας στο σχολείο, όντας οι ίδιοι εκπαιδευμένοι επιστήμονες, είναι επίσης εξοικειωμένοι με αυτή την προσέγγιση από τα διαμορφωτικά τους χρόνια στο σχολείο και το πανεπιστήμιο. Οι εκπαιδευτικοί της τάξης και της πράξης, αν και εργάζονται στο πλαίσιο ενός κατά βάση ακαδημαϊκού προγράμματος σπουδών, όταν πηγαίνουν για περαιτέρω εκπαιδευτική κατάρτιση (μεταπτυχιακές σπουδές) ή στην ενδο-υπηρεσιακή επιμόρφωση, οι εκπαιδευτές τους (διδασκτικό προσωπικό των μεταπτυχιακών, εκπαιδευτικοί σύμβουλοι, προσωπικό των Ε.Κ.Φ.Ε. κτλ.) ευνοούν σύγχρονες, μαθητοκεντρικές, κονστрукτιβιστικές προσεγγίσεις, όπως αποκαλύφθηκε σε αυτήν την έρευνα. Αυτές οι αντιθέσεις πρέπει να λαμβάνονται προσεκτικά υπόψη, καθώς καμία εκπαιδευτική πολιτική ή πρωτοβουλία δεν μπορεί να υλοποιηθεί εάν αγνοεί τις απόψεις των ενδιαφερομένων μερών. Επιπλέον, έχει υποστηριχθεί πειστικά ότι η ταυτόχρονη παρουσία διαφορετικών προοπτικών στο πρόγραμμα σπουδών εμποδίζει την αποτελεσματική εκπαίδευση, προκαλεί σύγχυση στη χημική εκπαίδευση και υποδηλώνει την ανάγκη να αποκτήσουν οι καθηγητές χημείας μια βαθύτερη κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης (Nature of Science - NOS), καθώς και των φιλοσοφικών και επιστημολογικών ερμηνειών.

Παρ' όλα αυτά, αυτή η έρευνα που υλοποιήθηκε στο πλαίσιο αυτής της διατριβής αποκάλυψε μια σειρά από επιμέρους ζητήματα, όπου παρατηρήθηκαν σύγκλιση ή ακόμη και συναίνεση στις απόψεις των επιστημόνων. Συγκεκριμένα, τα αποτελέσματα δίνουν απάντηση σε ζητήματα που ήταν ανοικτά στο διάλογο για πολλά χρόνια, όπως: η άρνηση του ενιαίου επιστημονικού αντικείμενου (science), η σχεδόν ομοφωνία για ακαδημαϊκή προσέγγιση και υψηλές απαιτήσεις στη Θετική/Τεχνολογική κατεύθυνση στις ανώτερες τάξεις του Λυκείου, καθώς και η ταυτόχρονη απόρριψη της θεωρητικολογίας, αλλά και της προσδοκίας ότι χωρίς θεωρητικό υπόβαθρο και διδακτική υποστήριξη-καθοδήγηση, οι μαθητές είναι δυνατόν να οικοδομήσουν έγκυρη επιστημονική γνώση.

Συνολικά διαπιστώθηκε ότι μια προσέγγιση μετριοπαθούς και *κριτικού επιστημονικού ρεαλισμού* σε όλες τις θεμελιώδεις εκπαιδευτικές συνιστώσες, δηλαδή την έμφαση στο πρόγραμμα σπουδών (περιεχόμενο και διαδικασία), τις γενικές εκπαιδευτικές πεποιθήσεις και τις υποκείμενες επιστημολογικές απόψεις, προσέλκυσε υψηλό βαθμό συμφωνίας σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις.

ABSTRACT

The aim of this thesis was the exploration of the views of scientists, chemists and chemical engineers, on current trends in Chemistry Education in Greece. Their opinions were investigated using a questionnaire focusing on curricula (the content and process of chemistry teaching and learning), as well as on the respondents' general educational beliefs and their underlying epistemological views. The aim of this work was to investigate the respondents' opinions and, if possible, to identify the areas where convergence or even consensus occurred.

The results showed that some of the items on the research questionnaire produced a high degree of agreement with the respondents' views, while a few others were exactly the opposite. These items are considered to be representative of more widespread views.

In order to explore the diverging opinions, the items on the research questionnaire that showed great variance were analyzed to determine, whether or not there were significant inter-item correlations among subgroups of participants with different demographic characteristics. Postgraduate studies, professional occupation, age/experience, and career within or outside the wide educational sector were among the main factors that significantly influenced the research results.

The study did not reveal any single belief framework underlying the opinions of the respondents. Nevertheless, three specific approach frameworks —ACADEMIC, CONSTRUCTIVIST and SCIENTIFIC REALISM- were analyzed to determine which had the highest degree of agreement. It was found that the SCIENTIFIC REALISM framework and the curriculum emphasis characteristic of the context-based CTSE (Chemistry, Technology, Society and Environment) prevailed, as they produced a significantly higher mean score. The ACADEMIC framework followed with a moderate mean score and the CONSTRUCTIVIST framework had a lower mean score.

Responses of participants who were members of groups with significant influence in curriculum development were examined to see if there was any variation in their views. It was found that such variations ranged from subtle nuances to significant discrepancies. Executives from the Pedagogical Institute, the Centre for Educational Research and authors of school textbooks that participate in decision-making, policy planning and approval of textbooks, presented relatively higher scores on

ACADEMIC framework. Normally, as Science and Chemistry curriculum and the associated textbooks in Greece are consistent with what happens in academic science. On the other hand, secondary school chemistry teachers, being themselves trained scientists, are also familiar with this approach from their formative years at school and the university. For this latter group, however, conflict arises because, although they are working in the context of a basically academic curriculum, when they go to further educational training (postgraduate studies) or in service training, their trainers (teaching staff, educational advisors, staff at Science Laboratory centres etc.) favour modern, pupil-centred, constructivist approaches, as was discovered in this research. These contrasting standpoints are thought to cause frustration in chemical education and they suggest a need to bring chemistry teachers to a position of deeper understanding of the NOS, and of its philosophical and epistemological interpretation. Nevertheless, this inquiry uncovered a number of individual issues where convergence or even consensus was observed in the opinions of scientists. Furthermore, it was found that a conservative, modest and critical Scientific Realism approach in all the fundamental educational components i.e. curriculum emphasis (content and process), general educational beliefs and the underlying epistemological views, attracted a high degree of agreement in almost all cases.

ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ ΣΕ ΔΙΕΘΝΗ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ

- [1.] Xenofon Vamvakeros, E.A. Pavlatou and N. Spyrellis (2010), Survey Exploring Views of Scientists on Current Trends in Chemistry Education, *Science & Education (2010)19*, 2: 119-145.

ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ ΣΕ ΣΥΝΕΔΡΙΑ

α. Διεθνή Συνέδρια

- [1.] X.Vamvakeros, E.A. Pavlatou, N. Spyrellis, "*Epistemic views of PhD graduate scientists and their impact on Chemistry Education*", European Conference on Research in Chemistry Education (ECRICE), Istanbul, 6-9 July 2008, p. 255-256 (Oral Presentation).

β. Ελληνικά Συνέδρια

- [1.] Ξ. Βαμβακερός, «*Σκέψεις για το περιεχόμενο των σπουδών των Φ.Ε.*», Δημερίδα με τίτλο «*Σύγχρονη Διδακτική και Επιμόρφωση*», 20 - 21 Μαρτίου 2004.
- [2.] Ξ. Βαμβακερός, «*Καλά νέα για την εκπαίδευση στο λύκειο. Πέρασε ο Faraday, ο Darwin όχι ακόμα*», 14^ο Σεμινάριο Διδακτικής της Χημείας, Θεσσαλονίκη 10 - 13 Δεκεμβρίου 2004, σελ. 14.
- [3.] Ξ. Βαμβακερός, Ε.Α. Παυλάτου και Ν. Σπυρέλλης, «*Τα σχολικά πειράματα στη διδακτική της χημείας. μια ρεαλιστική προσέγγιση*», 15^ο Σεμινάριο Διδακτικής της Χημείας, Αθήνα, 17 - 18 Δεκεμβρίου 2005, σελ. 40-46.
- [4.] Ξ. Βαμβακερός, «*Φύση και πολυπλοκότητα. η φιλοσοφία της χημείας και η εικασία του Goldbach*», 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Ε.Δι.Φ.Ε., Βόλος 7 - 9 Απριλίου 2006, σελ.161-168.
- [5.] Ξ. Βαμβακερός, Ε. Α. Παυλάτου, Νικόλαος Σπυρέλλης, «*Επισκόπηση απόψεων Χημικών και Χημικών Μηχανικών για τη διδασκαλία της χημείας στο ευρύτερο κοινωνικό, τεχνολογικό & περιβαλλοντικό πλαίσιο*», 2^ο Πανελλήνιο Συμπόσιο «*Πράσινη Χημεία και Βιώσιμη Ανάπτυξη*», Πάτρα, 8-10 Μαρτίου 2007, σελ. 50.
- [6.] Ξ. Βαμβακερός, Ε. Παυλάτου, Ν. Σπυρέλλης. «*Σύγχρονες Απόψεις Χημικών και Χημικών Μηχανικών για τη Διδασκαλία της Χημείας στη Δευτεροβάθμια*

- Εκπαίδευση*», 5^ο Πανελλήνιο Συνέδριο "Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση", Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 15-18 Μαρτίου 2007, σελ. 671-679.
- [7.] Ξ. Βαμβακερός. *«Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και η παρέμβαση της στην Ελληνική κοινωνική και εκπαιδευτική πραγματικότητα»*, Ζ' Πανελλήνιο Συνέδριο στα Παιδαγωγικά Τμήματα Δημοτικής Εκπαίδευσης, ΕΚΠΑ, 11 -13 Μαΐου 2007.
- [8.] Ξ. Βαμβακερός, Ε.Α. Παυλάτου και Ν. Σπυρέλλης, *«Επισκόπηση απόψεων Χημικών και Χημικών Μηχανικών στις σύγχρονες τάσεις στη Διδακτική της Χημείας»*,. 16^ο Σεμινάριο Διδακτικής της Χημείας, Αθήνα, 1 - 2 Δεκεμβρίου 2007, σελ. 44-59.
- [9.] Ξ. Βαμβακερός, Ε. Α. Παυλάτου, Κ. Κόλλια, *«Η εκπαίδευση στις Φ.Ε. σε συνθήκες κρίσης: Μία προσέγγιση Επιστημολογικού Ρεαλισμού»*, 21^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Χημείας, Θεσσαλονίκη, 9-12 Δεκεμβρίου 2011 (σε CDrom).
- [10.] Ξ. Βαμβακερός, Ε. Α. Παυλάτου, Κ. Κόλλια, *«Επιστημικές απόψεις Χημικών και Χημικών Μηχανικών με Μεταπτυχιακές Σπουδές και η σημασία τους για τη Χημική Εκπαίδευση»*, 17^ο Επιμορφωτικό Σεμινάριο Διδακτικής της Χημείας, Θεσσαλονίκη, 10 Δεκεμβρίου 2011 (σε CDrom)
- [11.] Ξ. Βαμβακερός, Ε. Α. Παυλάτου, Κ. Κόλλια, *«Αναδυόμενες και Επιγινόμενες Ιδιότητες στη Χημική Εκπαίδευση»*, 1ο Συνέδριο Διδακτικής της χημείας Ελλάδας-Κύπρου, Αθήνα, 01-02 Δεκεμβρίου 2012, σελ. 93-99.

ΕΙΔΙΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ

- [1.] X. Vamvakeros, E.A. Pavlatou, "Epistemic views of PhD graduate scientists and their impact on Chemical Education" συμμετοχή στην τιμητική έκδοση στη μνήμη του καθηγητή ΕΜΠ Νικόλαου Σπυρέλλη, σελ. 533-538 (2009).

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	σελ.
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	vii
ABSTRACT	xi
ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΙΣ	xiii
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	xv
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	1
ΤΑ ΚΙΝΗΤΡΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο:	
ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ	5
1.1. Η ΧΗΜΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	7
1.2. Η ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΟ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ:	11
Η διδασκαλία της χημείας στο ευρύτερο κοινωνικό και περιβαλλοντικό πλαίσιο	
1.2.1 Χημεία και καθημερινή ζωή-Πράσινη χημεία-Ενέργεια	11
1.2.2 Πράσινη ενέργεια: προοπτικές της χρήσης υδρογόνου	14
1.2.3 Πράσινη ενέργεια: προοπτικές της χρήσης βιομάζας	15
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο:	
ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ	17
2.1 ΣΥΝΤΟΜΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΙΣ	
ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΟΨΕΙΣ	17
2.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΩΝ Φ. Ε.	
ΚΑΙ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ	20
2.2.1 Φιλοσοφικό ιντερλούδιο	22
2.3 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΚΕΣ ΟΠΤΙΚΕΣ	34
2.3.1 Βασικές παρανοήσεις στη Χημική Εκπαίδευση	34
2.3.2 Εφαρμογή της Ανάδυσης και της Επιγένεσης στη Χημεία	35
2.3.3 Ανάδυση	36
2.3.4 Αναγωγή	38
2.3.5 Επιγένεση	38

2.3.6	Εφαρμογή της ανάδυσης και της επιγένεσης σε τομείς της χημείας	40
2.3.6.1	«Μόριο νερού»	40
2.3.6.2	Οσμή	41
2.3.6.3	Ιδιότητες Διαλυμάτων	41
2.3.7	Ταξινόμηση στις έννοιες: Ανάδυση - Επιγένεση - Συμπληρωματικότητα	43
2.4	Η ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ	47
2.5	Η ΓΝΩΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ	52
2.6	ΙΔΕΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ	57
2.7	Η ΔΙΑΦΙΛΟΝΙΚΟΥΜΕΝΗ ΦΥΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ	60

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο:

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ Φ.Ε **63**

3.1 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΤΩΝ Φ.Ε. **63**

3.1.1	Η εκπαίδευση στις Φ.Ε. στον 21ο αιώνα σε συνθήκες κρίσης	63
3.1.2	Συνοπτική αναδρομή στον 20ο αιώνα	64
3.1.3	Οι εξελίξεις στην εκπαίδευση	65
3.1.4	Η νέα αντίληψη για την εκπαίδευση	68
3.1.5	Ο επιστημολογικός ρεαλισμός είναι «κοινή λογική»	69
3.1.6	Γιατί υπάρχουν τα σχολεία	71

3.2 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ **74**

3.2.1	Η επισφαλής φιλοσοφικά θέση της Χημείας ως κεντρικής επιστήμης	74
3.2.2	Οι εκπαιδευτικοί σήμερα	76
3.2.3	Τα βιβλία της Χημείας και οι επιλογές τους	77
3.2.4	Εκπαίδευση μάλλον παρά αξιολόγηση για επιλογή	79
3.2.5	Συνδρομή από την Φιλοσοφία της Επιστήμης	82
3.2.6	Μοριακή Δομή και Μοριακό Σχήμα	83
3.2.7	Ουσιοκρατία: Είναι το νερό H ₂ O;	84
3.2.8	Αναγωγή της Χημείας	86
3.2.9	Αναγωγή των Μοριακών ειδών στην Κβαντομηχανική	87
3.2.10	Αναγωγή των ουσιών στα Μοριακή Είδη	89
3.2.11	Συνδρομή από την Ιστορία της Επιστήμης	91

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο:	
Η ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	93
4.1 ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΘΕΩΡΙΕΣ - ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΘΕΩΡΙΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ	93
4.2 ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ ΑΠΟΨΕΩΝ ΣΕ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΚΗ ΒΑΣΗ	94
4.2.1 Μηνύματα από την εργαστηριακή άσκηση των φοιτητών	95
4.3 ΤΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	98
4.3.1 Εισαγωγή στην Έρευνα	98
4.3.2 Το Θεωρητικό Πλαίσιο	100
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο:	
ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	109
5.1 ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	109
5.2 ΤΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	111
5.3 ΤΟ ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	112
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο:	
ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	113
6.1 Ο ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	113
6.2 ΟΙ ΦΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	117
6.3 Η ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ	118
6.4 Η ΚΥΡΙΑ ΦΑΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	120
6.5 ΤΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	123
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο:	
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	127
7.1 ΑΡΧΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	127

7.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ	131
7.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ ΑΝΑ ΣΥΣΤΑΔΕΣ	133
7.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑ ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	154
7.4.1 Αποτελέσματα από τη θεματική ενότητα Α	154
7.4.1.1 Αποτελέσματα και στατιστική ανάλυση	156
7.4.2 Αποτελέσματα από τη θεματική ενότητα Β	166
7.4.2.1 Αποτελέσματα και στατιστική ανάλυση	170
7.4.3 Αποτελέσματα από τη θεματική ενότητα Γ	176
7.4.3.1 Αποτελέσματα και στατιστική ανάλυση	178
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο:	
ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ	185
8.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΚΑΙ ΥΠΑΙΝΙΓΜΟΙ	185
8.2 ΑΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	192
8.2.1 Η συμβολή της έρευνας	195
8.2.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνες	197
ΕΠΙΛΟΓΟΣ	199
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	201
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	227
I. Πίνακες, σχεδιαγράμματα, στατιστικά και δημογραφικά δεδομένα, εικόνες, γραφικές παραστάσεις της πιλοτικής φάσης	229
ΤΟ ΥΛΙΚΟ ΤΗΣ ΠΙΛΟΤΙΚΗΣ ΦΑΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	229
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ	232
ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΠΙΛΟΤΙΚΗΣ ΦΑΣΗΣ	236
ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΣΕ ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ	237
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΠΙΛΟΤΙΚΗΣ ΦΑΣΗΣ	238
ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ ΕΠΙ ΤΩΝ 42 ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ	239
ΜΕΡΙΚΕΣ ΓΕΝΙΚΕΣ ΚΡΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΦΑΣΗ	248

ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΠΙΛΟΤΙΚΗΣ ΦΑΣΗΣ	250
ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΡΙΤΩΝ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΤΩΝ	266
II. Πίνακες, σχεδιαγράμματα, στατιστικά και δημογραφικά δεδομένα, εικόνες, γραφικές παραστάσεις της κύριας φάσης της έρευνας.	253
ΤΟ ΥΛΙΚΟ ΤΗΣ ΚΥΡΙΑΣ ΦΑΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	253
ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΥΡΙΑΣ ΦΑΣΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	262
ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ	278
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΚΥΡΙΑΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	293
ΑΝΑ ΕΙΔΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ	
ΠΙΝΑΚΑΣ Μ.Ο. ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ	294
ΑΝΑ ΕΙΔΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ	
ΥΠΟΜΑΔΕΣ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ ΜΕ ΕΙΔΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	297
ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗΣ ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΡΙΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ	299
ΑΠΟ ΥΠΟΜΑΔΕΣ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ ΜΕ ΕΙΔΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ	
ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΤΑ ΣΥΣΤΑΔΕΣ	302
III. ΕΠΙΜΥΘΙΟ 1^ο	305
Η επιστημονική επίρρωση/επιβεβαίωση του Ρεαλισμού στη Χημεία;	
ΕΠΙΜΥΘΙΟ 2^ο	307
Αντιαναγωγισμός και ανάδυση σε όλα τα επίπεδα πολυπλοκότητας	
IV. ΔΙΔΑΚΤΙΚΑ ΒΙΒΛΙΑ ΧΗΜΕΙΑΣ	309

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η Διδακτική της Χημείας εντάσσεται οργανικά στο ευρύτερο πλαίσιο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) και επομένως, μπορεί να εκμεταλλεύεται και να αξιοποιεί τον πλούτο της έρευνας και του προβληματισμού που για δεκαετίες έχει αναπτυχθεί διεθνώς σε αυτόν τον χώρο. Η Διδακτική των Φ.Ε., ακολουθώντας τις διεθνείς εξελίξεις και τάσεις, αναπτύχθηκε και στη χώρα μας με γοργό ρυθμό τις τελευταίες δεκαετίες. Κάλυψε με επιτυχία το προϋπάρχον κενό και τη διαφορά από τις προηγμένες εκπαιδευτικά χώρες. Ανέπτυξε μηχανισμούς και θεσμούς που της επέτρεψαν να καθιερωθεί σε αυτόνομο κλάδο, με απήχηση και εγκυρότητα. Έχει συνεισφέρει καθοριστικά στον εκσυγχρονισμό και την ανανέωση του προγράμματος και του περιεχομένου των σπουδών σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Εντός όμως του συνολικού ακαδημαϊκού χώρου της Διδακτικής των Φ.Ε. αναπτύσσονται και οι διδακτικές θεωρήσεις των επιμέρους Φ.Ε. Πράγματι, σε όλες σχεδόν τις σχολές και τα τμήματα όπου διδάσκονται οι Φυσικές Επιστήμες (τμήματα Φυσικής, Χημείας, Βιολογίας, σχολές/Τμήματα Χημικών Μηχανικών κλπ), στα Παιδαγωγικά τμήματα αλλά και στα τμήματα Πληροφορικής και Μαθηματικών, στην ΑΣΠΑΙΤΕ κ.ά. έχουν αναπτυχθεί προπτυχιακά μαθήματα και μεταπτυχιακά προγράμματα Διδακτικής. Με βάση τη Διδακτική των Φ.Ε., σε συνάφεια με τη Διδακτική των Μαθηματικών και τη χρήση των Νέων Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην εκπαίδευση, γράφονται νέα βιβλία και αναπτύσσονται ειδικά εκπαιδευτικά λογισμικά και προγράμματα. Διεξάγεται σχετική έρευνα, εκπονούνται διδακτορικές διατριβές, γίνονται δημοσιεύσεις σε ειδικά επιστημονικά περιοδικά Ελληνικά και διεθνή. Διοργανώνονται πλήθος συνεδρίων, συνδιασκέψεων, ημερίδων κλπ, όπου παρουσιάζονται ενδιαφέρουσες εργασίες και ανακοινώσεις.

Υπάρχουν πολλές εκπαιδευτικές θεωρίες και οι περισσότερες συνοδεύονται από μία θεωρία μάθησης με το αντίστοιχο κάθε φορά επιστημολογικό υπόβαθρο (Matthews 1997). Στα διάφορα άρθρα που δημοσιεύονται, στις παρουσιάσεις σε συνέδρια ακόμα και στις ανοικτές συζητήσεις καθένας ακολουθεί λίγο ή πολύ μία προσέγγιση. Παρότι η ποικιλία των απόψεων και των διαφορετικών προσεγγίσεων που διατυπώνονται εμπλουτίζει την εμπειρία του κάθε μελετητή ατομικά, εξακολουθεί να είναι ζητούμενο η δυνατότητα σύγκλισης σε κοινά αποδεκτή βάση, έστω και ελάχιστη.

ΤΑ ΚΙΝΗΤΡΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Τα κίνητρα της έρευνας καθορίστηκαν από την εκτίμηση της τρέχουσας κατάστασης και, με σκοπό τη θετική συμβολή στο διάλογο, προσδιορίστηκαν ως εξής:

- Διερεύνηση αν μπορούν να υπάρξουν κάποιες θέσεις ανάμεσα στις σύγχρονες εκπαιδευτικές θεωρήσεις, οι οποίες να συγκεντρώνουν ευρύτερη συναίνεση, ώστε να μπορούν να αποτελέσουν **μία ελάχιστη** βάση συνεννόησης ανάμεσα σε εκπαιδευτικούς ή/και επιστήμονες, οι οποίοι ακολουθούν διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις.
- Διερεύνηση του προβλήματος της επιστημολογικής προσέγγισης. Η έρευνα/μελέτη στη Φιλοσοφία της Επιστήμης και στα επιστημολογικά ζητήματα οδήγησαν στη σύγχρονη Φιλοσοφία της Χημείας. Η φιλοσοφία της Χημείας ανέκαμψε τα τελευταία 20 χρόνια ακολουθώντας τη φιλοσοφία της Βιολογίας (είχε προηγηθεί τουλάχιστον δύο δεκαετίες) (Schummer 2003). Προσπαθεί να διατυπώσει τις δικές της παραδοχές οριοθετούμενη απέναντι στην ευρύτερη φιλοσοφία της Επιστήμης και ειδικά στην κυρίαρχη φιλοσοφία της Φυσικής (όπου Φυσική εννοείται η επιστήμη της Φυσικής, η οποία αποτελούσε και αποτελεί το κύριο παράδειγμα και πηγή αναφορών στη φιλοσοφία των Επιστημών). Η μελέτη και η βιβλιογραφική έρευνα έδειξε ότι στα βιβλία (van Brakel 2000) και στα ειδικά επιστημονικά περιοδικά τα αφιερωμένα στο νέο πεδίο (Hyle - International Journal for the Philosophy of Chemistry, Foundations of Chemistry), όπως και στα συνέδρια της Διεθνούς Ένωσης για τη Φιλοσοφία της Χημείας (International Society for the Philosophy of Chemistry - ISPC) έχει διαμορφωθεί μία πλατφόρμα προσέγγισης, η οποία αποκλίνει σε πολλά σημεία από τη φιλοσοφία της Φυσικής ενώ συγκλίνει ή/και συμπορεύεται κάποιες φορές με ανάλογες προσεγγίσεις της φιλοσοφίας της Βιολογίας. Οι προσεγγίσεις αυτές είναι υπαρκτά ρεύματα στην ευρύτερη φιλοσοφία της Επιστήμης (με τις ιδιαιτερότητες βέβαια και τις διαφοροποιήσεις) αλλά ίσως δεν ήταν κυρίαρχα, ειδικά τις τελευταίες δεκαετίες του 20^{ου} αιώνα. Πάντως αποκλίνουν από τα κυρίαρχα ρεύματα στην Φιλοσοφία της Φυσικής των τελευταίων δεκαετιών (Hoffmann 2007: What might philosophy of science look like if chemists built it?). Με βάση τον προαναφερθέντα ισχυρισμό ότι κάθε εκπαιδευτική θεωρία βασίζεται σε μία μαθησιακή θεωρία και αυτή έχει ένα επιστημολογικό υπόβαθρο (Matthews

1997, Piaget 1972), τίθεται αυτόματα το ζήτημα αν είναι δυνατόν *μια* Διδακτική της Χημείας να έχει ως επιστημολογικό υπόβαθρο προσεγγίσεις δανεισμένες από τις κυρίαρχες τάσεις των τελευταίων δεκαετιών (στη φιλοσοφία της Επιστήμης), οι οποίες αποκλίνουν από τη φιλοσοφία του καθουτού επιστημονικού της αντικειμένου, δηλαδή της ίδιας της Χημείας.

Συμπερασματικά, ανακλύπει το παράδοξο ότι οι κυρίαρχες τάσεις στη Διδακτική της Χημείας να είναι στη πραγματικότητα μεταφορές από τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (όπου βαρύνουσα θέση έχει η Φυσική) και να στηρίζονται σε επιστημολογικές και μεθοδολογικές παραδοχές που αποκλίνουν ή/και είναι αντίθετες με αυτές της φιλοσοφίας της Χημείας.

Όπως η επιστήμη της Χημείας εντάσσεται στο ευρύτερο πλαίσιο των Φ.Ε., αλλά έχει αποκλειστικά δικές της θεωρήσεις και μεθοδολογίες, έτσι και η Διδακτική της Χημείας απαιτεί -στο πλαίσιο της Διδακτικής των Φ.Ε.- εξειδικευμένες προσεγγίσεις κατάλληλες για το συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο:

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

Η αλλαγή αιώνα και χιλιετίας έθεσε τον προβληματισμό, αν αυτά που διδάσκουμε στα παιδιά ανταποκρίνονται στις ανάγκες τους, στα ενδιαφέροντά τους, στις απαιτήσεις και στις προκλήσεις της εποχής. Τι μάθαιναν οι μαθητές της τελευταίας δεκαετίας του 19^{ου} αιώνα και της πρώτης δεκαετίας του 20^{ου}, πιθανόν και ως ακλόνητες αλήθειες, ποια ήταν η περιρρέουσα κοινωνική ατμόσφαιρα, τι πρέσβευε η επιστημονική κοινότητα και τι έγινε στην πραγματικότητα μέσα σε λίγες δεκαετίες του 20^{ου} αιώνα!

Οι μαθητές της τρέχουσας δεκαετίας θα είναι οι ενεργοί πολίτες ως τα μέσα του 21^{ου} αιώνα. Οι σημερινοί και αυριανοί μαθητές είναι αυτοί που θα διαμορφώσουν το νέο αιώνα. Η κοινωνία σήμερα και ένας από τους βασικούς της μοχλούς -ίσως ο σημαντικότερος- η εκπαίδευση, απλώς τους εισάγει σ' αυτόν τον αιώνα κληροδοτώντας τους τις μεγάλες ανακαλύψεις, την έκρηξη των επιστημονικών γνώσεων και της τεχνολογίας, αλλά και τα μεγάλα και δισεπίλυτα προβλήματα του 20^{ου} αιώνα. Οι σημερινοί και αυριανοί μαθητές, οι πολίτες του 21^{ου} αιώνα, καλούνται να τα λύσουν. Έχουν βοηθηθεί, στηριχτεί, παιδαγωγηθεί, εκπαιδευτεί, καλλιεργηθεί; Έχουν εξοπλιστεί κατάλληλα για τόσο μεγάλη και δύσκολη αποστολή;

Στις πιο προηγμένες εκπαιδευτικά χώρες έχει τεθεί επιτακτικά τα τελευταία χρόνια το ζήτημα “what tomorrow’s citizens should have been taught at school”. Η έρευνα στον τομέα αυτό κινείται υπό τον τίτλο “Citizenship for the 21st century”, ο οποίος έχει αποδοθεί στα Ελληνικά από την ορολογία “Ιδιότητα του Πολίτη του 21^{ου} Αιώνα” (Bottomore, Marshall 1992). Η έρευνα αυτή κινείται στο χώρο της Κοινωνιολογίας (Bottomore 1971), ή/και της Εκπαίδευσης, αλλά έχει καταφέρει να προσδιορίσει μεθοδολογίες και να οριοθετήσει στόχους με πολύ ευρύτερη προοπτική.

Για την Εκπαίδευση προτείνεται διαθεματική/διεπιστημονική προσέγγιση όπου οι στόχοι επιτυγχάνονται μέσα από έννοιες, αξίες, αντιλήψεις και ικανότητες που προκύπτουν από το όλο περιεχόμενο σπουδών όλων των μαθημάτων και όχι από ένα ξεχωριστό αντικείμενο “πολιτικής αγωγής” που θα έπρεπε να κατανοηθεί καθαυτό από τους μαθητές.

Το Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών Κοινωνικών Επιστημών Ι (Οικονομία, Κοινωνιολογία, Πολιτική Επιστήμη -Δίκαιο) αναφέρει χαρακτηριστικά:

«Ο διαχωρισμός των Φυσικών και των Κοινωνικών Επιστημών συνιστά ένα τυπικό καταμερισμό εργασίας μεταξύ επιστημόνων και δε σημαίνει ότι στην πράξη δεν υπάρχει καμία διαπλοκή μεταξύ των επιστημών αυτών. Οι δύο κατηγορίες επιστημών διαπλέκονται ιστορικά, αλλά και ουσιαστικά, στην πράξη. Τόσο οι εξελίξεις στις Φυσικές Επιστήμες όσο και οι εξελίξεις που προέκυψαν από τις εφαρμογές τους (π.χ. ανακαλύψεις, τεχνολογία, διαπιστώσεις κτλ) έχουν επιδράσει και συνεχίζουν να επιδρούν στην εξέλιξη των ίδιων των Κοινωνικών Επιστημών αλλά και στην κοινωνική οργάνωση. Σημειωτέον, ότι ως αποτέλεσμα της διαπλοκής έχουν αναπτυχθεί και ειδικότεροι κλάδοι (π.χ. βιοηθική, κοινωνιοβιολογία, κοινωνική ιατρική, κοινωνική οικολογία, πολεοδομικός σχεδιασμός κτλ) οι οποίοι προσπαθούν να γεφυρώσουν τις διαφορές... Οι διαπλοκές αυτές, μεταξύ των Κοινωνικών και των Φυσικών ή των Ανθρωπιστικών και των Κοινωνικών Επιστημών θα πρέπει να διαχέονται και στην εκπαίδευση και στα σχετικά μαθήματα έτσι ώστε να παρουσιάζεται μια περισσότερο ολοκληρωμένη εικόνα της πραγματικότητας στους μαθητές».

Το Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών Κοινωνικών Επιστημών Ι (Οικονομία, Κοινωνιολογία, Πολιτική Επιστήμη - Δίκαιο) προτείνει ως Γενικούς σκοπούς των μαθημάτων Κοινωνικών Επιστημών στην Εκπαίδευση:

- Ανάπτυξη της αυτογνωσίας των μαθητών μέσα από τη μελέτη και ανάλυση του άμεσου και ευρύτερου κοινωνικού, πολιτικού και οικονομικού περιβάλλοντος, ανάλογα με το στάδιο και επίπεδο ανάπτυξης.
- Συνειδητοποίηση της αλληλεξάρτησης μεταξύ της προσωπικής ζωής, του κοινωνικού συνόλου και των παγκόσμιας εμβέλειας θεμάτων όπως το περιβάλλον, ο πληθυσμός, οι ανθρωπίνι πόροι και τα ανθρώπινα δικαιώματα.

Αντίστοιχα το Αναλυτικό Πρόγραμμα Χημείας του Ενιαίου Λυκείου στους Σκοπούς και στόχους διδασκαλίας της Χημείας στο Ενιαίο Λύκειο αναφέρει:

«Ως προς την επιλογή της ύλης, δόθηκε μεγάλη έμφαση σε θέματα «σύγχρονα» (δεν υπάρχουν στην ύλη θέματα που είναι ξεπερασμένα ή έχουν καταργηθεί ή έχουν χάσει το ενδιαφέρον τους σήμερα), αλλά και σε θέματα που έχουν σχέση με την καθημερινή ζωή και το περιβάλλον, ώστε εκτός των άλλων, να αυξάνεται το ενδιαφέρον των μαθητών για το μάθημα της Χημείας».

Τα ανωτέρω αποσπάσματα από το Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο 1998) είναι ενδεικτικά ότι παρόμοιος προβληματισμός αναπτύχθηκε στους πιο αρμόδιους φορείς και στη χώρα μας. Στην αναζήτηση και τον προβληματισμό αυτόν δεν συμμετέχουν αποκλειστικά φορείς που έχουν άμεση ή έμμεση σχέση με την εκπαίδευση, αλλά και θεσμικοί, οικονομικοί, πολιτιστικοί κ.ά., αφού μεγάλο μέρος του κοινωνικού συνόλου συνειδητοποιεί τη σημασία της διαρκούς και πολύπλευρης εκπαίδευσης ως την πιο μεγάλη επένδυση για το μέλλον.

Στη Σύνοδο Κορυφής για τον Αλφαριθμητισμό "21st Century Literacy Summit" που έγινε την περίοδο 07.03.2002 έως 08.03.2002 στο Βερολίνο της Γερμανίας προσδιορίστηκε:

«Επειδή η Κοινωνία του 21^{ου} αιώνα αλλάζει ταχύτατα και από τα βιομηχανικά μοντέλα περνάει στη κοινωνία που βασίζεται στη γνώση - "knowledge-based society"-, τονίζεται πως για να μπορέσει το μεγαλύτερο κομμάτι του πληθυσμού να συμβαδίσει με αυτές τις αλλαγές, πρέπει να προωθηθεί ο Αλφαριθμητισμός στον 21^ο Αιώνα, με τη βοήθεια των Νέων Τεχνολογιών που έχουν γίνει αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας».

1.1 Η ΧΗΜΕΙΑ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Ο προβληματισμός τι, πώς και με ποιο τρόπο να διδαχτεί στη Χημεία, ώστε να συμβάλει στη διαμόρφωση της Ιδιότητας του Πολίτη του 21^{ου} αιώνα, είναι ευρύτατος, αλλά δεν είναι πάντα προς την ίδια κατεύθυνση.

Στην Ελλάδα, όπως και στην Αγγλία και αλλού στον κόσμο, υπάρχουν δύο αντικρουόμενες τάσεις (Γεωργιάδου, Καφετζόπουλος, Προβής, Χηριάδης, & Σπυρέλλης 2000)

- Περισσότερο θεωρητικής ακαδημαϊκής προσέγγισης της Χημείας
- Προσέγγισης της Χημείας μέσω της καθημερινής πρακτικής.

Οι διαφορές στη θεώρηση προκύπτουν και από την προσεκτική μελέτη του Ενιαίου Πλαισίου Προγράμματος Σπουδών του 1998. Ενώ στο Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών Κοινωνικών Επιστημών γίνεται η προαναφερθείσα διεπιστημονική προσέγγιση, στο Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών Φ.Ε. (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο 1998) αναφέρεται :

«Τα τελευταία χρόνια όπου το ενδιαφέρον για τη βελτίωση της ποιότητας ζωής του ανθρώπου έχει αυξηθεί ιδιαίτερα και γίνεται προσπάθεια να επιλυθούν

τεράστια κοινωνικά προβλήματα, οι Φυσικές Επιστήμες αναπτύσσονται ραγδαία, ως Επιστήμες που κυρίως μπορούν να προτείνουν λύσεις σ' αυτά. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη συσσώρευση ενός πολύ μεγάλου όγκου επιστημονικών γνώσεων, που παρά το ότι είναι ενδιαφέρουσες ακόμη και για τον απλό πολίτη, δεν είναι δυνατόν ούτε και σκόπιμο να συμπεριληφθούν στα Προγράμματα Σπουδών των σχετικών μαθημάτων στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση». Η υπογράμμιση έγινε για να καταδείξει την αποκλίνουσα, από τα ανωτέρω αναφερθέντα, ακαδημαϊκή προσέγγιση που διαπερνά αυτή την τοποθέτηση.

Το Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών (Δ.Ε.Π.Π.Σ.) Χημείας για την υποχρεωτική Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση αφιέρωσε λίγες γραμμές για τη σύνδεση των επιτευγμάτων της Χημείας με την καθημερινή ζωή και τη συμβολή της στην προστασία του Περιβάλλοντος. Όμως, η αναφορά αυτή χρήζει συγκεκριμένης εξειδίκευσης και ανάπτυξης, αλλιώς υπολείπεται των αναγκών της εποχής.

Η εισήγηση του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου (Π.Ι.) για τα Δ.Ε.Π.Π.Σ. της Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης ανέφερε στους ειδικούς σκοπούς του Α.Π.Σ. Χημείας, ανάμεσα σε πολλά άλλα, τα εξής: "Η Χημεία, εκτός από το ιδιαίτερο ενδιαφέρον που έχει για το κοινωνικό σύνολο, έχει αναγνωριστεί σε όλες τις προηγμένες χώρες ως κεντρική επιστήμη (Brown, T. L., Lemay, H. E., Bursten, B. E., & Lemay, H. 2008), βάση άλλων επιστημών, όπως οι επιστήμες υγείας, η Βιολογία, η Γεωπονία, η Αρχαιολογία, αλλά και ως βασικός παράγοντας οικονομικής και κοινωνικής ανάπτυξης μιας χώρας." Αυτές οι επισημάνσεις είναι ιδιαίτερα σοβαρές δηλώσεις και χωρίς τη σημείο προς σημείο ανάλυση και υποστήριξή τους, με την ανάπτυξη κατάλληλων επιχειρημάτων, κινδυνεύουν να θεωρηθούν -στην καλύτερη περίπτωση- ευσεβείς πόθοι των συντακτών της σχετικής εισήγησης. Οι ορθές και σημαντικές αναφορές στον πολυσχιδή ρόλο της Χημείας στην υγεία, στη διατροφή, στο περιβάλλον, στην ποιότητα της ζωής, στην έρευνα και την ανάπτυξη, στην παραγωγή και την ενέργεια κ.ά., δεν επαρκούν για να στηρίζουν αντικειμενικά το ιδιαίτερο ενδιαφέρον και τη σημασία της Χημείας στην κοινωνία. Ούτε βέβαια να θεμελιώσουν τη θέση της Χημείας ως κεντρικής επιστήμης, γι' αυτό θεωρείται απαραίτητη η χρήση της αναφοράς στις προηγμένες χώρες.

Η επιστημονική θέση της Χημείας θεμελιώνεται αυστηρά και επιστημολογικά από το ερευνητικό της πεδίο, τις θεωρίες και τους νόμους της, τη δομή και τη συγκρότησή της, την οργανική και τη διαλεκτική της σχέση, αλλά και την οριοθέτησή της με τα άλλα διακριτά πεδία των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) και τέλος, από την Ιστορία και τη Φιλοσοφία της Χημείας. Η ενότητα της επιστημονικής γνώσης είναι δεδομένη, η Χημεία όμως είναι βασική (θεμελιώδης) αυτόνομη επιστήμη και έχει σαφώς καθορισμένο πεδίο στο μικρόκοσμο της ύλης.

Στα όρια του πεδίου έρευνας και εφαρμογής της η Χημεία συναντάται, διαχέεται, διαπλέκεται, συνεργάζεται με τις άλλες βασικές Φ.Ε. Νέα πεδία έρευνας ανοίχτηκαν στην τομή των βασικών πεδίων, αναπτύχθηκαν αυτοτελώς και δημιούργησαν νέους πιο εξειδικευμένους επιστημονικούς κλάδους. Η αλματώδης (εκθετική) αύξηση της ποσότητας της γνώσης έφερε σαν αδήριτη ανάγκη τον κατακερματισμό των θεμελιωδών επιστημών σε επιμέρους κλάδους, υπο-κλάδους και πεδία εφαρμογών. Πολλές φορές η ανάγκη μελέτης ειδικών προβλημάτων έφερε σε άμεση επαφή υπο-κλάδους διαφορετικών επιστημών, οι οποίοι με τη συνδρομή του εργαλειακού αποκρυσταλλώματος της επιστημονικής γνώσης, δηλ. της Τεχνολογίας, δημιούργησαν κι άλλες νέες ειδικεύσεις οριζόντιας διεπιστημονικής συνεργασίας.

Η πολυπλοκότητα των προβλημάτων που πρέπει να μελετηθούν και να επιλυθούν και των ζητημάτων που πρέπει να αντιμετωπιστούν είναι τόσο μεγάλη, ώστε η ολιστική διεπιστημονική προσέγγιση της πραγματικότητας είναι απολύτως αναγκαία.

Αυτό το ευρύ και ποικίλο φάσμα στενών ειδικοτήτων έφερε κάποια σύγχυση ακόμα και στους επιστήμονες, πόσο μάλλον στο ευρύ κοινό. Χάθηκε το νήμα που συνέδεε την Επιστήμη και την Τεχνολογία με την Κοινωνία. Η ρήση του Haeckel *"Η οντογενετική επαναλαμβάνει τη φυλογενετική αλλαγή"* φάνηκε να χάνει το νόημά της αν κάποιος προσπαθούσε να παρακολουθήσει την εξέλιξη των Φ.Ε. και της Τεχνολογίας.

Παράλληλα, για δύο-τρεις δεκαετίες περίπου, επικράτησε μια υπεραπλουστευτική θεώρηση βάσει της οποίας όλες οι επιστήμες μπορούν να αναχθούν στη

σωματιδιακή φυσική ή τη φυσική υψηλών ενεργειών. Όλη η ανθρώπινη δραστηριότητα μπορούσε απλά να περιμένει τη θεωρία των πάντων (Weinberg 1992, 2001). Τα τελευταία χρόνια το ρεύμα αυτό αντιστράφηκε. Η ανάλυση είναι μια πανίσχυρη τάση στην επιστήμη, όμως, δεν αποδίδει πάντα τους αναμενόμενους καρπούς.

Από τις αρχές ακόμα του εικοστού αιώνα παρουσιάζονται τα πρώτα σπέρματα "συστημικής σκέψης". Το Δ.Ε.Π.Π.Σ. της υποχρεωτικής εκπαίδευσης προσπαθεί να εισάγει την έννοια του συστήματος στο κεφάλαιο των Γενικών Αρχών του και των επιμέρους Α.Π.Σ. ως "ένα σύνολο πραγμάτων του οποίου τα μέρη βρίσκονται μεταξύ τους σε στενή σχέση αλληλεπίδρασης, αλληλεξάρτησης κ.ά."

Στην υποχρεωτικά σύντομη αυτή εισαγωγή δεν περιλαμβάνεται σχεδόν τίποτα για βαθμούς πολυπλοκότητας, αναδυόμενες ή/και επιγιγνώμενες ιδιότητες και επομένως, για το γεγονός ότι σε πλειάδα φυσικών συστημάτων υπάρχουν διαφορετικά επίπεδα πολυπλοκότητας, σε καθένα από τα οποία ισχύουν διαφορετικοί νόμοι.

Η ίδια η Χημεία (αλλά και η Βιολογία σε άλλα επίπεδα) αποτελεί "ενσάρκωση" των αναδυόμενων ιδιοτήτων στο επίπεδο του μικρόκοσμου των ατόμων, μορίων, μακρομορίων, κρυστάλλων κλπ. Τα τελευταία χρόνια έχει καθιερωθεί η Φιλοσοφία της Χημείας με τη δημιουργία Διεθνούς Ένωσης και την έκδοση δύο ειδικών Περιοδικών μεγάλου κύρους. Η θεωρητική διερεύνηση της Ιστορίας και της Φιλοσοφίας της Χημείας διευρύνει αποφασιστικά της δυνατότητες της αποτελεσματικής παρέμβασης στη κοινωνία και βέβαια στην εκπαίδευση. Η αναγκαιότητα να συνεισφέρει η Φιλοσοφία της Χημείας οράματα και προοπτικές στη διδακτική του γνωστικού αντικειμένου στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση έχει ήδη αναγνωριστεί ως υψίστης προτεραιότητας και στα συνέδρια, στις συλλογές άρθρων κ.α. εμφανίζονται σχετικές συνεργασίες υψηλού επιπέδου σε αυξανόμενη συχνότητα.

1.2 Η ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΟ ΑΝΑΛΥΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ: Η διδασκαλία της Χημείας στο ευρύτερο κοινωνικό και περιβαλλοντικό πλαίσιο

1.2.1 Χημεία και καθημερινή ζωή - Πράσινη Χημεία - Ενέργεια

Ο πληθυσμός της Γης αυξάνεται με ραγδαίους ρυθμούς, ένα μεγάλο δε τμήμα του, εξακολουθεί να ζει χωρίς την παροχή συστηματικά παραγόμενης ενέργειας. Από την άλλη πλευρά, το βιοτικό επίπεδο του “ανεπτυγμένου” κόσμου απαιτεί όλο και μεγαλύτερη παραγωγή ενέργειας, προκειμένου να καλυφθούν οι ως επί το πλείστον πλασματικές ανάγκες του σύγχρονου τρόπου ζωής. Συνεπώς, η βιομηχανία ενέργειας καλείται να παράγει όλο και περισσότερο, σε βαθμό που παρουσιάζεται πλέον αδύναμη να αντεπεξέλθει. Αυτό δημιουργεί την ανάγκη της εύρεσης και εφαρμογής νέων τεχνολογιών παραγωγής ενέργειας.

Η συντριπτική πλειονότητα της παραγόμενης ενέργειας προέρχεται από την καύση των συμβατικών καυσίμων, δηλαδή ορυκτών καυσίμων, τα οποία εξορύσσονται σε συγκεκριμένες περιοχές της Γης. Τα κοιτάσματα ορυκτών καυσίμων, π.χ. πετρελαίου, βρίσκονται υπό τον έλεγχο συγκεκριμένων παραγόντων και υπό καθεστώς παγκοσμιοποίησης της αγοράς τους. Στη σημερινή εποχή, δεν μας εκπλήσσουν ακόμη και πολεμικές συρράξεις, των οποίων το βασικό αίτιο είναι ο έλεγχος της αγοράς αυτής. Από την άλλη πλευρά, οι λεγόμενες “υπό ανάπτυξη” χώρες, μένουν εκτός της αγοράς αυτής ή γίνονται θύματά της.

Τα προαναφερθέντα ορυκτά καύσιμα δεν αποτελούν μία ανεξάντλητη πηγή ενέργειας. Είναι γνωστό ότι με τους σύγχρονους ρυθμούς κατανάλωσής τους, θα χρειαστούν λίγες ακόμη δεκαετίες για να τελειώσει ο ορυκτός πλούτος, που η φύση χρειάστηκε τόσα εκατομμύρια χρόνια, για να τον φτιάξει.

Εκτός από τον κίνδυνο εξάντλησης των ορυκτών καυσίμων, που αποτελούν πολύτιμη πηγή πρώτης ύλης για τη χημική βιομηχανία, ένας ακόμη λόγος που καθιστά προβληματική τη χρήση τους είναι και οι πολλαπλές περιβαλλοντικές επιπτώσεις που αυτή επιφέρει. Πρόκειται για τα ευρέως πλέον γνωστά προβλήματα του φαινομένου του θερμοκηπίου, της τρύπας του όζοντος, της όξινης βροχής, του φωτοχημικού νέφους και της θερμικής ρύπανσης. Μπορεί η παραγωγή και κατανάλωση ενέργειας να μην αποτελεί τη μοναδική πηγή των προβλημάτων αυτών, είναι όμως ένας από τους πλέον ισχυρούς παράγοντες (Gore 2006).

«Σε ένα κόσμο που βρίσκεται σε πολιτικό, κοινωνικό και οικολογικό χάος πώς μπορεί να καταφέρει η ανθρωπότητα να επιβιώσει για άλλα 100 χρόνια;» Αυτή την ερώτηση

«ανήρτησε» σε δημοφιλή δικτυακό τόπο ο Στίβεν Χόκινγκ. Ήταν μια ασυνήθιστη κίνηση για έναν επιστήμονα που αναζητά συνήθως απαντήσεις στα κοσμικά αινίγματα και δεν έβαζε μόνος του να βρει απαντήσεις, αλλά στράφηκε στο Internet. Μέσα σε 30 μέρες 25.000 άνθρωποι κατέθεσαν την άποψή τους. Κάποιοι υποστήριζαν ότι η ανθρωπότητα πρέπει να μάθει να ζει με τις αντιξοότητες τις οποίες καλείται να αντιμετωπίσει, άλλοι ότι τη λύση θα δώσει η τεχνολογία από μόνη της. Ο ίδιος ο Χόκινγκ ομολόγησε ότι ούτε ο ίδιος γνωρίζει τι πρέπει να γίνει. Επισήμανε όμως, ιδιαίτερα ανάμεσα σε άλλα (πυρηνική απειλή, χρήση όπλων βιολογικού πολέμου), ότι τον τελευταίο καιρό υπάρχει έντονα η απειλή της κλιματικής μεταβολής και του φαινομένου του θερμοκηπίου. Ελλοχεύει ο κίνδυνος να μην μπορεί η φύση να ρυθμίσει την αύξηση της θερμοκρασίας και ο πλανήτης Γη να έχει την τύχη της Αφροδίτης (ΒΗΜΑ-ΔΙΕΘΝΗ, 16/09/2006).

Όμως, η οικολογική οργάνωση WW δεν ευελπιστεί μάλλον για 100 χρόνια επιβίωσης ακόμα. Με ανακοίνωση την ίδια χρονιά της διετούς έκθεσης της «*Ζωντανός Πλανήτης*» προειδοποιεί ότι: αν οι σημερινοί ρυθμοί υπερκατανάλωσης διατηρηθούν, το 2050 η ανθρωπότητα θα καταναλώνει φυσικούς πόρους που αντιστοιχούν σε δύο πλανήτες. Η Γη σύντομα θα αδυνατεί να καλύψει τις απαιτήσεις των ανθρώπων σε τρόφιμα, ενέργεια και υλικά. Η αύξηση στη κατανάλωση ορυκτών καυσίμων (πετρέλαιο, φυσικό αέριο και άνθρακας) είναι εκρηκτική αφού εννεαπλασιάστηκε από το 1961 μέχρι το 2003.

Η Έκθεση του Στερν, ο οποίος ήταν πρώην επικεφαλής των οικονομολόγων της Παγκόσμιας Τράπεζας, προειδοποιεί τον Οκτώβριο του 2006 ότι: «*παγκόσμια οικονομική ύφεση καταστροφικής έκτασης, ύψους έως και 5,5 τρις ευρώ, ενδέχεται να προκαλέσει η αύξηση της θερμοκρασίας στον πλανήτη, λόγω της εκπομπής των αερίων του θερμοκηπίου*». Την έρευνα είχε παραγγείλει στις αρχές του 2005 η βρετανική κυβέρνηση, για να εκτιμήσει τις οικονομικές συνέπειες που θα είχε η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη στη Βρετανία και τον κόσμο έως το 2100. Το αποτέλεσμα της έκθεσης, που ξεπερνά τις 700 σελίδες, είναι ανησυχητικό: για να καταπολεμήσουν την άνοδο της θερμοκρασίας, οι χώρες θα πρέπει να αφιερώσουν στην προσπάθεια αυτή το 1% του παγκόσμιου ΑΕΠ, αλλά, εάν παραμείνουν απαθείς, το κόστος μπορεί να είναι πενταπλάσιο ως εικοσαπλάσιο του ποσού αυτού.

Τα προβλήματα είναι γνωστά και από χρόνια έχει δημιουργηθεί ένα κίνημα υπέρ μιας Βιώσιμης Ανάπτυξης με Οικολογική συνείδηση και Περιβαλλοντική ευαισθησία (Energy Efficiency and Renewable Energy, <http://www.eere.energy.gov>).

Όπως διαφάνηκε και από τις απαντήσεις στο ερώτημα του Χόκινγκ, ένα μεγάλο μέρος του κοινού προσβλέπει στις Φυσικές Επιστήμες και στην Τεχνολογία για την επίλυση αυτής της κρίσης, παρότι συνέβαλαν με κάποιες αλόγιστες συμπεριφορές στη δημιουργία της. Πρόκειται για μία θεώρηση επιστημονικής αισιοδοξίας που ισχυρίζεται ότι, τα προβλήματα που προκύπτουν από την τεχνολογική εφαρμογή των επιστημονικών ανακαλύψεων, μπορεί πάλι η επιστήμη να τα θεραπεύσει. Αυτή η θέση είναι σε κάποιο βαθμό και κατανοητή και βάσιμη. Χρειάζεται, όμως, προσοχή, γιατί τα προβλήματα που έχουν φέρει τον κόσμο σε κρίσιμη κατάσταση είναι δυσεπίλυτα και απαιτούν προσεκτικούς χειρισμούς, ολιστική προσέγγιση και πολιτική πρωτοβουλία σε διεθνές επίπεδο (Emsley 1994).

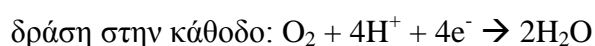
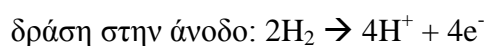
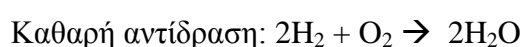
Η Χημεία, με τον πολυσχιδή ρόλο της σε κάθε τομέα επιστημονικής και τεχνολογικής έρευνας, αναγνωρίζοντας αυτή την ανάγκη δημιούργησε την «Πράσινη Χημεία» (Anastas and Warner 1998) με σκοπό τη διατήρηση της Ποιότητας της Ζωής και τη Βιώσιμη τεχνολογική ανάπτυξη (Clark, Macquarrie 2002). Η σημασία του γεγονότος αυτού είναι μεγάλη γιατί το επιστημονικό πεδίο της Χημείας παγκόσμια είναι τεράστιο και μακράν το μεγαλύτερο από τις άλλες Φυσικές Επιστήμες και τα συναφή πεδία τεχνολογικών εφαρμογών. Με 900.000 δημοσιεύσεις καταγεγραμμένες στα Chemical Abstracts για το έτος 2000, η Χημεία είναι ευρύτερη από κάθε άλλη και από όλες τις άλλες Φυσικές Επιστήμες μαζί (Schummer 2006). Ίσως, να μην είναι παράξενο λοιπόν το ότι μπορεί να διαβάσει κανείς για την Πράσινη Χημεία ακόμα και σε εφημερίδα γενικού ενδιαφέροντος από αυτές που διανέμονται δωρεάν στα μεταφορικά μέσα, εμπορικά κέντρα κ.λ.π. *«Η Πράσινη Χημεία είναι ο όρος που χρησιμοποιούμε για να περιγράψουμε τη δημιουργία όλο και λιγότερο επικίνδυνων χημικών συνθέσεων, οι οποίες με τη σειρά τους παράγουν ουσίες με μικρή, ακόμα και μηδαμινή τοξικότητα τόσο για το περιβάλλον όσο και για την υγεία του ανθρώπου. Είναι προϊόντα έτσι σχεδιασμένα, ώστε να διασπώνται σε αβλαβή υποπροϊόντα, που απορροφώνται από το περιβάλλον. Για να πει κανείς ότι ασπάζεται την πράσινη Χημεία, πρέπει ταυτόχρονα να κάνει συνετή χρήση της ενέργειας, να αποφεύγει τους διαλύτες, να προλαμβάνει τα χημικά ατυχήματα και να μειώνει στο ελάχιστο τη*

ρύπανση της ατμόσφαιρας και του περιβάλλοντος» (εφημερίδα metro, 16/10/2006). Σίγουρα κάθε ειδικός θα προσυπέγραφε αυτόν τον ορισμό (Linthhorst 2010). Τα μεγάλα αυτά ζητήματα έχουν, ή θα έπρεπε να έχουν, την αντανάκλασή τους στην εκπαίδευση και στην κοινωνία ώστε οι σημερινοί μαθητές και σπουδαστές, μελλοντικοί πολίτες, να μπορούν να έχουν διαμορφωμένη άποψη απέναντι στα προβλήματα, αλλά και να συμβάλουν και να επηρεάσουν τις τάσεις και πολιτικές.

1.2.2 Πράσινη ενέργεια: προοπτικές της χρήσης υδρογόνου

Μια πρόταση της Πράσινης Χημείας είναι η χρήση του υδρογόνου για την παραγωγή ενέργειας. Το υδρογόνο είναι το πιο απλό και πιο άφθονο στοιχείο στο σύμπαν (Hydrogen: The Perfect Fuel, <http://www.commutercars.com>). Το υδρογόνο μπορεί να χρησιμοποιηθεί απ' ευθείας σε μηχανές εσωτερικής καύσης ή σαν καύσιμο σε στοιχεία καυσίμων, όπου παράγεται ενέργεια μέσω ηλεκτροχημικής αντίδρασης. Και στις δύο περιπτώσεις, τα προϊόντα, είτε της καύσης είτε της ηλεκτροχημικής αντίδρασης, είναι καθαρό νερό και θερμότητα (Rifkin 2002). Τα στοιχεία καύσης υδρογόνου, ή αλλιώς κυψέλες υδρογόνου, αποτελούν την αιχμή του δόρατος της υπάρχουσας τεχνολογίας για ένα μέλλον, όπου θα παράγεται καθαρή ενέργεια (Hydrogen & Fuel Cell Investor Government Economics, <http://www.h2fc.com>). Η αρχή λειτουργίας του στοιχείου υδρογόνου δε διαφέρει από αυτή μιας μπαταρίας. Αντίθετα όμως με μια μπαταρία, το στοιχείο υδρογόνου δεν σταματά τη λειτουργία του, ούτε χρειάζεται επαναφόρτιση. Παράγει ενέργεια με τη μορφή ηλεκτρισμού και θερμότητας, όσο τροφοδοτείται με καύσιμο. Οι επιστήμονες αναπτύσσουν πολλούς διαφορετικούς τύπους στοιχείων, αλλά ο περισσότερο υποσχόμενος τύπος για χρήση σε οχήματα, είναι το ελαφρύ και σχετικά μικρό σε μέγεθος στοιχείο, μεμβράνης ανταλλαγής πρωτονίων (P.E.M.). Ένα τέτοιο στοιχείο, παράγει ηλεκτρισμό απ' ευθείας από την ηλεκτροχημική αντίδραση μεταξύ καυσίμου υδρογόνου και οξυγόνου από τον αέρα.

Η χημεία στο στοιχείο υδρογόνου μπορεί να περιγραφεί με τις παρακάτω αντιδράσεις:



Μια κυψέλη υδρογόνου αποτελείται από πολλά μέρη, όμως η καρδιά του συστήματος είναι μια συστοιχία (fuel cell stack), που αποτελείται από πολλά, λεπτά, επίπεδα στοιχεία υδρογόνου. Ένα στοιχείο από μόνο του παράγει ένα μικρό ποσό ρεύματος, όμως πολλά στοιχεία συνδεδεμένα μεταξύ τους σε συστοιχία, μπορούν και παράγουν αρκετό ρεύμα, ώστε να κινήσουν ένα όχημα. Τα ηλεκτρόνια που ξεκινούν από την άνοδο κινούμενα προς την κάθοδο δημιουργούν το ωφέλιμο ηλεκτρικό ρεύμα. Η αντίδραση σε ένα και μόνο στοιχείο παράγει μόνο 0,7 Volt περίπου. Για να επιτευχθεί τιμή τάσης σε λογικά και αξιοποιήσιμα επίπεδα, συνδυάζονται πολλά ξεχωριστά στοιχεία για να σχηματίσουν μια συστοιχία. Μια τέτοια συστοιχία λειτουργεί σε αρκετά χαμηλή θερμοκρασία, περίπου 80 °C, που σημαίνει ότι μπορεί να θερμανθεί γρήγορα και δεν απαιτούνται ειδικές διατάξεις, για να φτάσει η συστοιχία σε ιδανική θερμοκρασία λειτουργίας. Οι κύριες προοπτικές για χρήση των κυψελών υδρογόνου σε καθημερινή βάση, αφορούν στις μεταφορές (αυτοκίνητα ιδιωτικής χρήσης, οχήματα μεταφορών κ.ά), την οικιακή χρήση και τη δημιουργία σταθμών παραγωγής ενέργειας (Barreto, Makihira, Riahi 2003).

Παρόλο όμως που τα οφέλη από τη χρήση των κυψελών υδρογόνου είναι εμφανή, υπάρχουν κάποια εμπόδια, που θα πρέπει να υπερπηδηθούν. Κύριο πρόβλημα αποτελεί το κόστος παραγωγής του υδρογόνου, που είναι αρκετά πιο υψηλό από το κόστος παραγωγής των ήδη υπαρχόντων καυσίμων. Ένα άλλο πρόβλημα είναι η ανθεκτικότητα και αξιοπιστία των κυψελών στο συγκεκριμένο επίπεδο εξέλιξης. Τροχοπέδη αποτελεί και η δημιουργία της απαραίτητης υποδομής του δικτύου διανομής καθώς και η αποθήκευση και η μεταφορά του υδρογόνου, μιας και το ήδη υπάρχον δίκτυο και οι μέθοδοι αποθήκευσης και μεταφοράς δεν μπορούν (Υδρογόνο, ο Ενεργειακός Φορέας του Μέλλοντος, <http://www.psxm.gr>).

1.2.3 Πράσινη ενέργεια: προοπτικές της χρήσης βιομάζας

Πράσινη Ενέργεια χαρακτηρίζεται η ενέργεια που παράγεται με τη χρήση ανανεώσιμων και μόνον πρώτων υλών, χωρίς την συμπαράγωγή επικίνδυνων ουσιών ή ουσιών επιβλαβών στον άνθρωπο ή το περιβάλλον. Τέτοιου είδους ενέργεια μπορεί να παραχθεί με διάφορους τρόπους και διεργασίες. Κύρια θέση μεταξύ αυτών αποτελεί η μετατροπή της χημικής ενέργειας σε άλλες μορφές, όπως θερμική και ηλεκτρική. Η βιομάζα παρέχει ένα αποδοτικό ενδιάμεσο συλλογής και συμπύκνωσης της ηλιακής ενέργειας. Συνεπώς, η περιβαλλοντικά φιλική χρήση της βιομάζας για

παραγωγή εύχρηστης ενέργειας εμπίπτει απόλυτα στο πλαίσιο της Πράσινης Ενέργειας. Επί πλέον, η βιομάζα ως ανανεώσιμη πηγή ενέργειας μπορεί να αποτελέσει σημαντικό παράγοντα αειφόρου ανάπτυξης καθώς και παράγοντα τοπικής αναπτυξιακής διάστασης.

Ο όρος βιομάζα, ως ενεργειακή πρώτη ύλη, περιλαμβάνει οποιαδήποτε οργανική ύλη προερχόμενη από φυτά σε ανανεώσιμη βάση, όπως ενεργειακά φυτά και δένδρα, γεωργικές καλλιέργειες βρώσιμων προϊόντων, κατάλοιπα καλλιεργειών και αγροτοβιομηχανιών, κατάλοιπα δασικών εκμεταλλεύσεων, απόβλητα ζώων, αστικά απόβλητα κ.ά. Η οργανική αυτή ύλη, χρησιμοποιώντας χημικές ή βιοχημικές διεργασίες όπως η ζύμωση, η αναερόβια χώνευση, η αεριοποίηση και η πυρόλυση, μπορεί να μετατραπεί σε εύχρηστες μορφές ενέργειας. Ορισμένοι από τους παραγόμενους ενεργειακούς φορείς είναι η αιθανόλη, το βιοαέριο, το αέριο σύνθεσης, το βιοέλαιο και το βιοντήζελ. Οι φορείς αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε μηχανές εσωτερικής καύσεως σε κινητές εφαρμογές (μεταφορές) ή για την παραγωγή ή συμπαραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και θερμότητας (Κούκιος, 2003).

Μια εναλλακτική διεργασία αφορά στην παραγωγή υδρογόνου από τους παραπάνω ενεργειακούς φορείς για χρήση του σε κυψελίδες καυσίμου. Οι κυψελίδες καυσίμου παράγουν ηλεκτρική ενέργεια και θερμότητα (συμπαραγωγή) με μεγάλη απόδοση και μηδενική εκπομπή ρύπων. Η εφαρμογή τους είναι ιδανική σε περιοχές εκτός ηλεκτρικού δικτύου, καθώς και σε περιβαλλοντικά ευαίσθητες περιοχές. Η παραγωγή υδρογόνου από βιομάζα απαιτεί ειδικούς καταλύτες και προηγμένους αντιδραστήρες. Οι διεργασίες μετατροπής της βιομάζας σε υδρογόνο έχουν μελετηθεί ως προς την ενεργειακή τους απόδοση, τις εκπομπές ρύπων - συμπεριλαμβανομένων και των αερίων του φαινομένου του θερμοκηπίου – τη σύνθεση και δομή των καταλυτικών υλικών, τον μηχανισμό των αντιδράσεων, καθώς και τον σχεδιασμό προηγμένων αντιδραστήρων.

Η χρήση της βιομάζας ως ανανεώσιμης πηγής ενέργειας συζητείται κυρίως ως προς τις χημικές και βιοχημικές διεργασίες μετατροπής της, ως προς την παραγωγή υδρογόνου για χρήση σε κυψελίδες καυσίμου, ως προς τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις και με βάση αναπτυξιακούς και οικονομικούς όρους (Μαρούλης, Χατζηαντωνίου-Μαρούλη 2003).

.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο:

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

2.1 ΣΥΝΤΟΜΗ ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ ΣΤΙΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΠΟΨΕΙΣ

Η Χημεία θεωρείται παραδοσιακά πειραματική επιστήμη. Γενέθλια πράξη της Χημείας θεωρούνται τα πειράματα του Lavoisier. Η μελέτη βιβλίων ιστορίας της Χημείας είναι διδακτική και αποκαλυπτική, όχι μόνο γεγονότων αλλά και φιλοσοφικών και επιστημολογικών οπτικών και προσεγγίσεων (Matthews 1994). Υπάρχουν (i) ακαδημαϊκού τύπου ιστοριο-βιογραφίες, όπως του Βάρβογλη (1995 α,β) «ΜΕΓΑΛΟΙ ΧΗΜΙΚΟΙ», (ii) ακαδημαϊκές ιστορίες με επιστημολογική διάσταση όπως του Μπόκαρη (2002), «ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ», (iii) ιστορίες με στοιχεία επιστημολογίας αλλά και μυθοπλασίας όπως των Stengers, Bensaude-Vincent (1992) “Histoire de la Chimie”, (iv) μυθιστορηματικές αφηγήσεις όπως του Strathern (2000) “Mendeleev’s Dream, The Quest for the Elements», και (v) εικονογραφημένη ιστορία της Χημείας των Ghigliano, Novelli (1989), “La storia della Chimica a fumetti”. Πρόσφατα, πρέπει να αναφερθεί το βιβλίο επιτομή επιστήμης, ιστορίας και φιλοσοφίας της Χημείας του Eric Scerri (2007c), “The periodic table, its story and its significance”.

Προς το τέλος του δέκατου ένατου στην Αγγλία, εισάγεται για πρώτη φορά στο σχολείο η πρακτική εργαστηριακή άσκηση των μαθητών. Σύντομα η τάση αυτή επεκτείνεται και στις άλλες Ευρωπαϊκές χώρες, ενώ στην Ελλάδα άρχισε να αντιμετωπίζεται από το 1896 με εγκύκλιο του τότε Υπουργού Παιδείας Δ. Πετρίδη. Είναι η περίοδος κατά την οποία οι πειραματικές επιστήμες αναπτύσσονται ραγδαία και κυριαρχεί το επιστημολογικό φιλοσοφικό ρεύμα του λογικού εμπειρισμού, με κύριους εκφραστές τους Άγγλους Bacon, Hume, Locke, Mill κ.ά.

Η Χημεία, ως επιστήμη των υλικών πραγμάτων και των μετατροπών της ύλης, προόδευσε και αναπτύχθηκε μετά από εξαντλητικές έρευνες και δοκιμές στο εργαστήριο. Θεωρείται και είναι ασύμβατη μια διδακτική προσέγγιση της Χημείας η οποία δεν περιλαμβάνει την εξοικείωση με τις εργαστηριακές τεχνικές, τις δεξιότητες στον χειρισμό των υλικών, των οργάνων, των πειραματικών διατάξεων και την πρακτική δοκιμασία και τον έλεγχο. Σημαντική θεωρείται επίσης, έστω και η ελάχιστη εργαστηριακή εμπειρία, η οποία επιτρέπει στον μαθητή να αντιληφθεί τη

δυσκολία επίτευξης συγκεκριμένων και επαναλήψιμων πειραματικών αποτελεσμάτων και την προσοχή που απαιτείται σε κάθε στάδιο πειραματικής ενασχόλησης.

Η Χημεία αποτέλεσε πάντοτε προνομιακό πεδίο για τον επιστημονικό ρεαλισμό. Είναι μια επιστήμη που επεμβαίνει στην ύλη και παράγει χρήσιμα προϊόντα που, πέρα από κάθε αμφισβήτηση, άλλαξαν και εξακολουθούν να αλλάζουν τη ζωή του ανθρώπου. Παρόλα αυτά, επιστημολογικής φύσης ερωτήματα που αναφέρονται στη Χημεία τίθενται από πολύ νωρίς, από τότε δηλαδή που καθιερώνεται ως ανεξάρτητη επιστήμη. Ήδη από τις αρχές του 19^{ου} αιώνα τίθεται το κρίσιμο ερώτημα: το πείραμα προηγείται της θεωρίας ή θεωρία του πειράματος;

Και έτσι, ξεκινά το ερώτημα πώς γνωρίζουμε όσα γνωρίζουμε; Ποιο είναι το φιλοσοφικό και κοινωνικό υπόβαθρο πάνω στο οποίο η επιστήμη στηρίζει «τις αλήθειές» της για τον κόσμο; Σε ποιο βαθμό οι εξηγήσεις εξαρτώνται από το συγκεκριμένο ιστορικό ιδεολογικό κλίμα και σε ποιο βαθμό από τη διαθεσιμότητα συγκεκριμένων τεχνολογιών; Η επιστήμη εξαρτάται πάντα από την αλληλεπίδραση παρατήρησης, πειράματος και θεωρίας. Σε τι συνιστάται ένα πείραμα; Σε ποιο βαθμό οι παρατηρήσεις και τα πειράματα περιορίζονται από τη θεωρητική υποδομή μας; Μπορούμε να σκεφτόμαστε έξω και πέραν του ιστορικού πλαισίου;

Οι ερευνητές παρατηρούν, συλλέγουν δεδομένα, παρεμβαίνουν, κάνουν υποθέσεις και τις δοκιμάζουν, σχεδιάζουν ισχυρά όργανα που εξερευνούν τα τμήματα του κόσμου που δεν μπορούν να μελετηθούν αν δεν διευρυνθούν οι ανθρώπινες δυνατότητες. Δημοσιεύουν τα ευρήματά τους και κάποιοι άλλοι τα χρησιμοποιούν για να αυξήσουν ακόμη περισσότερο την επιστημονική γνώση ή να σχεδιάσουν νέες τεχνολογίες. Στην τεχνο-επιστημονική εποχή μας κανείς σχεδόν δεν αμφισβητεί την επιστημονική μέθοδο ή τα αποτελέσματά της, εκτός από μερικούς κοινωνιολόγους και φιλόσοφους της επιστήμης που εκφράζουν τις ανησυχίες τους. Οι περισσότεροι εν ενεργεία επιστήμονες δεν ανησυχούν για όλες αυτές τις φιλοσοφικές "φλυαρίες" περί μεταθεωρίας, μάλιστα, συνήθως φαίνεται ότι αγνοούν και την ύπαρξή τους. Στόχος τους είναι να προοδεύουν τη φυσική, τη Χημεία, τη βιολογία ή όποια άλλη επιστήμη, για να ανακαλύψουν «την αλήθεια» σχετικά με τον κόσμο.

Η επιστήμη ξεκινάει με συστηματική παρατήρηση, με μια προσπάθεια να ανακαλύψουμε τις κανονικότητες του κόσμου γύρω μας και να προβλέψουμε το

μέλλον με βάση τις εμπειρίες του παρελθόντος. Κανείς όμως δεν παρατηρεί ουδέτερα -χωρίς προκαταλήψεις- τον έξω κόσμο. Για πολλές δεκαετίες, η αλληλεπίδραση παρατήρησης και εμπειρίας υπήρξε αντικείμενο έρευνας για τους ψυχολόγους της αντίληψης. Η διαμάχη «συγκρότηση εναντίον παρατήρησης» βρίσκεται στον πυρήνα του παράδοξου της επιστήμης, δηλαδή του ισχυρισμού της ότι μπορεί να μας παράσχει μια «αληθή» περιγραφή του υλικού κόσμου, παρ' ότι είναι αναγκασμένη να το κάνει κοιτάζοντας τον κόσμο μέσα από το πρίσμα των εμπειριών και των προσδοκιών των ατόμων που την ασκούν. Αυτό το παράδοξο έχει αποτελέσει τροφή στους φιλόσοφους και τους κοινωνιολόγους της επιστήμης (Hacking 2001).

Οι σύγχρονες φυσικές επιστήμες δεν αρκούνται στην παθητική παρατήρηση και καταγραφή των συμβάντων. Προσπαθούν να κατανοήσουν τον κόσμο με ενεργή παρέμβαση, ελέγχοντάς τον και διεξάγοντας πειράματα. Επιπροσθέτως, κάνουν προβλέψεις με βάση τις παρατηρήσεις και μετά πρέπει να τις ελέγξουν. Ο πειραματισμός απαιτεί την απλοποίηση και τον έλεγχο των φαινομένων που προσπαθούμε να κατανοήσουμε και κατόπιν την παρέμβαση, τροποποιώντας συστηματικά μόνο μία μεταβλητή κάθε φορά και διατηρώντας σταθερούς όλους τους άλλους παράγοντες (*ceteris paribus*). Το μυστικό της επιτυχίας για τις σύγχρονες επιστήμες οφείλεται στην ανάπτυξη αυτής της πειραματικής, παρεμβατικής μεθόδου, η οποία θεωρείται ότι αναπτύχθηκε κατά τον 17ο αιώνα και θεμελιώθηκε θεωρητικά από τον Bacon. Είναι επίσης μια εγγενώς αναγωγική μέθοδος, διότι βασίζεται στην απομόνωση εκείνης ακριβώς της πλευράς, ή εκείνου του φαινομένου, που επιθυμούμε να μελετήσουμε και κατόπιν μεταβάλλουμε μία μία τις συνθήκες που θεωρούμε ότι το επηρεάζουν. Αν μεταβάλλουμε δύο ή περισσότερες μεταβλητές ταυτόχρονα, δεν μπορούμε ποτέ να είμαστε βέβαιοι για το ποια από τις δύο ευθύνεται βασικά για το παρατηρούμενο αποτέλεσμα. Αλλά, στον πραγματικό (*in vivo*) εκτός του εργαστηρίου κόσμο, πολλοί παράγοντες μεταβάλλονται ταυτόχρονα. Μεταβλητές και παράμετροι δεν μπορούν να διαχωριστούν με την ίδια ευκολία (Rose 1997). Η άποψη για τον κόσμο που δημιουργούν οι ερευνητές βασίζεται στη λεπτή αλληλεπίδραση ανάμεσα στην τεχνολογία και την επιστήμη αφενός, και το βλέμμα του έμπειρου επαγγελματία αφετέρου, η οποία διαμορφώνεται από τις θεωρητικές προσδοκίες σύμφωνα με τις οποίες λειτουργούν. Η γνώση του κόσμου παρουσιάζει προκλήσεις πέραν της *δημιουργίας υποθέσεων* του Popper (1962), των *παραδειγμάτων* του Kuhn

(1962), των *ερευνητικών παραδόσεων* του Lakatos (1970) και περιλαμβάνει και τις κοινωνιολογικές *μελέτες εργαστηριακών πρακτικών* του Latour (1999).

2.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΩΝ Φ.Ε. ΚΑΙ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

Κάθε γνήσια επιστημονική θεωρία πρέπει να κάνει μια πρόβλεψη σχετικά με το σύμπαν, η οποία να μπορεί να παρατηρηθεί ή να μετρηθεί. Αν τα αποτελέσματα μιας παρατήρησης ή ενός πειράματος ταιριάζουν με τη θεωρητική πρόβλεψη, αυτός είναι ένας καλός λόγος για να γίνει αποδεκτή η θεωρία και κατόπιν να ενσωματωθεί στο ευρύτερο επιστημονικό πλαίσιο. Από την άλλη αν η θεωρητική πρόβλεψη δεν είναι ακριβής και έρχεται σε αντίθεση με το πείραμα ή την παρατήρηση, τότε η θεωρία πρέπει να απορριφθεί ή τουλάχιστον να προσαρμοστεί, ανεξάρτητα από το ποσό όμορφη ή απλή είναι. Η υπέρτατη πρόκληση για κάθε επιστημονική θεωρία είναι ότι πρέπει να είναι ελέγξιμη και συμβατή με την πραγματικότητα (Singh 2004).

Ο Singh αναφέρεται επίσης στη σημασία της *απλότητας*: Παραθέτει ένα απόσπασμα από τον φυσικό Μπερντ Ματίας: «Αν δείτε ένα μαθηματικό τύπο στο περιοδικό Physical Review που έχει έκταση μεγαλύτερη από ένα τέταρτο της σελίδας, ξεχάστε τον. Είναι λάθος. Η φύση δεν είναι τόσο πολύπλοκη». Η επιλογή αυτού του αποσπάσματος είναι χαρακτηριστική για έναν φυσικό που κάνει έρευνα στη λεγόμενη μεγάλη επιστήμη (Αστροφυσική, Κοσμολογία, Σχετικότητα κ.λ.π.). Γενικά μια θεωρία θεμελιωμένη σε μια απλή, όμορφη εξίσωση προτιμάται από μια θεωρία που βασίζεται σε πολλές, μεγάλες και "άσχημες" εξισώσεις, οι οποίες χαρακτηρίζονται από πλήθος πολύπλοκων και αμφίσημων περιορισμών.

Ωστόσο, η απλότητα και η κομψότητα έχουν δευτερεύουσα σημασία αναφορικά με το πιο σημαντικό χαρακτηριστικό κάθε επιστημονικής θεωρίας, το οποίο είναι να *ταιριάζει με την πραγματικότητα και να μπορεί να ελεγχθεί* (Singh 2004). Στη δήλωσή του αυτή συνυπάρχουν ο θετικισμός του Carnap (1956), η διάψευση του Popper και η επαλήθευση του Lakatos, με τον ρεαλισμό. Αποτελεί ένα κλασικό παράδειγμα ότι οι ερευνητές είναι *δισεισθητικά ρεαλιστές*, ενώ στηρίζονται στην επιστημονική μέθοδο και στον θετικισμό που έχει *αντιρρεαλιστικές συνιστώσες*. Σε αυτή τη δήλωση καταδεικνύεται μια επιστημολογική σύγχυση του ερευνητή.

Τα ζητήματα ορθολογικότητας και ρεαλισμού κυριαρχούν στη φιλοσοφία της επιστήμης, όπως τα ερωτήματα γύρω από τον λόγο, την απόδειξη και τη μέθοδο,

γύρω από το τι είναι ο κόσμος, ποια πράγματα υπάρχουν εντός του κόσμου και τι είναι αληθινό σε αυτά (Cartwright 1989). Παρά τα ερωτήματα που ανέκυψαν από το κλασικό βιβλίο του T. S. Kuhn (1962), «*Η Δομή των Επιστημονικών Επαναστάσεων*», το υπόβαθρο της επιστημονικής δραστηριότητας, η επιστημονική μέθοδος, εξακολουθεί να εδράζεται στον εμπειρισμό, τον θετικισμό και τη μεθοδολογία του Popper (Matthews 2003).

Ο ρεαλισμός έχει δύο συνιστώσες. Πρώτον, απαιτεί μια ρεαλιστική θεωρία περιεχομένου, σύμφωνα με την οποία οι πεποιθήσεις μας ανταποκρίνονται στον ανεξάρτητο κόσμο. Δεύτερον, αντιμετωπίζει τον σκεπτικισμό με μια ρεαλιστική θεωρία της γνώσης, σύμφωνα με την οποία *αλήθεια και κρίση συμμεταβάλλονται ως εκ των υστέρων -a posteriori- γεγονός*. Ο ρεαλισμός για τις θεωρίες πρεσβεύει ότι στοχεύουν στην αλήθεια και μερικές φορές την προσεγγίζουν. Ο ρεαλισμός για τις οντότητες πρεσβεύει ότι τα αντικείμενα που αναφέρονται στις θεωρίες υπάρχουν πράγματι (Psillos 1999).

Οι θετικιστές είναι αντιρεαλιστές τόσο για τις θεωρίες, όσο και για τις οντότητες. Μόνο οι προτάσεις που η αλήθεια τους κατοχυρώνεται από την παρατήρηση (η παράδοση του εμπειρισμού) γίνονται πιστευτές. Οι θετικιστές A.Compte, E.Mach και ο σύγχρονος εκφραστής του φιλοσοφικού αυτού ρεύματος ο Van Fraassen (1980, 2002), είναι επιφυλακτικοί απέναντι σε έννοιες όπως η αιτιότητα και η εξήγηση. Υποστηρίζουν ότι οι θεωρίες είναι όργανα για την πρόβλεψη φαινομένων και για την οργάνωση της σκέψης μας (εργαλειοκρατία).

Στο πρώτο μισό του εικοστού αιώνα πολύ φιλόσοφοι προσελκύστηκαν από την άποψη ότι οι θεωρητικοί όροι στην επιστήμη ήταν μια μεταμφιεσμένη εκδοχή για την περιγραφή παρατηρησιακών συμβάντων. Οι επιστήμονες που μιλούν για ηλεκτρόνια, στην πραγματικότητα μιλούν για τη συμπεριφορά σταγόνων ελαίου μέσα σε πυκνωτή και όχι για μικρά αρνητικώς φορτισμένα αντικείμενα. Αφού οι έγκυροι λόγοι για την εφαρμογή του όρου "ηλεκτρόνιο" ήταν τα παρατηρήσιμα συμβάντα, δεν επιτρέπονταν επισφαλείς αναφορές σε *μη παρατηρήσιμες* οντότητες. Οι επιστήμονες όμως, καταφέρνουν να αναφέρονται σε τέτοιες οντότητες. Το νόημα του όρου ηλεκτρόνιο δεν καθορίζεται απλώς από τη σύνδεσή του με τα παρατηρήσιμα φαινόμενα της συμπεριφοράς του ηλεκτρονίου. Παίρνει επίσης, το νόημά του από τον ρόλο του σε μια θεωρία που θέτει την ύπαρξη μικρών σωματιδίων, τα οποία

περιστρέφονται γύρω από πυρήνες και είναι υπεύθυνα για αυτά τα παρατηρησιακά γεγονότα (Medawar 1984, Chalmers 1992).

Ο N.R. Hanson (1958, 1961) υποστήριξε ότι όλες οι παρατηρησιακές δηλώσεις είναι φορτισμένες από θεωρία σύμφωνα με τη γνωστή ως θέση Duhem (1892, 1906/1954) και Quine (1960, 1970, 1978). Σύμφωνα με αυτή τη θέση, η παρατήρηση είναι μια δεξιότητα (Quine and Ullian 1978). Αυτές οι ιδέες χρησιμοποιήθηκαν ως επιχειρήματα, ανάμεσα σε άλλα, από τους T.S. Kuhn (1962) και P. Feyerabend (1975) για να ισχυριστούν ότι οι αντιμαχόμενες θεωρίες δεν μπορούν να συγκριθούν σωστά, είναι ασύμμετρες κατά το θέμα, αποσυνδεδεμένες ιστορικά και αμοιβαία ακατανόητες, γιατί ορισμένες απόψεις περί γλώσσας υπονοούν ότι δεν είναι ποτέ αλληλομεταφράσιμες και έτσι, η λογική σύγκριση των θεωριών είναι από θέμα αρχής αδύνατη (πρώιμος Wittgenstein 1922). Οι ιδέες αυτές ευνοούν έντονα ένα είδος αντιρεαλισμού. Η παραδοχή ότι η παρατήρηση εξαρτάται ουσιωδώς από τη θεωρία οδηγεί σε ριζική αναθεώρηση παγιωμένων αντιλήψεων για τη γνωσιολογική υπόσταση της επιστήμης (Μαραγκός 1996). Ο Wittgenstein αργότερα (1953) αναθεώρησε τις απόψεις του.

(Η συνέχεια στην σελίδα 23)

2.2.1 Φιλοσοφικό ιντερλούδιο

Οι απόψεις του Karl Popper σχετικά με τη διαψευσιμότητα έχουν μεγάλη επιρροή στη φιλοσοφία των Φυσικών Επιστημών (Musgrave 1974, 1996). Είναι γνωστό από πολύ καιρό ότι οι επιστημονικές θεωρίες δεν είναι δυνατόν να αποδειχθούν με αυστηρό τρόπο, όπως αυτό γίνεται π.χ. στα Μαθηματικά (Jha 2006). Ο Popper (1959, 1962, 1972) υποδεικνύει τη λογική ασυμμετρία μεταξύ *απόδειξης* και *διάψευσης*. Στην περίπτωση της απόδειξης, αυτή δεν μπορεί ποτέ πλήρως να επιτευχθεί με τη συσσώρευση παρατηρήσεων, δεδομένων και ενδείξεων, επειδή είναι πάντοτε δυνατόν μελλοντικά ευρήματα να βρίσκονται σε αντίθεση με μία θεωρία (επιστημονική εξήγηση), όσο καλά θεμελιωμένη κι αν φαίνεται από τις ως τώρα ενδείξεις. Αντίθετα, μία και μόνη διάψευση είναι ικανή, τουλάχιστον ως ζήτημα αρχής, να θεμελιώσει «ότι όλοι οι κύκνοι δεν είναι λευκοί» ή να καταρρίψει μία θεωρία. Άλλωστε, το πρόλημα της επαγωγής είχε τεθεί ήδη από τον Hume και το θεμελίωσε ο B. Russell (1912, 1948). Υπάρχουν και άλλα γνωστά προβλήματα μη πληρότητας στα Μαθηματικά, όπως στη θεμελίωση της αριθμητικής, στη θεωρία συνόλων κ.λ.π., τα

οποία αναφέρονται και στα σχετικά εκλαϊκευμένα βιβλία ιστορίας και εξέλιξης της μαθηματικής λογικής (Δοξιάδης, Παπαδημητρίου 2008).

Υπάρχουν κριτικές στην κυρίαρχη προσέγγιση του Popper και μία από τις κυριότερες αφορά στο λεγόμενο «αποφασιστικό πείραμα» (Αυγελής 1998). Σύμφωνα με τη θέση Duhem-Quine κάθε απόπειρα να εξετασθεί τελικά μία θεωρία παραμένει πάντα αμφιλεγόμενη, αφού η ίδια η διαδικασία πειραματικού ελέγχου περιπλέκει το ζήτημα (Needham 1996). Ο έλεγχος πρέπει να διενεργηθεί σε κάποιο συγκριμένο και κατάλληλο πλαίσιο/περιβάλλον, στο οποίο είναι εφαρμόσιμη η συγκεκριμένη θεωρία και συνοδεύεται από βοηθητικές παραδοχές. Αυτές οι συμπληρωματικές/βοηθητικές υποθέσεις/παραδοχές περιλαμβάνουν τις φυσικές θεωρίες που υποστηρίζουν τον πειραματικό έλεγχο ή και την ίδια τη λειτουργία των επιστημονικών συσκευών ως αληθείς. Αν οι παρατηρήσεις είναι αντίθετες με τα προσδοκώμενα αποτελέσματα με βάση την υπό έλεγχο θεωρία, υπάρχει θέμα για το τι ακριβώς διαψεύστηκε, δηλαδή η συγκεκριμένη θεωρία ή μήπως οι συμπληρωματικές/βοηθητικές υποθέσεις/παραδοχές και οι αρχές λειτουργίας των οργάνων μέτρησης;

Η ιστορία της ανακάλυψης νέων χημικών στοιχείων αναδεικνύει τέτοια ζητήματα όπως περιγράφονται από τους Laszlo & Schrobilgen (1988, “One or several pioneers? The discovery of noble gas compounds”) και τον Scerri (2013, “A Tale of Seven Elements”). Σε πολλές περιπτώσεις δεν υπήρξε ακριβές χρονικό σημείο, ούτε υπήρξαν σίγουρα πειραματικά δεδομένα που καθόρισαν τη χρονική στιγμή και τον επιστήμονα που πραγματοποίησε την ανακάλυψη. Συνήθως, υπήρχε μία μακρόχρονη σειρά προσπαθειών πολλών επιστημόνων που συνέβαλαν άλλοι με τα φασματικά δεδομένα, άλλοι με την προσπάθεια εμπλουτισμού και απομόνωσης σε καθαρή κατάσταση κλπ. Πολλές φορές συνέβη να οδηγηθούν επιστήμονες στην «ανακάλυψη» ανύπαρκτων νέων στοιχείων ή σε λάθος παρατηρήσεις και μετρήσεις.

(Συνέχεια της ενότητας 2.2)

Η έρευνα περί την κατ' αίσθηση αντίληψη γίνεται το αναγκαίο προλεγόμενο σε κάθε κριτική τοποθέτηση (Παπαδημητρίου 1988) σε καίρια ζητήματα όπως:

- η δυνατότητα για εμπειρικό έλεγχο και κύρωση των επιστημονικών θεωριών,
- η σωρευτικότητα της εξέλιξης της επιστήμης,
- το ερώτημα αν η επιστημονική κοσμοεικόνα συγκλίνει σε μια ρεαλιστική παράσταση του κόσμου,

- το ερώτημα αν ο ρεαλιστικός χαρακτήρας πρέπει να αποδίδεται στα φαινόμενα ή/και στις θεωρητικές έννοιες,
- η λογική ή άλλη συγκρισιμότητα θεωριών εννοιολογικά ξένων μεταξύ τους,
- το αν ορίζονται ορθολογικά κριτήρια επιλογής ανάμεσα σε αντίπαλες θεωρίες,
- το εύρος της θεωρητικότητας της εμπειρικής βάσης, δηλαδή η απάντηση στο ερώτημα ποιές λογίζονται μονάδες κεντρικού νοήματος: Οι *θεωρίες* (Quine 1960), τα *παραδείγματα* (Kuhn 1962), τα *μεθοδολογικά προγράμματα έρευνας* (Lakatos 1970, 1971), ή οι *ερευνητικές παραδόσεις* (Laudan 1990, 1996).

Συχνά μιλάμε για παρατήρηση και σε καταστάσεις που απέχουν πολύ από την αβοήθητη όραση. «Βλέπουμε» με μικροσκόπια/φασματοσκόπια που βασίζονται σε διαφορετικές ιδιότητες και συχνότητες του φωτός, των ακτίνων X, στις ιδιότητες των ηλεκτρονίων ή ακόμα και ποζιτρονίων, δηλαδή οι πειραματικές πληροφορίες μεταδίδονται από θεωρητικά αντικείμενα, που έχουμε αποδεχθεί αξιωματικά. Φαίνεται περίεργο να στηρίζονται αντιρεαλιστικές θέσεις σε πειραματικές παρατηρήσεις που έγιναν με επιστημονικά όργανα, των οποίων οι θεωρητικές αρχές λειτουργίας, γίνονται αποδεκτές με προσήλωση που μάλλον προσιδιάζει στη μεταφυσική του *ρεαλισμού*.

Ο *επιστημονικός ρεαλισμός* πρεσβεύει ότι οι οντότητες, οι καταστάσεις και οι διαδικασίες που περιγράφονται από ορθές θεωρίες πράγματι υπάρχουν. Τα πρωτόνια, τα φωτόνια, τα ηλεκτρόνια και τα δυναμικά πεδία είναι τόσο πραγματικά, όσο και οι δίνες σε ένα χείμαρρο και τα ηφαίστεια. Οι θεωρίες για τη δομή των μορίων που μεταφέρουν το γενετικό κώδικα είναι είτε αληθείς είτε ψευδείς, αλλά μια γνήσια ορθή θεωρία θα ήταν αληθινή. Ακόμα και εάν οι επιστήμες δεν τα έχουν καταφέρει εντελώς, συχνά προσεγγίζουν την αλήθεια και έχουν ήδη ανακαλύψει αρκετά (Ψύλλος 2004).

Ο *αντιρεαλισμός* υποστηρίζει ότι δεν υπάρχουν ηλεκτρόνια. Οι θεωρίες που τα αφορούν είναι εργαλεία σκέψης. Σίγουρα υπάρχουν τα φαινόμενα του ηλεκτρισμού και της κληρονομικότητας, αλλά ο λόγος που κατασκευάζουμε θεωρίες και οντότητες είναι μόνο για να προβλέψουμε και να δημιουργήσουμε συμβάντα που μας ενδιαφέρουν. Η γενετική μηχανική είναι τετριμμένη διαδικασία, αλλά οι αντιρεαλιστές δεν υποθέτουν ότι οι μακριές μοριακές αλυσίδες είναι κατ'ανάγκη εκεί. Οι βιολόγοι μπορούν να αποκτήσουν μια ξεκάθαρη ιδέα όταν φτιάξουν ένα μοριακό

μοντέλο ή με το κατάλληλο λογισμικό προσομοίωσης στον υπολογιστή ή χρησιμοποιώντας μπίλιες προσομοίωσης. Το μοντέλο γενικά βοηθά να τακτοποιηθούν τα φαινόμενα στο μυαλό μας.

Οι ερευνητές, όμως, είναι υποχρεωτικά *ρεαλιστές*, είτε το γνωρίζουν οι ίδιοι, είτε όχι. Ο πειραματισμός έχει μια δική του ζωή που αλληλεπιδρά με τη διατύπωση εικασιών, με τους υπολογισμούς, την κατασκευή μοντέλων, την εφεύρεση και την τεχνολογία με πολυάριθμους τρόπους. Αλλά, ενώ αυτός που διατυπώνει εικασίες, κάνει υπολογισμούς ή κατασκευάζει μοντέλα μπορεί να είναι αντιρεαλιστής, ο πειραματιστής οφείλει να είναι ρεαλιστής. Δεν είναι λογικό και συνεπές ένας ερευνητής να εργάζεται με μικροσκόπιο σάρωσης ηλεκτρονίων SEM (Scanning Electron Microscopy) και να αμφιβάλλει για την αντικειμενική ύπαρξη των ηλεκτρονίων ή ένας πυρηνικός ιατρός να εξετάζει ασθενείς με τομογράφο PET (Positron Emission Tomography) και να αμφισβητεί τα αποτελέσματα με βάση τα οποία θα ληφθούν κρίσιμες αποφάσεις για τη ζωή των ασθενών (Hacking 1983).

Με βάση τα ανωτέρω θεωρείται ότι ο επιστημονικός ρεαλισμός διακατέχει σε μικρό ή μεγαλύτερο βαθμό τις προσεγγίσεις των σύγχρονων ερευνητών. Προσπερνώντας έτσι τα διλήμματα ρεαλισμού - αντιρεαλισμού και ορθολογισμού, μπορεί κανείς να κάνει αποδεκτό ως υπόβαθρο της επιστήμης, τον *κριτικό ρεαλισμό*, όπου η αιτιότητα δεν στηρίζεται απαραίτητα σε παγκόσμιους ντετερμινιστικούς νόμους, όπως στον θετικισμό, αλλά και στην τυχαιότητα και την ενδεχομενικότητα. Μεθοδολογικά, ο κριτικός ρεαλισμός αντιμάχεται αφενός τον *αναγωγισμό*, ο οποίος υποστηρίζει ότι τα κατώτερα επίπεδα της πραγματικότητας είναι αιτιωδώς ισχυρότερα, κι αφετέρου τον *δυϊσμό*, ο οποίος δέχεται την ανεξαρτησία των διαφόρων επιπέδων της πραγματικότητας στις μεταξύ τους σχέσεις.

Η οντολογική ενότητα του κόσμου θεωρείται δεδομένη. Οι Φυσικές Επιστήμες που αποπειρώνται να τον περιγράψουν ιεραρχούνται κλασικά σε Φυσική, Χημεία και Βιολογία, όπως το έθεσε ο August Comte. Τα ερωτήματα που απασχολούν είναι:

- Η αποδοχή αυτή σημαίνει κατά ανάγκη φυσικαλισμό και αναγωγισμό;
- Η οντολογική ενότητα αποκλείει τον επιστημολογικό πλουραλισμό και την ετερογένεια στα εξηγηματικά πλαίσια;

Φυσικαλισμός είναι η πεποίθηση ότι τα φαινόμενα που μελετούν η κοινωνιολογία, η ψυχολογία, η βιολογία, η Χημεία, είναι κατά βάση *φυσικά*. Αυτή είναι η ορθόδοξη

άποψη για την αναγωγή στη Φυσική, με την έννοια της ταυτότητας τύπων (εξάλειπτικός αναγωγισμός), και είναι μια πολύ ισχυρή απαίτηση για τις κατηγορίες των περισσότερων ειδικών επιστημών.

Ο αναγωγισμός οντολογικός, αλλά και επιστημολογικός είναι (ακόμα) μια πανίσχυρη τάση στη φιλοσοφία των Φυσικών Επιστημών, και μάλιστα σε ένα βασικό της και κυρίαρχο ρεύμα, τη φιλοσοφία της Φυσικής και εδώ εννοείται με κεφάλαιο Φι, όχι μια επιστήμη της φύσης, αλλά η καθιερωμένη επιστήμη της Φυσικής με τη διατυπωμένη φιλοδοξία να ερμηνεύσει αναλυτικά και ποσοτικά (λογικομαθηματικά) *όλα τα φυσικά φαινόμενα*. Αφού ο κόσμος είναι αναμφισβήτητα οντολογικά ενιαίος, η επιστήμη της Φυσικής τον αντιλαμβάνεται ως φυσικό κόσμο και άρα έχει καθήκον να τον εξηγήσει.

Εδώ και μερικές δεκαετίες όμως, η φιλοσοφία της Βιολογίας κινείται σε εντελώς αντίθετη κατεύθυνση και ακολούθησε η φιλοσοφία της Χημείας τα τελευταία χρόνια. Η σύγχρονη βασική οντολογική εικόνα παρουσιάζει τον κόσμο ως μια πολυεπίπεδα ιεραρχημένη διαστρωμάτωση, η οποία αποτελείται από επίπεδα ή βαθμίδες οντοτήτων και από τις χαρακτηριστικές ιδιότητες του κάθε επιπέδου. Συνήθως, υποτίθεται πως υπάρχει ένα βασικό επίπεδο, το οποίο αποτελείται από όλα αυτά που αποτελούν τα πλέον στοιχειώδη σωματίδια που με τη σειρά τους συνθέτουν οποιοδήποτε υλικό. Πάνω από το *βασικό επίπεδο*, υπάρχουν επίπεδα που αποτελούνται από άτομα, από μόρια, από κύτταρα, από οργανισμούς και ούτω καθεξής. Υποτίθεται ακόμη, ότι οι οντότητες που ανήκουν σε κάποιο δεδομένο επίπεδο χαρακτηρίζονται από *χαρακτηριστικές ιδιότητες* αυτού του επιπέδου. Οι οντότητες ενός δεδομένου επιπέδου συντίθενται αποκλειστικά από οντότητες κατωτέρων επιπέδων. Επομένως, καμιά νέα οντότητα δεν εμφανίζεται σε ένα ανώτερο επίπεδο, η οποία δεν αποτελεί κάποια συνάθροιση οντοτήτων που ανήκουν σε κατώτερα επίπεδα (οντολογική ενότητα του κόσμου).

Η υπόθεση η οποία είναι ευρέως αποδεκτή από τους φυσικαλιστές είναι ότι οι ιδιότητες ανώτερου επιπέδου *εξαρτώνται* και *καθορίζονται* από τις ιδιότητες των *κατωτέρων επιπέδων τους*. Πιο συγκεκριμένα, οι ανώτερου επιπέδου ιδιότητες που έχει μια δεδομένη οντότητα προσδιορίζονται πλήρως από τις κατωτέρου επιπέδου ιδιότητες και τις κατωτέρου επιπέδου σχέσεις που χαρακτηρίζουν τα μέρη της. Γενικά, οι οντότητες και ιδιότητες γειτονικών επιπέδων χαρακτηρίζονται από μια σχέση εξάρτησης. Οι οντότητες ανώτερου επιπέδου καθορίζονται από αυτές των

κατωτέρων επιπέδων με την έννοια ότι αποτελούν «μερεολογικές» (*mereological*) δομές, οι οποίες αναλύονται πλήρως σε μέρη που ανήκουν στο κατώτερο επίπεδο. Η ιεραρχία στα επίπεδα ή στις βαθμίδες των οντοτήτων παράγεται ακριβώς από αυτήν την μη συμμετρική και μεταβατική σχέση που υπάρχει μεταξύ μέρους και όλου (βλ. ΕΠΙΜΥΘΙΟ 2^ο στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ σελ. 307).

Το πρόβλημα με την ανεξαρτησία των διαφόρων επιπέδων της πραγματικότητας στις μεταξύ τους σχέσεις, μπορεί να αντιμετωπιστεί με τις *επιγιγνώμενες* (*supervening*), τις *αναδυόμενες* (*emerging*) και τις *προδιαθεσιακές* (*dispositional*) ιδιότητες. Οι πρώτες προβλέπουν την ασύμμετρη εξάρτηση των ιδιοτήτων των ανωτέρων επιπέδων από αυτές των υποκειμένων. Οι δεύτερες προβλέπουν την ανάδυση νέων ιδιοτήτων στο ανώτερο επίπεδο μεγαλύτερης πολυπλοκότητας και δεν ασχολούνται με την αντιστοίχιση και την εξήγηση στη βάση των ιδιοτήτων του κατώτερου επιπέδου μικρότερης πολυπλοκότητας, αφού λογικά το όλο είναι περισσότερο από το άθροισμα των μερών. Οι τρίτες προβλέπουν την τάση που έχουν σώματα να κάνουν κάτι υπό την προϋπόθεση ότι κάτι θα συμβεί στο περιβάλλον. Σύμφωνα με τις κυρίαρχες αντιλήψεις οι προσεγγίσεις αυτές είναι αναγωγιστικές διαφορετικού βαθμού.

Ένας εναλλακτικός τρόπος διατύπωσης του φυσικαλισμού είναι με όρους *επιγένεσης* των ανώτερου επιπέδου κατηγοριών στις θεμελιώδεις. Επιγένεση στις θεμελιώδεις φυσικές κατηγορίες σημαίνει ότι δύο συστήματα δεν μπορούν να διαφέρουν χημικά ή βιολογικά ή κατά οιονδήποτε άλλο τρόπο, χωρίς να διαφέρουν φυσικά. Αντίστροφα, αν δύο συστήματα είναι φυσικώς ταυτόσημα, τότε πρέπει να είναι και χημικώς ταυτόσημα, βιολογικώς ταυτόσημα, ψυχολογικώς ταυτόσημα κ.τ.λ. (Kim1984). Το πλεονέκτημα της διατύπωσης του φυσικαλισμού με όρους επιγένεσης είναι ότι, σε αντίθεση με την ταυτότητα τύπων του εξαλειπτικού αναγωγισμού, δεν απαιτεί η ίδια φυσική ιδιότητα να προσδιορίζει μια δεδομένη ειδική ιδιότητα, οποτεδήποτε έχουμε μια περίπτωση πραγμάτωσης της δεύτερης. Χρειάζεται προσοχή στο πόσο ισχυρά ερμηνεύεται ο όρος «προσδιορίζουν» στην πρόταση «τα κοινά φυσικά χαρακτηριστικά που κατέχουν τα συστήματα προσδιορίζουν τα ειδικά χαρακτηριστικά τους». Υπάρχει μια ασθενής ανάγνωση του όρου «προσδιορίζουν» σύμφωνα με την οποία η επιγένεση σαφώς δεν αποτελεί ικανή συνθήκη για τον φυσικαλισμό, και μια ισχυρότερη ανάγνωση σύμφωνα με την οποία η επιγένεση δίνει έναν ικανοποιητικό χαρακτηρισμό της αναγωγιμότητας (David Papineau 1993, Φιλοσοφικός Νατουραλισμός).

Το ότι οι ανώτερου επιπέδου ιδιότητες επιγίνονται των ιδιοτήτων των κατωτέρων επιπέδων, κατά άλλη προσέγγιση δείχνει ότι μια τέτοια σχέση είναι σχέση εξάρτησης, χωρίς ωστόσο να είναι σχέση αναγωγής. Η επιγένεση εκ πρώτης όψεως, δείχνει συμβατή με την μη αναγωγιμότητα. Επομένως, φαίνεται ότι είναι ακριβώς ό,τι χρειάζεται ο αντιαναγωγιστής φυσικαλιστής, καθώς συνιστά μια μη αναγωγιστική σχέση εξάρτησης, η οποία δικαιώνει τόσο τον φυσικαλισμό όσο και τον αντιαναγωγισμό.

Στα έργα επιστημονικής φαντασίας της σειράς Σταρ Τρεκ, η διακίνηση του σώματος του κυβερνήτη Κερκ σε άλλη περιοχή, παρά την ανάλυση σε μικροσκοπικά σωματίδια και τελικά σε πεδίο και την ανασύνθεση, δημιούργησε έναν κυβερνήτη με τις ίδιες ακριβώς ψυχολογικές παραμέτρους και τον ίδιο χαρακτήρα. Δηλαδή, αποδέχεται την αρχή της επιγένεσης: «το νοητικό επιγίνεται του φυσικού ως προς το ότι οποιαδήποτε δύο πράγματα που έχουν ίδιες όλες τους τις φυσικές ιδιότητες, δεν είναι δυνατόν να διαφέρουν ως προς τις νοητικές τους ιδιότητες. Δηλαδή η φυσική μη διάκριση συνεπάγεται και ψυχολογική μη διάκριση». Με άλλα λόγια, δεν υπάρχει νοητική διαφορά όταν δεν υπάρχει κάποια φυσική διαφορά. Η αρχή αυτή δεν είναι το αντίστροφο: μπορούμε να φανταστούμε νοήμονα εξωγήινα πλάσματα με φυσικοχημική σύσταση τελείως διαφορετική από μας, τα οποία ωστόσο να έχουν την ίδια ψυχολογία με τη δική μας. Οι περισσότεροι φυσικαλιστές επιχειρούν να χαρακτηρίσουν τη σχέση νοητού με το φυσικό με έναν τρόπο, ο οποίος αναγνωρίζει την πρωτοκαθεδρία και την προτεραιότητα του φυσικού έναντι του νοητού (Jaegwon Kim 1998, Η Φιλοσοφία του Νου).

Ο αναδυτισμός (emergentism) αποτέλεσε την πρώτη συστηματική διατύπωση αντιαναγωγιστικού φυσικαλισμού. Ο αναδυτισμός συνίσταται από τρία δόγματα:

1. Στον κόσμο δεν υπάρχει τίποτε πέρα από τα βασικά σωματίδια που αναγνωρίζει η Φυσική Επιστήμη και από τις συναθροίσεις τους.
2. Όταν οι συναθροίσεις υλικών σωματιδίων αποκτούν ένα κατάλληλο βαθμό δομικής πολυπλοκότητας, τότε εμφανίζονται *γνήσια νέες* ιδιότητες, οι οποίες χαρακτηρίζουν αυτά τα δομημένα συστήματα. Οι ιδιότητες αυτές μπορεί είναι είτε απλώς συνισταμένες είτε αναδυόμενες. Π.χ. μπορεί κανείς να γνωρίζει τα πάντα για τις φυσικές ιδιότητες των ατόμων του υδρογόνου και του οξυγόνου, αλλά να μην μπορεί να προβλέψει ότι, όταν αυτά συνδυάζονται μεταξύ τους με

έναν συγκεκριμένο τρόπο, τότε παράγεται μια ουσία (όπως το νερό) με την ιδιότητα της διαφάνειας.

3. Οι αναδύομενες ιδιότητες δεν είναι δυνατόν να αναχθούν σε φαινόμενα κατωτέρων επιπέδων από τα οποία αναδύονται, και δεν είναι δυνατόν να προσδιοριστούν από αυτά. Για τους υποστηρικτές της θεωρίας των αναδύομενων ιδιοτήτων, αυτές δεν είναι απλώς διακριτές από τις ιδιότητες των κατωτέρων επιπέδων, αλλά αναπαριστούν πληρέστερα και πλουσιότερα επίπεδα της πραγματικότητας, τα οποία ο κόσμος προσεγγίζει με την αναδύομενη εξέλιξή του. Οι νοητικές ιδιότητες είναι αναδύομενες από φυσικοχημικές και βιολογικές ιδιότητες, και όχι απλώς συνισταμένες αυτών. Αντίθετα από άλλες αντιαναγωγικές προσεγγίσεις ο αναδυτισμός δεν έχει πρόβλημα με νόμους που θα συνέδεαν τις αναδύομενες ιδιότητες με τις υποκείμενες κατώτερου επιπέδου βάσεις τους. Ο θεωρητικός των αναδύομενων ιδιοτήτων βλέπει την αναγωγή κατά κύριο λόγο ως εξήγηση, ως κάτι που καθιστά τα φαινόμενα καταληπτά εξηγώντας γιατί εμφανίζονται ακριβώς υπό τις συνθήκες που πράγματι εμφανίζονται (Kim 1999).

Οι προδιαθεσιακές ιδιότητες (π.χ. η ελαστικότητα) συνήθως αντιπαραβάλλονται με τις *κατηγορικές ιδιότητες*. Οι τελευταίες (π.χ. η χημική δομή ένας ελαστικού υλικού) θεωρείται ότι θεμελιώνουν τις προδιαθεσιακές (Vanderbeeken, Weber 2000). Οι κατηγορικές ιδιότητες ενός πράγματος είναι μονίμως παρούσες, ενώ οι προδιαθεσιακές εκδηλώνονται ή πραγματώνονται μόνο εάν οι συγκεκριμένες καταστάσεις εκδήλωσής τους είναι παρούσες. Όμως, δεν υπάρχει λόγος να υποθέτει κανείς ότι οι προδιαθεσιακές ιδιότητες είναι *φυσικά αναγώγιμες*. Για παράδειγμα, το γεγονός και μόνο ότι όλα τα κόκκινα πράγματα κάνουν τους φυσιολογικούς ανθρώπους να βλέπουν κόκκινο, δεν είναι λόγος να αναμένεται αναγωγιμότητα· φυσικά τίποτα το κοινό δεν υπάρχει μεταξύ μιας τομάτας και ενός κόκκινου πλαστικού. Παραμένει απόλυτα δυνατό να μην υπάρχει τίποτε το φυσικώς κοινό μεταξύ όλων των διαφορετικών αντικειμένων που προκαλούν την απόκριση «κόκκινο».

Επίσης, είναι εφικτό να υποστηριχτεί ότι η βιολογική έννοια της προσαρμοστικότητας μπορεί να οριστεί ως προδιαθεσιακό χαρακτηριστικό των βιολογικών γνωρισμάτων. Δεν υπάρχει μοναδική αιτία για όλες τις διαφορετικές φυσικές ιδιότητες που κάνουν τα διαφορετικά γνωρίσματα προσαρμοστικά, ούτε

υπάρχει κάποιο ομοιόμορφο αποτέλεσμα αυτών των ιδιοτήτων, εκτός της επίδρασης που έχουν στην επιβίωση και γι' αυτό δεν υπάρχει λόγος να αναμένεται ότι η προσαρμοστικότητα είναι αναγωγήμη ιδιότητα. Ο David Papineau (1993) ισχυρίζεται ότι οι κατηγορίες των μη αναγωγήμων ειδικών επιστημών πρέπει να έχουν σκόπιμες λειτουργίες, ώστε να εξηγείται η μη αναγωγήμότητά τους. Οι διάφορες βιολογικές κατηγορίες θα μπορούσαν να έχουν ομοιόμορφα αποτελέσματα ακόμα και αν πραγματώνονται πολλαπλά: τέτοιες πολλαπλές αιτίες μπορεί να έχουν ομοιόμορφα αποτελέσματα μέσω μηχανισμών που επιλέγουν στοιχεία, επειδή έχουν αυτό το αποτέλεσμα. Η αναγκαία συνέπεια όμως, είναι ότι δεν θα πρέπει να αναμένουμε μη αναγωγήμότητα σε εκείνες τις επιστήμες, όπου δεν υπάρχουν διαθέσιμοι τέτοιοι μηχανισμοί επιλογής. Εδώ, ο David Papineau συμπεριλαμβάνει σίγουρα τη μετεωρολογία και τη Χημεία που τις θεωρεί ειδικές φυσικές επιστήμες. Το συμπέρασμα του είναι ότι ειδικές κατηγορίες που δεν είναι προϊόντα επιλογής θα είναι αναγωγήμες. Με αυτό τον τρόπο ο ίδιος παραδέχεται ότι η αναγωγήμότητα στη φυσική δεν συζητείται σε επιστήμες που έχουν εν μέρει συγκροτηθεί ψυχολογικά, όπως στην κοινωνιολογία ή στην οικονομική ή που έχουν εν μέρει συγκροτηθεί βιολογικά όπως στην κοινωνιολογία ή την επιδημιολογία. Γιατί, ακόμα και αν αυτές οι επιστήμες είναι αναγωγήμες στη ψυχολογία ή στη βιολογία, η μη αναγωγήμότητα αυτών των επιστημών στη Φυσική λόγω της επιλογής, εμποδίζει τη συνολική αναγωγή. Η ανατροπή της δυνατότητας συνολικής αναγωγής ίσως είναι η Λυδία λίθος του όλου προβλήματος. Από τη στιγμή που θεωρείται ότι η Χημεία ανάγεται στη Φυσική, αλλά η Βιολογία δεν ανάγεται στη Χημεία και τη Φυσική, το όλο επιχείρημα της αναγωγήμότητας, φαίνεται να χωλαίνει (Mayr 1982, 2001, 2004). Ας θυμηθούμε μία από τις τελευταίες ρήσεις του E. Mayr: «Η βιολογία διαθέτει μοναδικές πλευρές, οι οποίες δεν υπάρχουν στη φυσική. Οι φυσικοί, οι χημικοί, οι μαθηματικοί υποθέτουν ότι το πλαίσιο της Χημείας ισχύει και στη βιολογία. Στη βιολογία όμως, και ειδικότερα στην εξελικτική βιολογία, η πιο σημαντική έννοια είναι αυτή του βιολογικού πληθυσμού, ο οποίος αποτελείται από μοναδικά διαφορετικά άτομα. Τίποτα σαν αυτό δεν υπάρχει στις φυσικές επιστήμες... Είναι αδύνατο κανείς να συνθέσει τη φιλοσοφία της βιολογίας χωρίς να έχει βαθιά συναίσθηση της μοναδικότητας κάθε βιολογικού πληθυσμού» (BHMA SCIENCE, 20-02-2002).

Η ασυμμετρία εδράζεται στην κατεύθυνση της εξήγησης, δηλαδή από πάνω προς τα κάτω ή το αντίστροφο. Η αναλυτική από πάνω προς τα κάτω εκ των υστέρων εξήγηση είναι πιθανώς δυνατή και αποτελεί αντικείμενο της αναλυτικής επιστήμης. Η από κάτω προς τα πάνω πρόβλεψη στη βάση των θεμελιωδών ιδιοτήτων είναι δύσκολη, αν όχι απίθανη. Σε αυτό στηρίζεται η ανάγκη για επιστημολογική ετερογένεια και πλουραλισμό στις εξηγήσεις με βάση τα φαινόμενα των ανώτερων επιπέδων της πραγματικότητας (*φαινομεναλισμός*).

Παραδείγματα, όπως:

- Δύο ταυτόσημα στη δομή αντικείμενα εμφανίζουν διαφορετικό χρώμα.
- Ο αριθμός και το είδος των αμινοξέων της αιμοσφαιρίνης δεν προβλέπουν την ικανότητά της να δεσμεύει και να μεταφέρει οξυγόνο.
- Η ευθραυστότητα του γυαλιού, ενώ υπάρχει, δεν προσδιορίζεται σε ρωγμές στη δομή του αλλά εμφανίζεται μόνο μετά τη σύγκρουσή του μ' ένα σκληρό αντικείμενο.

καταδεικνύουν την ανάγκη για ξεχωριστή Χημεία και ακόμη περισσότερο βιολογία, ψυχολογία και κοινωνικές επιστήμες. Τα ανωτέρω παραδείγματα και πολλά άλλα παρόμοια και αντίστοιχα είναι ενδεικτικά της δυσκολίας που έχει μια σκληρή αναγωγιστική προσέγγιση στην εξήγηση της φαινομενολογίας των ανώτερων πολύπλοκων επιπέδων της πραγματικότητας. Μια θεωρία των πάντων, θεωρία όχι οντολογία, φαίνεται απίθανο να επιτευχθεί.

Για παράδειγμα, ο *γονιδιακός ντετερμινισμός* έχει αποτύχει να προσφέρει αυτά που επί δεκαετίες υποσχόταν με αποτέλεσμα η μοριακή βιολογία να στρέφεται πρόσφατα σε άλλα πιο ολιστικά και συστημικά μοντέλα. Η αιτία του καρκίνου δεν μπορεί να προσδιορισθεί με βάση τη σχέση μία μετάλλαξη - ένα αποτέλεσμα. Αυτό δεν έχει επιτευχθεί ούτε για πολύ απλούστερες περιπτώσεις όπως η β-θαλασσαιμία. «Γονιδιακός ντετερμινισμός είναι η άποψη που ισχυρίζεται ότι ακόμη και οι πιο πολύπλοκες βιολογικές εκφάνσεις μπορούν να αναχθούν στα γονίδια ενός οργανισμού. Συνυφασμένος με το γονιδιακό ντετερμινισμό είναι ο αναγωγικός τρόπος, τον οποίο ακολουθεί η μοριακή βιολογία προκειμένου να εξηγήσει ένα κομμάτι της φύσης. ... πρόκειται για τη γνωστή φιλοσοφική άποψη που ισχυρίζεται ότι όλα στη φύση - ζωντανή και μη - είναι προκαθορισμένα και ρυθμίζονται από τους νόμους της Φυσικής» (Θηραΐος 2004).

Ο ακραίος γονιδιακός ντετερμινισμός άρχισε να καταρρέει και μάλιστα μέσα από τον στόχο που ο ίδιος έθεσε. Ο John Craig Venter, ένας από τους πρωτεργάτες του ανθρώπινου γονιδιώματος και ο άνθρωπος που μέσα από τον ιδιωτικό τομέα μπόρεσε να ολοκληρώσει αυτήν την προσπάθεια, είπε ότι τελικά αποκαλύπτοντας το ανθρώπινο γονιδίωμα οδηγούμαστε στην αποφυγή δύο θεμελιωδών λαθών: του ντετερμινισμού και της αναγωγής. Ο ίδιος δήλωσε ότι: «θα πρέπει να ψάξουμε αλλού για τους μηχανισμούς που δημιουργούν την πολυπλοκότητα στη ζωή και όχι απλά στην καταγραφή των γονιδίων. Είναι σημαντικό να ξέρουμε ότι ακόμα και μονογονιδιακές ασθένειες είναι πολυπαραγοντικές». Ένα ακόμη παράδειγμα της βιολογικής πολυπλοκότητας περιγράφεται από τον Γκόνο (2004): «Ένα παράδειγμα είναι ο τρόπος με τον οποίο ο οργανισμός απαντά στις ξένες πρωτεΐνες (ανοσοποιητικό σύστημα). Αυτό εκδηλώνεται κυρίως μέσω της δημιουργίας πρωτεϊνών (αντισώματα) εξειδικευμένων να καταπολεμήσουν η συγκεκριμένη προσβολή. Υπάρχει ένας περιορισμένος αριθμός γονιδίων που καθορίζουν τμήματα αυτών των αντισωμάτων και η δημιουργία ενός συγκεκριμένου αντισώματος είναι συνδυαστική μέσα από την τυχαία συρραφή αυτών των γονιδίων. Δεν μπορούμε να προβλέψουμε ποια κομμάτια και ποια γονίδια θα συνδυαστούν. Επιβεβαίωση αυτού είναι ότι μονογενείς δίδυμοι παράγουν διαφορετικό αντίσωμα για την ίδια προσβολή».

Ανακύπτει το ερώτημα εύλογα αν η αναδυόμενη βιολογική πολυπλοκότητα οφείλεται σε γενετική τύχη ή εξελικτική αναγκαιότητα; Τι έχει διατυπωθεί από διακεκριμένους επιστήμονες και διανοητές.

«Όσο αυξάνεται η γνώση μας για τη βιολογία αυξάνεται και η άγνοιά μας. Η λειτουργία της ζωής είναι τόσο πολύπλοκη που ίσως ποτέ να μην καταφέρουμε να την κάνουμε ντετερμινιστική. Υπάρχει ένα χαοτικό στοιχείο, το οποίο όσο και να προοδεύσουμε δεν θα ξεπεράσουμε... Ένα νέο Παράδειγμα (κατά Kuhn) έρχεται στο προσκήνιο, το οποίο ανανεώνει το ενδιαφέρον μας για τα μόρια που είναι φορείς μιας πληροφορίας, η οποία δεν ανάγεται κατά αποκλειστικότητα μόνο στην πληροφορία που βρίσκεται στη δομή των DNA. Το γεγονός αυτό συνοδεύεται από μια μετατόπιση στο κέντρο του ενδιαφέροντος, από την ιδέα της παντοκρατορίας των γονιδίων προς μια ανάλυση εν μέρει πιο πολύπλοκη, που υπαγορεύει στην κάθε φάση, να συγκροτηθούν παλίνδρομοι αλληλορυθμιστικοί κύκλοι και να μελετηθεί η δομή αυτών των δικτύων που αλληλεπιδρούν» (Atlan 1998).

Παρά την για πολλούς προφανή ισχύ τέτοιων επιχειρημάτων (Morange 2008), εξακολουθεί έντονος διάλογος πάνω σ' αυτό το ζήτημα. Η αναλυτική προσέγγιση έχει μακρά παράδοση στην επιστήμη και έχει αποδώσει πολλά σημαντικά πρακτικά αποτελέσματα και ωφελήματα.

Τα στοιχεία του περιοδικού πίνακα της Χημείας είναι άλλο ένα ακόμα παράδειγμα για τη μη ντετερμινιστική φύση της πολυπλοκότητας στον κόσμο. Οι υποατομικές μονάδες δεν προβλέπουν αυστηρά τη δομή των πολύπλοκων ατόμων, πολύ δε περισσότερο των στοιχείων που πράγματι εμφανίζονται στον υλικό κόσμο. Παρά τις *ad hoc* προσεγγίσεις, υπό όρους και περιορισμούς, πολύ λίγων πολύπλοκων ατόμων η περιγραφή έχει επιτευχθεί. Για να μη μιλήσουμε για μόρια και άλλες δομές. Όμως, στον περιοδικό πίνακα δεν εμφανίζονται άτομα, αλλά τα χημικά στοιχεία της φύσης. Ακόμη και αν δεχτούμε ότι μπορεί να προβλεφθεί από τις εξισώσεις το άτομο του χλωρίου, πώς μπορεί να προβλεφθεί το στοιχείο χλώριο, το οποίο αποτελεί μείγμα ισότοπων 35 και 37 σε αναλογία περίπου 70 τις εκατό με 30 τις εκατό, και σε ελεύθερη μορφή είναι αέριο αποτελούμενο από διατομικά μόρια όπου τα διάφορα ισότοπα συμμετέχουν σε ποσοστά εξαρτώμενα από τον τόπο, τον χώρο, τον χρόνο και τις συνθήκες.

Ο Περιοδικός πίνακας των στοιχείων είναι μια βασική ταξινόμηση φαινομενολογική, στο ανώτερο επίπεδο πολυπλοκότητας, και παρουσιάζει μια χημική κανονικότητα (Scerri 2005, 2007c, 2008), και όχι μόνο μια έκφανση της δομής των ατόμων βασισμένη στη σταθερά του Planck. Αυτή η τελευταία αποτελεί την υποκείμενη βασική/θεμελιώδη επιστημονική εξήγηση (Ostrovsky 2003).

2.3 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΚΕΣ ΟΠΤΙΚΕΣ

2.3.1 Βασικές παρανοήσεις στη Χημική Εκπαίδευση

Η Χημεία είναι μια πολυσύνθετη επιστήμη, η οποία διαπραγματεύεται ένα ευρύ φάσμα των ιδιοτήτων και των φαινομένων των υλικών. Πράγματι, ο ίδιος της ο πλούτος της είναι ακριβώς αυτό που προσελκύει πολλούς σε αυτήν. Αλλά η πολυπλοκότητά της, όπως γνωρίζουν καλά οι εκπαιδευτικοί της Χημείας, την καθιστά επίσης δύσκολη, στην καλύτερη περίπτωση, και εντελώς απροσπέλαστη, στη χειρότερη περίπτωση, στους αρχάριους μαθητές. Σε κάθε σχολικό έτος για γενιές τώρα, οι περισσότεροι μαθητές της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης απλώς «τα βγάζουν πέρα» στη Χημεία, απλώς με αποστήθιση κανόνων, διαδικασιών και δεδομένων για να τους βοηθήσει να περάσουν τις εξετάσεις τους, χωρίς ποτέ να «συλλάβουν» τι είναι αυτό που μαθαίνουν και τη φύση της σχέσης του με τον κόσμο των παρατηρήσιμων φαινομένων.

Μια πρόταση για τη βελτίωση της χημικής διδακτικής προκειμένου να επιτραπεί στους μαθητές να αποκτήσουν μια βασική κατανόηση του επιστημονικού αντικειμένου της Χημείας, μπορεί να περιλαμβάνει την έμφαση στη σχέση των θεωρητικών πλαισίων με τα παρατηρήσιμα φαινόμενα. Τις σχέσεις αυτές, οι περισσότεροι εκπαιδευτικοί της Χημείας τις έχουν ήδη καταλάβει και πιθανά τις έχουν εκλάβει ως δεδομένο και ως εκ τούτου δεν μπαίνουν καν στον κόπο να τις εξηγήσουν στους μαθητές. Η προτεινόμενη έμφαση της διατριβής αυτής που περιγράφεται παρακάτω, θα πρέπει να θεραπεύσει την καιρία παρανόηση στην εκμάθηση της Χημείας, η οποία έρχεται με την ίδια την έναρξη της μελέτης σε αυτό το πεδίο. Αυτή η παρερμηνεία είναι τόσο θεμελιώδης, ώστε να είναι εύκολο να παραβλεφθεί. Ένας τρόπος για να τεθεί αυτή η παρερμηνεία είναι ως η αποτυχία να διαχωριστούν και στη συνέχεια να συσχετιστούν (Sellars 1963), η «πρόδηλη εικόνα» (ο παρατηρήσιμος κόσμος) από την «επιστημονική εικόνα» (ο κόσμος όπως απεικονίζεται από τις τρέχουσες επιστημονικές θεωρίες), οδηγώντας σε μια έντονη σύγχυση του ενός με το άλλο.

Τα εργαλεία που έχουν εισαχθεί με τη φιλοσοφία της Χημείας μπορούν να αξιοποιηθούν για τη διαλεύκανση αυτών των σχέσεων, δηλαδή την κατάλληλη σύνδεση των μικροσκοπικών με τα αντίστοιχα μακροσκοπικά φαινόμενα και αντιστρόφως (Erduran et al. 2007). Οι χημικοί είναι ήδη εξοικειωμένοι με την ιδέα ενός «διαστρωματωμένου» κόσμου μέσα στη σφαίρα της ίδιας της Χημείας, και η ίδια λογική μπορεί να αξιοποιηθεί για την αποσαφήνιση των σχέσεων μεταξύ αυτών

των στρωμάτων. Η έρευνα έχει προτείνει ότι η πρωτεύουσα παρανόηση στη Χημεία είναι η κατανόηση της σωματιδιακής φύσης της ύλης (Gabel et al. 1987, Gabel 2002) και η σύνδεσή της με μια προϋπάρχουσα έννοια της ύλης, ως στατικής και συνεχούς. «Μαθητές όλων των ηλικιών φαίνεται να έχουν πρόβλημα κατανόησης και χρήσης του επιστημονικά αποδεκτού μοντέλου ότι η ύλη αποτελείται από διακριτά σωματίδια που βρίσκονται σε συνεχή κίνηση και έχουν κενό μεταξύ τους» (Nakleh 1992). Το σωματιδιακό μοντέλο της ύλης είναι προβληματικό στους μαθητές, επειδή δεν είναι καθόλου προφανές στην «πρόδηλη εικόνα», και ως εκ τούτου είναι πλήρως ανοίκειο. Αλλά, η θεμελιώδης χημική παρανόηση πηγαίνει πέρα από τη φύση του μοντέλου σωματιδίων που παίρνουμε από την επιστημονική εικόνα.

Η πρωτεύουσα δυσκολία εκ μέρους των αρχάριων μαθητών είναι η αποδοχή, η κατανόηση, και η χρήση του σωματιδιακού μοντέλου σε συνδυασμό με την πρόδηλη εικόνα που συνεχίζει να είναι δεδομένη στην εμπειρία. Είναι καθοριστικής σημασίας, το γεγονός ότι υποτίθεται ότι οι μαθητές έρχονται σε μια νέα κατανόηση της πρόδηλης εικόνας με όρους της επιστημονικής εικόνας. Προκειμένου, όμως να καταλάβουν τις χημικές ιδέες ως προβλεπτικές και επεξηγηματικές των πρόδηλων φαινομένων, πρέπει να έχουν καταστήσει σαφές ποια είναι η φύση της σχέσης μεταξύ των δύο πεδίων. Οι προσπάθειες από τους μαθητές να οικειοποιηθούν την αντίληψη της σωματιδιακής φύσης της ύλης στο υπάρχον εννοιολογικό ρεπερτόριό τους, φαίνεται πολύ συχνά να οδηγεί απλά σε μία ακόμη προσθήκη της σωματιδιακής αντίληψης στην πρόδηλη αντίληψη της ύλης ως στατικής και συνεχούς.

Σύμφωνα με σχετικές έρευνες, σχεδόν οι μισοί από τους μαθητές πιστεύουν ότι ιδιότητες μίας ουσίας σε μεγάλη ποσότητα υλικού, όπως η ηλεκτρική αγωγιμότητα, το χρώμα, και η ελατότητα είναι επίσης, οι ιδιότητες ενός μόνο ατόμου ή μορίου. Προφανώς, παρόλο που οι μαθητές μπορούν να χρησιμοποιήσουν τους όρους «άτομο» και «μόριο», δεν μπορούν να συσχετίσουν αυτούς τους όρους με το μοντέλο των σωματιδίων της ύλης. Αυτό δείχνει ότι οι μαθητές είναι προσκολλημένοι στο συνεχές μοντέλο της ύλης, και τελικά προσθέτουν απλώς το σωματιδιακό μοντέλο στο δικό τους συνεχές μοντέλο της ύλης.

2.3.2 Εφαρμογή της Ανάδυσης και της Επιγένεσης στη Χημεία

Οι περισσότεροι χημικοί λειτουργούν αρκετά άνετα σε δύο κόσμους. Ένας είναι ο μακροσκοπικός κόσμος που βλέπουν, αισθάνονται και ακουμπούν. Αυτός είναι ο

κόσμος των πειραμάτων, ή αυτό που μερικοί αποκαλούν «πραγματικός κόσμος». Αλλά, οι χημικοί λειτουργούν αρκετά άνετα και στον μικροσκοπικό κόσμο που δεν μπορούν άμεσα να δουν ή να αισθανθούν. Εδώ, εργάζονται με τις θεωρίες και τα μοντέλα. Οι επιστήμονες είναι συχνά τόσο εξοικειωμένοι με τη μετάβαση πίσω και εμπρός μεταξύ αυτών των δύο κόσμων, ώστε να το κάνουν χωρίς καν να το συνειδητοποιούν. Πράγματι, αυτή η μετάβαση «εμπρός και πίσω ... χωρίς καν να το συνειδητοποιούν» συνδέεται άμεσα με τη δημιουργία του χάσματος μεταξύ "εχόντων" και "μη εχόντων", όσον αφορά στην κατανόηση χημικών εννοιών. Εκείνοι που έχουν χημική αντίληψη είναι κυρίως εκείνοι που αμέσως «το συνέλαβαν» σωστά από την αρχή, έτσι ώστε η συντριπτική πλειονότητά τους δεν σκέφτεται ποτέ για το πώς θα το καταλάβουν, και έτσι δε ξέρουν πώς να διδάξουν αποτελεσματικά το αντικείμενο σε εκείνους που ποτέ δεν «το έπιασαν» με την πρώτη (Moore 2003).

Εδώ είναι όπου υπεισέρχεται η εφαρμογή της Φιλοσοφίας της Χημείας. Αυτό που προτείνεται είναι η εφαρμογή ορισμένων φιλοσοφικών εννοιών προς γεφύρωση αυτού του χάσματος. Οι εκπαιδευτικοί της Χημείας θα πρέπει να εξηγούν ρητά αυτό που ήδη έχουν σιωπηρά κατανοήσει, και αυτό είναι ότι

(i) οι μη άμεσα παρατηρήσιμες θεωρητικές οντότητες δεν είναι πανομοιότυπες με τις παρατηρήσιμες οντότητες, και

(ii) ότι οι θεωρητικές οντότητες δίνουν την εξήγηση για τα παρατηρήσιμα φαινόμενα.

2.3.3 Ανάδυση

Οι φιλόσοφοι έχουν ένα ζευγάρι συμπληρωματικών εννοιών, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατάλληλα για τη σύνδεση του μικροσκοπικού επιπέδου με τα πρόδηλα φαινόμενα, και αντίστροφα. Μία από αυτές είναι η ανάδυση, όπως περιγράφεται στην προηγούμενη ενότητα 2.2. Ένας φιλόσοφος της Χημείας (McIntyre 2007) μπορεί να αποφανθεί για το τι έχουν να κάνουν με τη Χημεία τα αναδυόμενα φαινόμενα: «οι χημικοί έχουν από καιρό συνειδητοποιήσει ότι ορισμένα φαινόμενα εμφανίζονται μόνο σε επίπεδο χημικής περιγραφής, και ως εκ τούτου απαιτούν εξηγήσεις που έχουν νόημα στο λεξιλόγιο αυτής της επιστήμης. Πάρτε, για παράδειγμα, το φαινόμενο της ρευστότητας. Δεν υπάρχει τίποτα αμφιλεγόμενο στον ισχυρισμό ότι οι ιδιότητες ενός υγρού εξαρτώνται από τις φυσικές σχέσεις που υπάρχουν εντός της μοριακής δομής του. Ωστόσο, η ίδια η έννοια της ρευστότητας αναδύεται στο δευτερογενές επίπεδο της περιγραφής. Στο μικροφυσικό επίπεδο δεν

υπάρχει κανένα τέτοιο πράγμα όπως η «ρευστότητα». Όλες οι βασικές ιδιότητες των υγρών, και οι ιδιότητες που επιγίνονται πάνω σε αυτές -όπως η διαφάνεια, η διαύγεια, το ιξώδες, η επιφανειακή τάση, ο δείκτης διάθλασης και το σημείο βρασμού- είναι εννοιολογικά αναδύμενες. Πώς, τότε, μπορούμε να ελπίζουμε να εξηγηθούν σε επίπεδο περιγραφής, παρά μόνο σε εκείνο στο οποίο η τάξη που προσπαθούμε να εξηγήσουμε υπάρχει;» (McIntyre 2007). Έτσι, σε γενικές γραμμές, ένα σύνολο ιδιοτήτων P αναδύεται από τις ιδιότητες ενός άλλου συνόλου από οντότητες Q, μόνο όταν οι οντότητες Q έχουν διαμορφωθεί έτσι ώστε να συμπεριφέρονται συλλογικά με τρόπο ώστε να είναι, όπως συχνά τίθεται, «μεγαλύτερες από το άθροισμα των μερών τους». Ένα παράδειγμα επίπεδων ανάδυσης μεταξύ των διαφόρων πεδίων στο εσωτερικό των Φυσικών Επιστημών είναι το εξής: τα γονίδια (βιολογικό είδος) είναι αναδύμενα από ένα σύνολο νουκλεοτιδίων (χημικό είδος), τα οποία είναι τα ίδια αναδύμενα από ένα σύνολο υποατομικών σωματιδίων (ένα φυσικό είδος). Στο παρατηρήσιμο επίπεδο υπάρχουν τα εμπειρικά γεγονότα της κληρονομικότητας. Η ανάδυση μπορεί να θεωρηθεί ότι συσχετίζει οντότητες μίας συγκεκριμένης επιστήμης με αυτές μίας άλλης, όταν μια οντότητα ενός είδους αποτελείται από, και αναδύεται από οντότητες της άλλης επιστήμης.

Ο Pier Luigi Luisi (2002) έχει ήδη προτείνει ότι η έννοια της ανάδυσης θα πρέπει να είναι στη διδασκαλία της Χημείας και ισχυρίζεται ότι «οι μοριακές επιστήμες και ιδίως η Χημεία είναι στην πραγματικότητα οι επιστημονικοί κλάδοι στους οποίους ειδικά η έννοια της ανάδυσης έχει το πιο προφανές πεδίο εφαρμογής». Ισχυρίζεται ότι αυτά τα πεδία «χαρακτηρίζονται σε μεγάλο βαθμό από την αύξηση του βαθμού μοριακής πολυπλοκότητας, προκειμένου να επιτευχθούν καινοφανείς ιδιότητες» (Luisi 2002).

Όσον αφορά τα είδη της χημικής εξήγησης, η ανάδυση όπως εκδηλώνεται στις σύγχρονες επιστήμες, πραγματικά τείνει να είναι ερμηνεύσιμη, ιδίως σε φαινόμενα που έχουν σχέση πρόδηλης-επιστημονικής εικόνας, όπως αυτά που θα συναντήσει ένας αρχάριος μαθητής της Χημείας, όπου μπορούν να εξηγηθούν πλήρως με όρους χημικών οντοτήτων και εξηγήσεων. Τα πρόδηλα φαινόμενα, ίσως, να γίνονται καλύτερα κατανοητά ως αναδύμενα από τα φαινόμενα στη χημική σφαίρα.

2.3.4 Αναγωγή

Στη φιλοσοφία της Χημείας υφίσταται κάποια διαμάχη κατά πόσον η ανάδυση δίνει πράγματι, όπως ισχυρίζεται ο Luisi, «καινοφανείς ιδιότητες» με την πλήρη οντολογική έννοια του όρου, δηλαδή ότι φέρνει κάτι νέο στην ύπαρξη που δεν ταυτίζεται με οποιαδήποτε από τις υποκείμενες οντότητες. Μια εναλλακτική άποψη για την ανάδυση στη Χημεία με οντολογική εισαγωγή, θα ήταν να περιοριστεί σε μια επιστημολογική έννοια της ανάδυσης, όπως προτείνει ο McIntyre (2007). Αυτό θα σήμαινε ότι αν και πρέπει να κάνουμε χρήση ειδικών εννοιών που περιγράφουν την συμπεριφορά των οντοτήτων Q, όταν έρχονται σε ορισμένες διαμορφώσεις, δεν υπάρχει περαιτέρω εγγύηση για την αξίωση ότι διακριτές οντότητες P έρχονται σε ύπαρξη ως αναδυόμενες από τις Q. Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει οι αναδυόμενες έννοιες να επεξηγούν πλήρως και να χαρακτηρίζουν το αναδυόμενο φαινόμενο, και επομένως να διατηρούν ένα επιστημολογικό νόημα της ανάδυσης, ακόμη και αν δεν είναι οντολογικό. Μπορεί κανείς να αρκεστεί στην επιστημολογική αντίληψη, εφόσον το σημαντικό σημείο εδώ είναι η επιστημονική εξήγηση. Μια προσέγγιση για την κατανόηση της σχέσης μεταξύ της πρόδηλης και της επιστημονικής εικόνας είναι αυτή όπου οι πρόδηλες και άλλες υποτιθέεται αναδυόμενες ιδιότητες ανάγονται στις επιστημονικές ιδιότητες. Σύμφωνα με αυτήν την αναγωγική προσέγγιση, οι δέθεν ανώτερης τάξης ιδιότητες και έννοιες δεν χρειάζεται καν να υπολογίζονται επιστημολογικά, προκειμένου να καταλήξει κανείς σε μια επαρκή κατανόηση του κόσμου στο σύνολό του.

2.3.5 Επιγένεση

Στο πλαίσιο της αναγωγικής προσέγγισης οδηγούμαστε στην επιγένεση. Είναι μια σχέση εξάρτησης μεταξύ δύο συνόλων ιδιοτήτων, έτσι ώστε αν ένα σύνολο ιδιοτήτων P επιγίνεται σε ένα σύνολο ιδιοτήτων Q, δεν μπορεί να υπάρξει καμία αλλαγή στις ιδιότητες P χωρίς μεταβολή στις ιδιότητες Q. Για τους περισσότερους φιλοσόφους επομένως, η επιγένεση σημαίνει συνδιακύμανση των ιδιοτήτων μεταξύ των δύο συνόλων. Αυτό μπορεί να εκληφθεί ως ένα «απλό» γεγονός για τα συσχετιζόμενα, ή θα μπορούσε να φτάσει ως την ταυτότητα μεταξύ P και Q, εάν η επιγένεση σημαίνει επίσης αναγωγή των ιδιοτήτων P στις ιδιότητες Q με τέτοιο τρόπο ώστε οι ιδιότητες P να μπορούν να «εξαλειφθούν» (π.χ., θεωρούνται περιττές σε μια πλήρη εξήγηση – εξαλειπτικός αναγωγισμός). Η επιγένεση είναι απαραίτητη, αλλά όχι ικανή

προϋπόθεση για την αναγωγή: η Χημεία παρέχει μια πληθώρα από εκδηλώσεις επιγένεσης, οι οποίες είναι επεξηγηματικές, αλλά χωρίς οι συνδέσεις των δύο συνόλων να εξαλείφουν κατ' ανάγκη το ένα από τα δύο (Newman 2008).

Η επιγένεση είναι επίσης, απαραίτητη συνθήκη για την εμφάνιση του είδους της *ανάδυσης που συναντάται στη Χημεία*. Υπάρχουν ισχυρές επεξηγηματικές συνδέσεις στη Χημεία που επίσης πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για να έχει νόημα το αντικείμενο. Έτσι, όπου προκύπτει ανάδυση των P από τις Q, υπό την προϋπόθεση ότι τέτοια ανάδυση είναι εξηγήσιμη, βρίσκεται επίσης επιγένεση των P στις Q. Αν οι Q εξηγούν την ανάδυση των P, αυτό εξασφαλίζει ότι όπου βρίσκονται οι P τότε θα πρέπει και οι Q να είναι παρούσες, καθιστώντάς τες ικανές να εμφανιστούν. Για να χαρακτηρίσουμε τη σύνδεση μεταξύ των πρόδηλων και των επιστημονικών εικόνων στη Χημεία, χρειαζόμαστε την ανάδυση αλλά όχι τη μη εξηγησιμότητα, και την επιγένεση αλλά όχι τον εξαλειπτικό αναγωγισμό.

Για να εφαρμοστούν αυτές οι έννοιες στο χώρο της χημικής εκπαίδευσης, σύμφωνα με τη φύση της θεμελιώδους παρανόησης στη Χημεία όπως περιγράφεται παραπάνω, πρέπει να ξεκινήσουν οι μαθητές να κρατούν τις προφανείς/πρόδηλες και τις επιστημονικές εικόνες ξεχωριστά τις μεν από τις δε. Έτσι, *η ανάδυση είναι η έννοια που πρέπει να εφαρμόζεται πρώτα*: η πρόδηλη εικόνα είναι αυστηρά διακριτή από την επιστημονική εικόνα, με την έννοια ότι τα πρόδηλα φαινόμενα προκύπτουν από επιστημονικά χαρακτηριζόμενες οντότητες. Στη συνέχεια, προκειμένου να εξασφαλιστεί η αιτιολογική σχέση μεταξύ τους, καθώς και το γεγονός ότι τα φαινόμενα της πρόδηλης εικόνας δεν «επιπλέουν» ελεύθερα πάνω από επιστημονικά προσδιοριζόμενες οντότητες, θα πρέπει να υποστηρίζεται ότι *τα πρώτα επιγίνονται στις τελευταίες*: οποιαδήποτε αλλαγή στα παρατηρήσιμα φαινόμενα πρέπει να συνοδεύεται από μια αντίστοιχη αλλαγή στον υπαρκτό κόσμο σύμφωνα με την επιστημονική εικόνα, η οποία πρέπει επίσης να εξηγεί τα φαινόμενα.

Τα προαναφερθέντα δεν υπονοούν ότι είτε ο εκπαιδευτικός είτε ο μαθητής θα πρέπει να χρησιμοποιούν τις έννοιες της ανάδυσης και της επιγένεσης με το όνομά τους και να είναι σε θέση να τις καθορίσουν αυτές καθαυτές (per se). Απλά, προσπαθούν να δείξουν πώς οι έννοιες της ανάδυσης και της επιγένεσης μπορούν να φωτίσουν πτυχές της Χημείας που χρειάζονται ειδική διασαφήνιση για τον αρχάριο μαθητή. Εκείνοι που καταλαβαίνουν Χημεία κατέχουν ήδη αυτές τις έννοιες, ακόμη και αν δεν τις γνωρίζουν με το όνομά τους. Η ουσία όσον αφορά στη χημική εκπαίδευση είναι

απλώς ότι οι εκπαιδευτικοί πρέπει να έχουν στραμμένη την προσοχή τους προς τις έννοιες αυτές που ήδη κατέχουν διαισθητικά (όχι απαραίτητα κατ' όνομα), ώστε να μπορούν να διδάξουν στους μαθητές, ειδικά στην αρχή, με τους όρους των εν λόγω εννοιών. Χωρίς αυτή την ιδιαίτερη έμφαση, και λόγω της κεντρικότητας των εννοιών αυτών για την κατανόηση της Χημείας, μπορεί να προκληθεί σύγχυση στους μαθητές σχετικά με το πώς οι χημικές οντότητες συνδέονται με τον «πραγματικό κόσμο».

2.3.6 Εφαρμογή της ανάδυσης και της επιγένεσης σε τομείς της Χημείας

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, οι έννοιες της ανάδυσης και της επιγένεσης πρέπει να χρησιμοποιούνται για να συσχετίσουν την πρόδηλη και την επιστημονική εικόνα. Υπάρχουν επίσης «επίπεδα» εξήγησης στο πλαίσιο της επιστημονικής εικόνας που μπορεί να σχετίζονται μεταξύ τους σε σχέση με την ανάδυση και την επιγένεση. Όταν αυτές οι έννοιες είναι λειτουργικές, η «πολυεπίπεδη» αντίληψη της φύσης που ο επιστήμονας ήδη αντιλαμβάνεται μπορεί να καταστεί σαφής στον εκπαιδευόμενο στη Χημεία (Newman 2012). Πιθανές εφαρμογές αυτού του εννοιολογικού σχήματος αφθονούν στην Χημεία.

2.3.6.1 «Μόριο νερού»

Σε ένα υψηλότερο επίπεδο από εκείνο των μορίων H_2O είναι η σφαίρα του ίδιου του ύδατος, και η διάκριση μεταξύ αυτών των επιπέδων είναι κάτι που πρέπει να γίνεται προσεκτικά. Σε επιστημονικά πλαίσια, περιστασιακά κάποιος αναφέρεται σε «μόρια του νερού», αλλά αυτό θα μπορούσε σε εκπαιδευτικά πλαίσια να έχει την τάση να ενθαρρύνει τη θεμελιώδη παρανόηση ότι τα μόρια του νερού έχουν «υδαρείς ιδιότητες». Το Κανονικό Παράδειγμα των Φιλοσόφων της Επιστήμης για τη δήλωση ταυτότητας ενός φυσικού είδους είναι ότι το «νερό = H_2O », όχι όμως για τους φιλοσόφους της Χημείας, και ίσως αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο δεν είναι όλοι πρόθυμοι να υποστηρίξουν αυτή την ισοπεδωτική ταυτότητα (Needham 1996, 2000, Simonian 2005, Weisberg 2004, 2006).

Όσον αφορά το μέρος και το όλον, δηλαδή το αντικείμενο της «μερεολογίας» μιας πολύ επίκαιρης φιλοσοφικής και επιστημονικής έννοιας για τμήματα και σύνολα, η ανάδυση καθορίζει τη διάκριση μεταξύ τους, ενώ η έννοια της επιγένεσης αποτυπώνει τη στενή σχέση μεταξύ τους και τη συνδιακύμανσή τους. Όπου υπάρχει μια χημική ουσία που αναδύεται από τα μέρη της, το όλο επιγίγνεται πάνω στα μέρη,

αφού εξαρτάται και προσδιορίζεται από τα μέρη που την αποτελούν. Όταν υπάρχουν καθοριστικές σχέσεις μεταξύ της επιστημονικής και της πρόδηλης εικόνας ή μεταξύ «στρωμάτων» ιδιοτήτων στο πλαίσιο της ίδιας της επιστημονικής εικόνας, η επιγένεση από το ένα επίπεδο ιδιοτήτων σε ένα άλλο υποκείμενο επίπεδο, θα είναι επίσης σε λειτουργία.

2.3.6.2 Οσμή

Ένα παράδειγμα εμπειρικά ανιχνεύσιμης ιδιότητας που επιγίνεται στις χημικές ιδιότητες είναι αυτό της οσμής. Οι οσμές, βεβαίως, επιγίνονται πάνω στις χημικές ενώσεις που τις προκαλούν (Scerri, McIntyre 1997, Erduran, Scerri 2003). Οι μαθητές, πιθανώς, έχουν ήδη καταλάβει ότι οι μυρωδιές «αναδύονται» από τις χημικές ουσίες με την έννοια ότι προέρχονται από χημικές ουσίες. Αλλά είναι κάπως λιγότερο πιθανό ότι οι μαθητές συνειδητοποιούν ότι οι οσμές επιγίνονται πάνω στις χημικές ουσίες, δηλαδή ότι μια οσμή πάντα υποδεικνύει την πραγματική παρουσία της χημικής ουσίας, και ότι η οσμή φεύγει μόνο εάν η χημική ουσία πέσει κάτω από το όριο της ανιχνευσιμότητας. Αντίθετα, μπορεί να υποθέσουν οι μαθητές ότι μια οσμή είναι διαχωρίσιμη από το ίδιο το χημικό σώμα, έτσι ώστε μια μυρωδιά μπορεί να είναι ένα υπολειμματικό σημάδι ότι η χημική ουσία ήταν παρούσα, αλλά δεν εξακολουθεί να υπάρχει κατ' ανάγκη.

2.3.6.3 Ιδιότητες Διαλυμάτων

Οι ιδιότητες των διαλυμάτων είναι ένα χημικό ζήτημα, το οποίο σε γενικές γραμμές είναι θεωρητικά ό,τι είναι η συνδιακύμανση για την επιγένεση. Για παράδειγμα, η συνδιακύμανση της αγωγιμότητας του διαλύματος με τον αριθμό των διαλυμένων ιοντικών ουσιών εξηγείται από την επιγινόμενη εξάρτηση και τον καθορισμό της αγωγιμότητας από τη διευκόλυνση της μεταφοράς πρωτονίων μέσα σε ένα ιοντικό διάλυμα. Όταν υπάρχει μια αλλαγή στην αγωγιμότητα του διαλύματος, γνωρίζοντας ότι οι ιδιότητες του διαλύματος επιγίνονται πάνω στη φύση της διαλυμένης ουσίας και του διαλύτη, οι μαθητές μπορούν να προβλέψουν ότι πρέπει να υπάρχει αλλαγή στη διαλυμένη ουσία και στο διαλύτη. Ομοίως, όταν οι μαθητές μάθουν ότι οι ιδιότητες των διαλυμάτων επιγίνονται πάνω στη φύση της διαλυμένης ουσίας και αυτής του διαλύτη, οι προσθετικές φυσικοχημικές ιδιότητες γίνονται εύκολα κατανοητές, π.χ. η ανύψωση του σημείου βρασμού και η ταπείνωση του σημείου πήξης αναμένονται όταν ο λόγος των σωματιδίων της διαλυμένης ουσίας ως προς τον

διαλύτη αυξάνεται. Αντί οι μαθητές να αντιληφθούν τις "εμπειρικές" ιδιότητες των διαλυμάτων ως αποσυνδεδεμένες, ή μόνο αυθαίρετα συνδεδεμένες με τις χημικές ιδιότητες, των οποίων ο επεξηγηματικός ρόλος παραμένει μυστήριο, το γεγονός της επιγένεσης εισάγει τη δυνατότητα να υπάρχει αιτιολογική σχέση. Οι μαθητές μπορούν να αναμένουν ότι επειδή ένα σύνολο ιδιοτήτων αλλάζει ως αποτέλεσμα των αλλαγών σε ένα άλλο σύνολο ιδιοτήτων, πρέπει να υπάρχει συγκεκριμένος λόγος για την αλλαγή, και στη συνέχεια να είναι δεκτικοί να μάθουν για την εξήγηση αυτή.

Συμπερασματικά η ανάδυση και η επιγένεση μπορούν να αποτελέσουν μια χρήσιμη κατευθυντήρια γραμμή στη διδασκαλία της Χημείας, για την εξήγηση συγκεκριμένων χημικών εννοιών, καθώς και για την καθοδήγηση των μαθητών προς την κατανόηση του τι είναι το αντικείμενο της Χημείας σε γενικές γραμμές. Αυτό ισχύει και για το έργο της εισαγωγής των αρχάριων σπουδαστών στη σχέση της επιστημονικής εικόνας με την πρόδηλη εικόνα, και επίσης όσον αφορά στις σχέσεις μεταξύ των επιπέδων των ιδιοτήτων στο πλαίσιο του ίδιου του επιστημονικού πεδίου (Newman 2012). Θα πρέπει να σημειωθεί ότι, αν το μοντέλο των χημικών ιδιοτήτων που αναφέρονται εδώ χρησιμοποιηθεί για τους σκοπούς της χημικής εκπαίδευσης, θα πρέπει να μετακινηθεί το πού τοποθετείται το χάσμα μεταξύ φυσικών και χημικών ιδιοτήτων σε σχέση με τον παραδοσιακό τρόπο.

Συγκεκριμένα, ορισμένες ιδιότητες/αλλαγές που έχουν ευρέως θεωρηθεί ως «φυσικές», πρέπει να θεωρηθούν «χημικές». Φυσικές μεταβολές συνήθως χαρακτηρίζονται εκείνες στις οποίες η ταυτότητα της ουσίας δεν αλλάζει, και χημικές μεταβολές εκείνες στις οποίες η ταυτότητα της ουσίας αλλάζει. Για παράδειγμα, η διαδικασία κατά την οποία ένα ιοντικό στερεό διαλύεται στο νερό, συνήθως, διδάσκεται στα γυμνασιακά βιβλία ως Φυσική μεταβολή στην οποία η ταυτότητα της διαλυμένης ουσίας δεν αλλάζει. Ωστόσο, διακρίσεις που θα πρέπει να γίνουν και αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του μοντέλου που προτείνεται εδώ, προβλέπουν ότι περισσότερα από όσα ακριβώς εμπίπτουν στον τομέα της χημικής αντίδρασης μπορούν να θεωρηθούν ως μια χημική αλλαγή (Earley 2005, Newman 2008). Σε αυτό το πλαίσιο, οι ιδιότητες των διαλυμάτων, οι οποίες είναι εντατικές, δεν ανήκουν απλά σε ένα συνδυασμό του νερού ως διαλύτη, του H_2O ως χημική ένωση, της αδιάλυτης ουσίας και της διαλυμένης ουσίας καθαυτών, αλλά δημιουργούνται εξ' αρχής (de novo) στη διαδικασία διάλυσης. Η αλλαγή αυτή πρέπει να επιγίνεται σε αντίστοιχη χημική αλλαγή των χημικών ουσιών. Το H_2O είναι ακόμα H_2O , αλλά υφίσταται ένα

είδος χημικής μεταβολής αφού συνδέεται ιονικά με τη διαλυμένη ουσία. Και η ίδια η διαλυμένη ουσία, όπως π.χ. το χλωριούχο νάτριο, γίνεται μια διαφορετική ουσία εξ ολοκλήρου όταν διαλυθεί στο νερό (Earley 2005). Με αυτή την περιγραφή, η διαδικασία διάλυσης αποδεικνύεται ότι έχει περισσότερα κοινά με τις χημικές αντιδράσεις *per se*, παρά όπως αυτό περιγράφεται συχνά στην τάξη της Χημείας, και γι' αυτό κάτι τέτοιο θα πρέπει, στην πραγματικότητα να θεωρηθεί χημική αλλαγή.

2.3.7 Εμβάθυνση και ταξινόμηση στις έννοιες: Ανάδυση - Επιγένεση - Συμπληρωματικότητα

Ο Rom Harré τονίζει το αν μια ιδιότητα αναδύεται ή όχι από τη συγκέντρωση επιμέρους συστατικών σε μια συλλογικότητα, αποτελεί τόσο ζήτημα της δομής της ομαδοποίησης των μερών και της αλληλεπίδρασης με το είδος της ύπαρξης, το οποίο με τη σειρά; του δημιουργεί μια αναδύομενη ιδιότητα. Η φύση αποδίδει στα υλικά σωματιδιακές ιδιότητες ή κυματικές ιδιότητες υπό ορισμένες συνθήκες. Εν κατακλείδι, ο κόσμος εμφανίζει διαφορετικές και, μερικές φορές, ασύμβατες ιδιότητες όταν αλληλεπιδρά με διαφορετικές υλικές διατάξεις.

Ο Harré στη συνέχεια, θέτει τα παρακάτω καίρια ερωτήματα: «Είναι μια ιδιότητα μιας οντότητας αναδύομενη επειδή είναι συμπληρωματική σε μία άλλη ιδιότητα, η οποία θα εμφανιζόταν υπό κάποια άλλη διάταξη που θα περιελάμβανε την εν λόγω οντότητα; Ή είναι μια ιδιότητα αναδύομενη επειδή η δομή μιας σύνθετης οντότητας εμφανίζει μια ιδιότητα που τα συστατικά μέρη δεν θα μπορούσαν να έχουν;» Και προσθέτει: «Ο τρόπος με τον οποίο μια δραστηριότητα εξετάζεται δημιουργεί τη διακριτή εικόνα της υλοποιώντας ορισμένες μόνο εκδοχές, ενώ αποκλείει την εκδήλωση των άλλων» (Harré 2006).

Εάν κάποιος κατανοήσει τη βιολογία και τη Χημεία, τη φυσική και τη Χημεία, και όλα αυτά τα όρια μεταξύ των επιστημονικών σφαιρών να είναι συμπληρωματικά στο βαθμό που χρησιμοποιούν διαφορετικούς τρόπους πρόσβασης -γνωστικούς ή εργαλειακούς, μπορεί να γενικεύσει τη «συμπληρωματικότητα» για το πρόβλημα της ανάδυσης στο βαθμό που οι προκύπτουσες εκδοχές/αποδόσεις των φαινομένων σχετίζονται με τις χρησιμοποιούμενες συσκευές και πρακτικές. *Πράγματι, κάθε επιστημονική σφαίρα έχει τις δικές της μεθόδους, έννοιες, αναπαραστάσεις και οντολογία, αν δεχτούμε σχετικότητα στην οντολογία.*

Επιπλέον, ο Harré υποστηρίζει: «Σε κάθε πλαίσιο, η πληρότητα των συμπληρωματικών περιγραφών εξασφαλίζεται από τις διαφορετικές εκφάνσεις της υπό προσδιορισμό κατάστασης, στην οποία η αρχή της συμπληρωματικότητας μπορεί

να εφαρμοστεί για να αποδώσει την εμφάνιση της ασυμβατότητας μεταξύ αναδυόμενων και θεμελιωδών ιδιοτήτων. Έτσι, βιολογία/Χημεία, ιατρική/ψυχολογία, δίκαιο/ψυχιατρική, ψυχολογία/νευροεπιστήμες υποτίθεται ότι πρέπει η καθεμία να ορίσει μία θέση για έναν κανόνα συμπληρωματικότητας που θα διασφαλίζει ότι οι αντιφάσεις αποκλείονται και ότι κάθε ζευγάρι υποστηρίζει μια πλήρη περιγραφή διαμέσου κάθε ορίου» (Harré 2006).

Ο Harré ανοίγει τον δρόμο για ένα νέο είδος προοπτικής εντός του οποίου η ανάδυση γίνεται ένα πρόβλημα άρθρωσης μεταξύ συμπληρωματικών εκδοχών όπως εμφανίζονται από πολυποίκιλους τρόπους πρόσβασης. Από αυτή την άποψη, μπορεί κανείς να ενοποιήσει την πραγματικότητα χωρίς αναγωγή. Ο Primas (1983) είχε ήδη υποστηρίξει ότι «Αλλαγή πλαισίων αναφοράς σημαίνει αλλαγή παραδειγμάτων και αλλαγή της φύσης της θεωρητικής σκέψης. Δεχόμαστε ότι υπάρχουν πολλές πιθανές μορφές της αλήθειας που είναι αμοιβαία ασύμβατες αλλά όχι αντιφατικές, εφόσον μπορούν να διασυνδέονται με διαλεκτική σκέψη. Ακόμη και πριν από την έλευση της κβαντικής θεωρίας, η επιστημονική σκέψη πάντα είχε έναν έντονα διαλεκτικό χαρακτήρα».

Η συμπληρωματικότητα στις περιγραφές αναφέρεται στην ίδια πραγματικότητα, αλλά από διαφορετικές οπτικές γωνίες, και με τέτοιο τρόπο ώστε κανένα πείραμα να μην μπορεί να επινοηθεί που θα μπορούσε να παρουσιάσει τις συμπληρωματικές πτυχές σε ένα ενιαίο πλαίσιο παρατήρησης. Ούτε η λειτουργία των δύο συμπληρωματικών πτυχών μπορεί να υπαχθεί η μία στην άλλη. Οι συμπληρωματικές περιγραφές δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους δεδομένου ότι αναφέρονται στην ίδια πραγματικότητα. «Δεν είναι αντιφατικές, δεδομένου ότι αναφέρονται σε διαφορετικά πλαίσια» (Primas 1981, 1983). Οι Χημικοί και Φυσικοί μελετούν τα μόρια από συμπληρωματικές οπτικές γωνίες, δηλαδή, από δύο διαφορετικούς τρόπους αλληλεπίδρασης με τον κόσμο. Κάποιες φορές χρησιμοποιούν διαφορετικούς τρόπους υπολογισμού και διαφορετικά επιστημονικά όργανα. Ένας πλήρης απολογισμός του κόσμου απαιτεί την ταυτόχρονη άρθρωση των συμπληρωματικών τρόπων περιγραφής. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μόνο με τη διεύρυνση του λόγου, ώστε να περιλαμβάνει όλες τις συμπληρωματικές περιγραφές της πραγματικότητας. Αφού ο ολισμός και ο αναγωγισμός είναι συμπληρωματικές απόψεις, και οι δύο μπορούν να γίνουν αποδεκτοί, και οι δύο είναι αναγκαίοι, κανένας από αυτούς δεν είναι επαρκής (Primas 1983).

Η διαμάχη ανάδυσης-αναγωγής, αναφέρει ο J.P. Llored (2012) περιστρέφεται γύρω από τρεις κύριες κατηγορίες σχέσεων, μεταξύ: (1) θεωριών ή νόμων, (2) δύο ειδών ιδιοτήτων, (3) συνόλων και μερών (Μερεολογία-Mereology).

Οι Bishop και Atmanspacher (2006) προτείνουν ένα τετραπλό σύστημα ταξινόμησης, προκειμένου να διευκρινιστεί τι διακυβεύεται στη στρατηγική συζήτηση για τις σχέσεις μεταξύ ιδιοτήτων υψηλότερου και χαμηλότερου επιπέδου:

(Α) Βασική αναγωγή (basic reduction), στην οποία οι ιδιότητες του χαμηλότερου επιπέδου περιγραφής (συμπεριλαμβανομένων των νόμων του) παρέχουν *ικανές και αναγκαίες* συνθήκες για την *αυστηρή παραγωγή* των ιδιοτήτων του υψηλότερου επιπέδου. Είναι η πιο γνωστή, αν και αμφιλεγόμενη μελέτη περίπτωσης στο πλαίσιο της συζήτησης για την ανάδυση-αναγωγή (*εξαιρετικός αναγωγισμός*).

(Β) Ανάδυση εντός πλαισίου (contextual emergence), στην οποία οι ιδιότητες του χαμηλότερου επιπέδου της περιγραφής (συμπεριλαμβανομένων των νόμων του) προσφέρουν μόνο *αναγκαίες αλλά όχι ικανές* συνθήκες για να εξηγήσουν τις ιδιότητες σε υψηλότερο επίπεδο. Από την άποψη αυτή, και ακολουθώντας τον Primas (1983, 1998), εισάγουν τις *ενδεχόμενες εντός πλαισίου (contingent contextual)* συνθήκες που ανήκουν στο υψηλότερο επίπεδο (*αναδύμενες-emergent*) και οι οποίες απαιτούνται επιπλέον από τις αναγκαίες ιδιότητες χαμηλότερου επιπέδου για να παράγουν *αυστηρά* τις ιδιότητες του υψηλότερου επιπέδου.

(Γ) Επιγένεση (supervenience), στην οποία οι ιδιότητες του χαμηλότερου επιπέδου της περιγραφής (συμπεριλαμβανομένων των νόμων του) προσφέρουν μόνο *ικανές αλλά όχι αναγκαίες* συνθήκες για να εξηγήσουν τις ιδιότητες σε υψηλότερο επίπεδο. Σε αυτό το πλαίσιο, ένα χαμηλότερο επίπεδο περιγραφής μπορεί να παρέχει πολλαπλές υλοποιήσεις/πραγματώσεις μιας συγκεκριμένης ιδιότητας υψηλότερου επιπέδου. Απαιτείται ο προσδιορισμός των συσχετίσεων μεταξύ των δύο επιπέδων, το οποίο ισοδυναμεί με την ανάλυση του τρόπου με τον οποίο υψηλότερο επίπεδο *επιγίνεται (supervenies)* στο χαμηλότερο επίπεδο. Σε αυτήν την περίπτωση, δεν είναι δυνατή η παραγωγή με αυστηρότητα μεταξύ των δύο επιπέδων, υπάρχει συνδιακύμανση των ιδιοτήτων· δεν μπορεί να υπάρξει καμία αλλαγή στις ιδιότητες υψηλότερου επιπέδου χωρίς μεταβολή στις ιδιότητες του χαμηλότερου επιπέδου.

(Δ) Ριζοσπαστική ανάδυση, στην οποία οι ιδιότητες του χαμηλότερου επιπέδου της περιγραφής (συμπεριλαμβανομένων των νόμων του) *δεν είναι ικανές αλλά ούτε και αναγκαίες* συνθήκες για να εξηγήσουν τις ιδιότητες σε υψηλότερο επίπεδο.

Οι περιπτώσεις (Α) και (Δ) απορρίφθηκαν ως ακραίες και απλουστευτικές. Η μεν (Α) γιατί οδηγεί σε ακραίο αναγωγιστικό φυσικαλισμό, ο οποίος απαιτεί την πλήρη (οντολογική και επιστημολογική) αναγωγή της Χημείας στους υποκείμενους φυσικούς νόμους, απαίτηση που δεν ευδοχώθηκε ποτέ (Scerri 2007a). Η δε (Δ) απορρίφθηκε γιατί αντιπροσωπεύει την απλοϊκή ανάδυση των Βρετανών Αναδυστών (Emergentists) των αρχών του 20^{ου} αιώνα, η οποία προβλέπει την εμφάνιση «καινοφανών» ιδιοτήτων στο ανώτερο επίπεδο των οποίων το οντολογικό καθεστώς είναι αμφιλεγόμενο (Mc Laughlin 1992).

Οι περιπτώσεις (Β) (ανάδυση) και (Γ) (επιγένεση) χρησιμοποιήθηκαν ως οι έννοιες της φιλοσοφίας της Χημείας, οι οποίες μπορούν να είναι μια χρήσιμη κατευθυντήρια γραμμή στη διδασκαλία της Χημείας, για την εξήγηση συγκεκριμένων χημικών εννοιών καθώς και για την καθοδήγηση των μαθητών προς την κατανόηση του τι είναι το αντικείμενο της Χημείας. Αυτό ισχύει και για το έργο της εισαγωγής των αρχάριων σπουδαστών στη σχέση της επιστημονικής εικόνας με την πρόδηλη εικόνα. Οι προαναφερθείσες περιπτώσεις (Β) και (Γ) θεωρήθηκαν ένα ζευγάρι συμπληρωματικών εννοιών, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατάλληλα για τη σύνδεση του χημικού επιπέδου με τα πρόδηλα φαινόμενα, και αντίστροφα. Αυτή η έννοια της συμπληρωματικότητας βασίζεται στις απόψεις των Harré και Primas.

Ο Scerri προσπαθεί να διακρίνει ελλείψεις στην αιτιολόγηση με βάση «επιστημονικά επιχειρήματα» προκειμένου να αποφευχθεί οποιαδήποτε εσπευσμένη ολοκλήρωση και να διευκρινίσει τα σχετικά φιλοσοφικά ερωτήματα. Για να γίνει αυτό, πρώτα ερευνά τι κάνουν οι χημικοί, πριν προσπαθήσει να συνδέσει αυτές τις χημικές δραστηριότητες με φιλοσοφικά ερωτήματα. Ο Scerri καταλήγει γράφοντας ότι: «Φιλοσοφικές θέσεις όπως αναγωγισμός και ανάδυση δεν μπορεί να κριθούν μόνο με βάση κάποια σύγχρονη θεωρία. Επιπλέον, εάν κάποιος διαβουλεύεται με τα ευρήματα των επιστημονικών θεωριών για να επιστήσουν οντολογικά μαθήματα, είναι απαραίτητο να το κάνουν με ακριβή τρόπο» (Scerri 2007b). Σε μια τέτοια κατάσταση, ο Scerri καλεί για μια μορφή 'αγνωστικισμού' ως προς το εάν η ανάδυση και η προς τα κάτω αιτιώδης συνάφεια αποτελούν γνήσια φαινόμενα (Scerri 2012). Ίσως το μοναδικό είδος ανάδυσης που είναι αποδεκτό σύμφωνα με την τρέχουσα κατάσταση της επιστήμης είναι, στην καλύτερη περίπτωση, επιστημολογικό ζήτημα. Ο van Brakel υποστηρίζει την θέση αυτή τονίζοντας: «Η ιδιότητα του να είναι κάτι καθαρό νερό είναι μια αναδύμενη ιδιότητα σε σχέση με το χημικό μόριο H₂O και

αυτό είναι μια αναδύομενη ιδιότητα σε σχέση με την κβαντική μηχανική» (Van Brakel 2000).

2.4 Η ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

Η Φιλοσοφία της Χημείας απευθύνεται στο περιθώριο των φαινομένων τα οποία εμπíπτουν στην αρμοδιότητα της επιστήμης της Χημείας, με την οντολογία από την οποία τα φαινόμενα αυτά θεωρείται ότι συνεχονται και με τα ζητήματα επιστημολογίας, δηλαδή, τα θεμέλια της πεποίθησης στα οποία τέτοια γνώση εδράζεται. Το πεδίο άργησε να αναπτυχθεί σε σχέση με με τη Φιλοσοφία της Φυσικής και της Βιολογίας, ένα γεγονός για το οποίο μία σειρά από λόγους έχουν εκτεθεί από πολλούς μελετητές. Η παραταθείσα για πολύ καιρό αντιπαράθεση όσον αφορά την έννοια «άτομο» και τα δόγματα, ιστορικά σημαντικά, του λογικού θετικισμού, της εργαλειοκρατίας και του αυστηρού εμπειρισμού, θεωρείται ότι είχαν όλα σημαντική επίδραση (Μπόκαρης 2002). Ειδικότερα, η επιστήμη της Χημείας εθεωρείτο αναγωγίσιμη στη Φυσική σύμφωνα με τον περιβόητο ισχυρισμό του Paul Dirac το 1929 (αφότου οι νόμοι που κυβερνούν την κίνηση των ηλεκτρονίων έγιναν γνωστοί, το να εξασκεί κανείς την επιστήμη της Χημείας σήμαινε να χειριστεί εξισώσεις οι οποίες κατ' αρχήν είναι επιλύσιμες -Gavroglu 1997) και επομένως ανάξια καθαρής φιλοσοφικής αναζήτησης (Primas 1983, van Brakel 1981, 2000).

Τι δουλειά έχει η φιλοσοφία με τη Χημεία ή και αντίστροφα; Οι χημικοί είναι συχνά σκεπτικιστές όσον αφορά τη φιλοσοφία και συχνά έχουν δίκιο όταν πρόκειται για τη μεγαλεπήβολη ή αλλιώς αναλυτική φιλοσοφία που διερευνά όλους τους πιθανούς κόσμους στους οποίους το νερό είναι XYZ, ή το πού και υπό ποιές συνθήκες ένα είδος είναι “μπλάσινο” (δηλαδή πράσινο και είχε διαπιστωθεί πριν από χρόνο t ή μπλέ και δεν είχε εξετασθεί πριν από χρόνο t). Όμως τις τελευταίες δεκαετίες η αναλυτική φιλοσοφία σε όλο και μεγαλύτερο βαθμό στράφηκε προς τις Φ.Ε. ως το θεμέλιο των ισχυρισμών της. Αυτή η νατουραλιστική/φυσιοκρατική στροφή μπορεί να αποδοθεί, κατ' εξοχήν αλλά όχι αποκλειστικά, στους Quine, Popper, Kuhn τρεις γίγαντες της φιλοσοφίας του 20^{ου} αιώνα. Η σύγχρονη Φιλοσοφία της Χημείας καταπιάνεται με ζητήματα τα οποία, εκτός των άλλων, ενδιαφέρουν και τη διδασκαλία της Χημείας, ακόμα και σε σχολικό επίπεδο. Βασιζόμενη σε ώριμη αντίληψη της σύγχρονης επιστήμης, δια φωτίζει τη χημική εκπαίδευση με ενδιαφέροντες και απρόβλεπτους

τρόπους ενώ ταυτόχρονα συμβάλλει στην επίλυση ακαδημαϊκών φιλοσοφικών προβλημάτων τα οποία αντιστάθηκαν σε άλλες προσεγγίσεις.

Το πρώτο και κύριο θέμα της Φιλοσοφίας της Χημείας είναι το κατά πόσο η επιστήμη της Χημείας έχει αναχθεί στη Φυσική ή αν κάτι τέτοιο είναι δυνατό (Scerri 2004a,b, 2007a,b, Hendry 2004, 2006a,b, 2010, Lombardi, Labarca 2005, 2006, Needham 2006, Hendry 2007). Για την παρακολούθηση αυτού του ζητήματος απαιτείται να διερευνηθεί το ερώτημα εάν (ή/και σε ποιο βαθμό) πραγματικά νέες σύνθετες οντότητες μπορεί να θεωρηθεί ότι εμφανίζονται (αναδύονται) από απλούστερες συνιστώσες-συστατικά. Αυτή η συζήτηση σχετίζεται ξεκάθαρα με το κατά πόσον η Χημεία αναγνωρίζεται ως αυτόνομη, κεντρική, ανεξάρτητη και θεμελιώδης επιστήμη, ή μάλλον θεωρείται μία ειδική εφαρμογή στις παρυφές της Φυσικής (Scerri & McIntyre 1997, Earley 1998, Schummer 1998, Schummer 2003a, Scerri 2003b, Schummer 2006).

Η ροπή έχει αλλάξει φορά τα τελευταία χρόνια. Υπήρξε αποτυχία πραγμάτωσης, αυστηρά και με γεφυροποιούς νόμους, της πλήρους αναγωγής της Χημείας στη Φυσική. Σε αυτό συνέβαλε και η ανάδυση της Φιλοσοφίας της Χημείας ως αυτόνομου και διακριτού πεδίου. Όμως η καθυστέρηση στην εμφάνιση και καθιέρωση της σημαίνει ότι έχει ως τώρα μικρή επίδραση στα προγράμματα σπουδών, τη διδασκαλία και τη μάθηση της Χημείας σε σχολικό και πανεπιστημιακό επίπεδο. Το τελευταίο αυτό ανώτατο εκπαιδευτικό επίπεδο είναι κεντρικής σημασίας για το μέλλον του αντικειμένου. Οι απόφοιτοι Χημείας γίνονται συχνά ερευνητές. Η φιλοσοφικά/επιστημολογικά ενήμερη έρευνα είναι πιο διορατική από την απλά εμπειρική. Οι απόφοιτοι Χημείας γίνονται καθηγητές στα σχολεία. Η φιλοσοφικά/επιστημολογικά ενήμερη διδασκαλία μπορεί να βελτιώσει και την ποιότητα των μελλοντικών επιστημόνων και την παραδοχή και κατανόηση των χημικών ιδεών από το ευρύτερο κοινό (Justi and Gilbert 2002).

Η κοινότητα της χημικής εκπαίδευσης παρουσίασε μεγάλο ενδιαφέρον για τις εξελίξεις στο πεδίο της Φιλοσοφίας της Χημείας. Δεν είναι παράξενο αν αναλογιστεί κανείς ότι οι ασχολούμενοι με την εκπαίδευση αντιμετωπίζουν συχνά, ουσιαστικά φιλοσοφικού τύπου, διλήμματα και επιλογές για το που πρέπει να δοθεί έμφαση στο περιεχόμενο των μαθημάτων Χημείας και με τι τρόπο πρέπει να παρουσιαστεί (Scerri 2003).

Η κυρίαρχη τάση στη Φιλοσοφία της Χημείας είναι ο κριτικός επιστημονικός ρεαλισμός. Ρεαλισμός με την έννοια ότι θεωρεί τη γνώση δυνατή, ανταποκρινόμενη

στον εξωτερικό κόσμο ο οποίος υπάρχει αντικειμενικά και ανεξάρτητα από τη συνείδηση του γινώσκοντος (νοούντος) υποκειμένου. Η πίστη δηλαδή στην ύπαρξη της αντικειμενικής πραγματικότητας. Η Αντικειμενικότητα (objectivity) υπήρξε ο σκληρός πυρήνας της σκέψης πολλών μεγάλων επιστημόνων (Penrose 2004), και ιδιαίτερα του Albert Einstein όπως περιγράφεται πολύ ωραία στην εργασία της Στεφανίδου (2007), «Ο ρεαλισμός του Albert Einstein - Είχε συγκεκριμένη θεωρία για τη γνώση;», στο βιβλίο του Ευτύχη Μπιτσάκη (2000), «Ο δαίμων του Einstein» και στην εργασία του Gilmore (1997), «Einstein's God. Just What Did Einstein Believe About God? ».

Κριτικός ρεαλισμός (Bhaskar 1997) και όχι απλοϊκός/αφελής με την έννοια ότι δεν θεωρεί ότι οι αντιλήψεις στη διάνοια είναι απλά αντανάκλαση του εξωτερικού κόσμου, το μυαλό δεν είναι ένας καθρέφτης όπου απεικονίζεται η πραγματικότητα όπως ακριβώς είναι. Η διαδικασία ανασύνθεσης στη διάνοια των ερεθισμάτων τα οποία έλαβαν τα αισθητήρια όργανα είναι πολύπλοκη και προφανέστατα προϊόν εξέλιξης. Υποστηρίζεται η διάκριση σε πρωτεύουσες και δευτερεύουσες ιδιότητες. Οι θεμελιώδεις ουσίες που υπάρχουν και χαρακτηρίζουν τα αντικείμενα είναι οι πρωτεύουσες ιδιότητες (σχήμα, μάζα, πυκνότητα, κίνηση κτλ.) οι οποίες παρουσιάζουν ποσοτικές διαφορές. Αντίθετα, οι δευτερεύουσες ιδιότητες (ήχοι, χρώματα, αίσθηση θερμού-ψυχρού κτλ.) είναι επιγεννήματα των πρώτων ουσιών (στη σύγχρονη επιστημολογική ορολογία οι έννοιες αυτές μπορούν να αντιστοιχηθούν στις αναδυόμενες/επιγιγνόμενες/προδιαθεσιακές ιδιότητες) και προέρχονται απλά από τον τρόπο με τον οποίο η συνείδηση μας αντιλαμβάνεται τις ποσοτικές διαφορές.

Επιστημονικός ρεαλισμός με την έννοια ότι οι καλύτερες και οι περισσότερο δοκιμασμένες εμπειρικά επιστημονικές θεωρίες (δηλ. εξηγήσεις για τις παρατηρούμενες συστηματικά στη φύση κανονικότητες -φυσικοί νόμοι) είναι πολύ πιθανό να είναι κοντά στο τι συμβαίνει ή τουλάχιστον πλησιάζουν (εξελικτικά και με υπαναχωρήσεις και με δυσκολίες κάποιες φορές αζεπέραστες, όχι γραμμικά και σωρευτικά). Καθώς η πραγματικότητα είναι πολύπλοκη, αντιφατική και διαρκώς μεταβάλλεται, η επιστήμη αδυνατεί να μας αποκαλύψει μονομιάς την αλήθεια σχετικά με αυτήν, αλλά την αναζητεί με διαδοχικές προσεγγίσεις (Ψύλλος 2004, Hacking 1983, Mc Commas 1996, Βιρβιδάκης, Κατσιμάνης, Τουρνά 2009 -ΑΡΧΕΣ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑΣ, Ο.Ε.Δ.Β., Έκδοση Γ').

Μεθοδολογικά η Φιλοσοφία της Χημείας αντιτίθεται σε αυτήν της Φυσικής αφού απορρίπτει τον αναγωγισμό, είτε τον οντολογικό, είτε τον επιστημολογικό ή και τις

δύο περιπτώσεις αδιακρίτως (Φυσιοκρατία – Νατουραλισμός). Η Φιλοσοφία της Χημείας αποδέχεται την ανάδυση, τις επιγιγνώμενες ιδιότητες, την τροπικότητα, τις προδιαθεσιακές ιδιότητες, την εξέλιξη και την ενδεχομενικότητα. Ανάλογα με την προσέγγιση κάποια από τα παραπάνω θεωρούνται σε κάποιο βαθμό αναγωγιστικά ή μετριοπαθέστερα (weak) αναγωγιστικά (van Brakel 2003, 2010, Schummer 2003a, Scerri 2007). Υποστηρίζει τις αναλυτικές μεθόδους αλλά και τις συνθετικές. Πράγματι, σύμφωνα με πολλούς επιστημολόγους, η Χημεία είναι το κατεξοχήν πεδίο της πραγματικής σύνθεσης (όπως και της πραγματικής ανάλυσης) δηλαδή της ανασύστασης ενός όλου με τη συνένωση των συστατικών μερών του. Η λογική σύνθεση ακολουθεί αντίστροφη πορεία από το γενικό στο μερικό. Λογική σύνθεση κάνει ο επιστήμονας, ο οποίος, αφού προσπάθησε να ερμηνεύσει ένα «προβληματικό» φαινόμενο, επιδιώκει στη συνέχεια με ένα πείραμα να ελέγξει το κύρος της υπόθεσής του. Ανάλογα πράττει ο γιατρός ή ο νομικός οι οποίοι από μία γενική κατηγορία (νόσων, διατάξεων νόμου) έρχονται σε μία συγκεκριμένη περίπτωση για ελέγξουν την ακρίβεια των διαπιστώσεών τους. Με τον ίδιο τρόπο η λογική ανάλυση ακολουθεί αντίστροφη πορεία από την πραγματική. Ενώ η πραγματική ανάλυση κινείται από το όλον στα μέρη, η λογική ανάλυση κινείται από το ειδικό στο γενικό. Πραγματική ανάλυση κάνει ο χημικός αναζητώντας τα συστατικά μέρη μιας ουσίας ή ο βιολόγος που ανατέμνει ένα έμβιο ον στα μέρη του με σκοπό να τα μελετήσει διεξοδικά. Στην πραγματική ανάλυση ένα πραγματικό όλον αναλύεται στα μέρη του στην προσπάθεια για επιστημονική διεύθυνση στο βάθος της ουσίας του. Λογική ανάλυση κάνει ο φυσικός, που, ξεκινώντας από συγκεκριμένα και αντιφατικά πολλές φορές δεδομένα και παρατηρήσεις, προσπαθεί να συλλάβει κάτι απλό και γενικό: το νόμο που τα διέπει. (Κατσιμάνης, Βιρβιδάκης 2003 -βιβλίο Φιλοσοφίας Γ' Λυκείου επιλογής, ΟΕΔΒ).

Πρόσφατες μελέτες στη φιλοσοφία της Χημείας φαίνεται να έχουν επικεντρωθεί σε τρεις κύριους τομείς ενδιαφέροντος (Harré, Llored 2013).

1. Τη Μερεολογία (Mereology) -οι κανόνες για την άρθρωση συνεκτικών και συνεπών συζητήσεων που αφορούν αναφορά σε μέρη και σύνολα. Οι μελέτες της μερεολογίας σχετίζονται με τις έρευνες για το ρόλο των διαρθρωτικών εννοιών στη Χημεία και με διερευνήσεις της οργάνωσης της ιεραρχικής εξήγησης στα συστήματα (Needham 2006, Harré και Llored 2011). Αυτό το ζήτημα εμφανίστηκε πρώτα σε σχέση με τον ισχυρισμό ότι η Χημεία θα μπορούσε να αναχθεί στη φυσική, και τις συζητήσεις σχετικά με το τι αυτός ο ισχυρισμός θα μπορούσε ενδεχομένως να

σημαίνει.

2. Την Αιτιότητα -την ποικιλία των αιτιακών εννοιών που εμφανίζονται σε χημικές συζητήσεις. Οι μελέτες της αιτιότητας στη Χημεία σχετίζονται με τις αναλύσεις εννοιών όπως οι προδιαθεσιακές ιδιότητες και οι παροχές δυνατοτήτων (affordances).

3. Την Ταξινομία -ιδίως της υποκείμενης μεταφυσικής του Περιοδικού Πίνακα, όπως έχει αναπτυχθεί κατά τη διάρκεια του περασμένου αιώνα (Scerri 2005, 2007).

Παρατίθενται κατωτέρω δύο ιστορικά παραδείγματα:

Ο Karl Popper, κατά την ομιλία του το 1986 στη Βασιλική Εταιρεία, η οποία ομιλία επιγραφόταν ως «Οκτώ λόγοι που η Βιολογία δεν μπορεί να αναχθεί στη Φυσική», ανέφερε για 4^ο λόγο «διότι η Βιοχημεία δεν μπορεί να αναχθεί στη Χημεία». Αυτό το γεγονός προκάλεσε επεισόδιο μεταξύ του ομιλούντα φιλοσόφου και του Νομπελίστα Max Perutz. Ο Perutz -που είχε τιμηθεί με Νόμπελ για την αποσαφήνιση της δομής της αιμοσφαιρίνης- είχε θέσει ως έργο της ζωής του, ουσιαστικά, την απόδειξη αυτής της σχέσης ανάμεσα στη Βιολογία και τη Χημεία. Μερικές εβδομάδες αργότερα δημοσίευσε μία απάντηση στον ισχυρισμό του Popper παρουσιάζοντας τις διαφορές στη μοριακή δομή της αιμοσφαιρίνης, που επηρεάζουν την ικανότητά της για μεταφορά οξυγόνου, ανάμεσα στην καμήλα που ζει σε χαμηλό υψόμετρο και στο λάμα που ζει σε μεγάλο υψόμετρο όπου ο αέρας είναι αραιότερος. Τα ανωτέρω αναφέρονται στο βιβλίο του Steven Rose (1997) «*Μονοπάτια της Ζωής –Βιολογία, Ελευθερία, Ντετερμινισμός*».

Περισσότερο από 15 χρόνια μετά, το 2002, η δομή της αιμοσφαιρίνης εμφανίζεται ξανά σε φιλοσοφική/επιστημολογική επιχειρηματολογία. Αυτή τη φορά σαν κατάλληλο παράδειγμα για να καταδείξει τον αναδυόμενο χαρακτήρα της Χημείας. Σε άρθρο στο περιοδικό *Foundations of Chemistry* το 2002 με τίτλο “Emergence in Chemistry: chemistry as the embodiment of emergence”, ο Pier Luigi Luisi του Ινστιτούτου Πολυμερών της Ζυρίχης επικαλείται τον Sir Francis Crick και τη διαπίστωση που αυτός κάνει, το 1980, στο βιβλίο του “The Astonishing Hypothesis”, ότι δεν υπάρχει τίποτα νέο ή εξωτικό στην έννοια της ανάδυσης, αφού η Χημεία είναι γεμάτη από αυτή. Ο Sir Francis Crick αναφέρει το παράδειγμα του αρωματικού χαρακτήρα του βενζολικού δακτυλίου, ιδιότητα προφανώς απύσχα στο επίπεδο των ατόμων που τον συνιστούν. Ο Luisi αναφέρει και το κλασικό πρόβλημα της προβλεψιμότητας της διαφάνειας του υγρού νερού (Kripke 1972, 1980, Putnam 1975, 1979, 1981) και προχωρά στο δικό του παράδειγμα για τη μυσφαιρίνη και την αιμοσφαιρίνη. Καταρχήν, η ειδική ικανότητα δέσμευσης με την αίμη που διαθέτει η

μυοσφαιρίνη δεν υπάρχει στα απλά αμινοξέα -είναι αναδυόμενη ιδιότητα. Αφετέρου, παρότι μεταξύ των δύο πρωτεϊνών, μυοσφαιρίνης και αιμοσφαιρίνης, υπάρχουν μικρές διαφορές στην αλληλουχία των αμινοξέων στην πεπτιδική αλυσίδα, η αιμοσφαιρίνη αποτελείται από τέσσερις αλυσίδες που συνεργάζονται, χαρακτηριστικό που απουσιάζει στην περίπτωση της μυοσφαιρίνης. Η ιεραρχικά ανώτερης πολυπλοκότητας δομή της αιμοσφαιρίνης οδηγεί σε μια ισόθερμη καμπύλη κορεσμού σε οξυγόνο (συναρτήσει της μερικής πίεσης του οξυγόνου) σιγμοειδούς μορφής, ενώ στην περίπτωση της μυοσφαιρίνης με τη μία αλυσίδα η καμπύλη είναι μία κανονική υπερβολή (Κατάκης, Μεθενίτης, Μητσοπούλου, Πνευματικάκης 2002, *Ανόργανη Χημεία Β' -Τα Στοιχεία*, σελ. 72). Βέβαια σε μία a posteriori εξήγηση αιτιότητας από πάνω προς τα κάτω όλα αυτά μπορούν να βρεθούν και να προσδιορισθούν, όπως ακριβώς και οι διαφορές στις καμύλες του Perutz. Είναι όμως δυνατή η a priori προβλεψιμότητα από κάτω προς τα πάνω; Μπορεί κάποιος, με μοναδικά δεδομένα μικρές διαφορές στη σύνθεση των αλυσίδων των δύο πρωτεϊνών, να προβλέψει με ακρίβεια τη διαφορετική τους ικανότητα στη δέσμευση του οξυγόνου, την τόσο σημαντική για την αναπνοή των θηλαστικών (Luisi 2002).

2.5 Η ΓΝΩΣΗ ΓΙΑ ΤΗ ΦΥΣΗ ΤΗΣ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ

Οι εκπαιδευτικοί που διδάσκουν φυσικές επιστήμες καθώς και όσοι ενδιαφέρονται για την αναμόρφωση των Αναλυτικών Προγραμμάτων Σπουδών συμφωνούν ότι ένα καλά δομημένο ΑΠΣ οφείλει να περιέχει στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης (Nature of Science - NOS). Οργανισμοί οι οποίοι έχουν ευθύνη για τη διδασκαλία των Φ.Ε. στις ΗΠΑ όπως ο Αμερικανικός Οργανισμός για την Προώθηση της Επιστήμης (AAAS, 1993) και το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας (NCR, 1996) συμφωνούν ότι η γνώση της Ιστορίας και της Φιλοσοφίας της Επιστήμης (ΙΦτΕ) είναι ένα σημαντικό στοιχείο για τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό (McComas & Olson, 1998). Γενικά με τον όρο Φύση της Επιστήμης περιγράφονται τα χαρακτηριστικά της λειτουργίας των Φ.Ε. καθώς και ο τρόπος με τον οποίο αυτές αλληλεπιδρούν με άλλους κοινωνικούς παράγοντες (Bell, Abd-El-Khalick, Lederman, McComas, Matthews 2001, Lederman, Abd-el-Khalick, Bell & Schwatz 2002). Βασικά στοιχεία της λειτουργίας των Φ.Ε. αποτελούν οι σχετικές φιλοσοφικές θέσεις αλλά και πιο ειδικά ζητήματα όπως: ο τρόπος με τον οποίο λαμβάνονται και ερμηνεύονται τα εμπειρικά δεδομένα, η συγκρότηση-έλεγχος-εξέλιξη των επιστημονικών θεωριών και οι αντιπαραθέσεις αλληλοαναιρούμενων εξηγήσεων με αποτέλεσμα το μετασχηματισμό ή την απόρριψη

θεωριών, και τέλος τα στοιχεία που διακρίνουν την επιστήμη από άλλες δραστηριότητες (Αποστόλου, Κουλαϊδής 2008, Κωνσταντίνου, Παπαδούρης 2008).

Μεγάλο μέρος της συζήτησης στην περιοχή της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών αφορά στον προβληματισμό σχετικά με την προτεραιότητα του περιεχομένου ή της διαδικασίας. Πρέπει να σημειωθεί ότι οι υποστηρικτές της προτεραιότητας των διαδικασιών αντλούν τις ιδέες περί του τι περιλαμβάνεται στη διαδικασία (τυπικά : η παρατήρηση, η διατύπωση της υπόθεσης, το πείραμα, ο έλεγχος κ.λπ.) από μια αντίληψη για μία και μοναδική επιστημονική μέθοδο, η προέλευση της οποίας πρέπει να αναζητηθεί στο θετικισμό.

Οι επιστημονικές μέθοδοι είναι πολλές και είναι ευρηματικές. Πολλά μέσα έχουν υιοθετηθεί στην επιστημονική αναζήτηση για ποικίλους συγκεκριμένους στόχους.

- Ένα μέσο είναι η περιγραφή όπως π.χ. στη μελέτη των ζώντων οργανισμών και την οικοδόμηση της έννοιας του είδους, την περιγραφή της ύλης - υλικών και των ιδιοτήτων τους, των γαλαξιών και του σύμπαντος.
- Ένα μέσο επίσης είναι η μέτρηση, η ανάγκη για όργανα και μονάδες.
- Ένας άλλος τρόπος είναι το πείραμα. Με έλεγχοι και δοκιμές προχωρά κανείς σε συμπεράσματα, αλλά είναι πολλά τα παραδείγματα τα οποία καταδεικνύουν ότι είναι δύσκολο να φθάσει κανείς σε ξεκάθαρες απαντήσεις, αφού πολλά πράγματα μεταβάλλονται ταυτόχρονα.

Ένα σημαντικό μέρος της αξίας του πειραματισμού βρίσκεται στη σύνδεση των φυσικών επιστημών με την τεχνολογία και το ρεαλισμό που απαιτείται για τον πειραματιστή ο οποίος πρέπει να έχει πρακτικές γνώσεις και να εμπιστεύεται τα όργανα που χρησιμοποιεί και τη θεωρία που στηρίζει τη λειτουργία τους.

Οι επιστήμονες μπορεί να ερμηνεύσουν τα ίδια πειραματικά δεδομένα με περισσότερους από έναν τρόπους. Η επιστημονική πρόοδος χαρακτηρίζεται πολλές φορές από την άμιλλα ανάμεσα σε ανταγωνιστικές θεωρίες.

Ο ρόλος των «ευριστικών αρχών», δηλαδή επεξεργασμένων υποθέσεων που παρέχουν βοήθεια στην κατεύθυνση της λύσης ενός προβλήματος, όμως κατά τα άλλα είναι μη επαρκώς αιτιολογημένες και αδύναμες να παρέχουν πλήρη δικαιολόγηση, έχει υπάρξει σημαντικός στην ιστορία της εξέλιξης των επιστημονικών θεωριών (Blanco, Niaz 1997).

Η Φύση της Επιστήμης εκδηλώνεται σε διάφορα θέματα του αναλυτικού προγράμματος των φυσικών επιστημών ως «ευριστικές» καθοδηγητικές υποθέσεις. Τα σχολικά εγχειρίδια, δίνοντας έμφαση όχι μόνο στην εμπειρική φύση της

επιστήμης αλλά υπογραμμίζοντας και τις θεωρητικές υποθέσεις, μπορούν να είναι ιδιαίτερος βοηθητικά στην εννοιολογική κατανόηση. Ο Niaz (2001) εξέτασε έναν αριθμό σχολικών εγχειριδίων Χημείας, γύρω στα τριάντα, στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής και βρήκε ότι ελάχιστα αναφέρονταν στις ερευνητικές υποθέσεις που καθοδήγησαν τους επιστήμονες στις παραπάνω περιπτώσεις ή στις ανταγωνιστικές θεωρίες που υποστήριζαν σύγχρονοι τους επιστήμονες για τα ίδια προβλήματα. Με άλλα λόγια, η επιστημονική πρόοδος δεν εξαρτάται μόνο από τα εμπειρικά δεδομένα, αλλά και από υποθέσεις που καθοδηγούν τους επιστήμονες να αναζητήσουν για τα σχετικά στοιχεία.

Παρατίθενται κατωτέρω σχετικά ιστορικά παραδείγματα:

Ο Thomson και ο Kaufmann προσδιόρισαν την αναλογία m/e στις καθοδικές ακτίνες την ίδια χρονιά (1897). Μόνο ο Thomson όμως είχε την τάση για προβληματισμό που του επέτρεψε το ουσιώδες άλμα στην ιδέα ότι τα σωματίδια στις καθοδικές ακτίνες ήταν ή ιόντα ή ομοιόμορφα φορτισμένα σωματίδια. Έτσι μόνο αυτός θεωρείται ότι ανακάλυψε τα ηλεκτρόνια.

Ο Millikan «ανακάλυψε» το πείραμα της αιωρούμενης σταγόνας λαδιού υπό την καθοδηγητική προϋπόθεση της ύπαρξης ενός στοιχειώδους ηλεκτρικού φορτίου και μέσα από μια προοδευτική μετάβαση διαφόρων «ευριστικών αρχών» -δηλαδή μελέτη φορτισμένων νεφών σταγονιδίων νερού που έκαναν κι άλλοι όπως οι Townsend (1897), Thomson (1898) και Wilson (1903)- που οδήγησαν προοδευτικά τον ίδιο στη μελέτη μεμονωμένων σταγονιδίων και τελικά στο περιβόητο πείραμα.

Οι θετικιστές πρόβαλαν την άποψη ότι ο Dalton οδηγήθηκε στην ατομική του θεωρία από την ανακάλυψη, βασισμένη σε εμπειρικά δεδομένα, του νόμου των αερίων του Gay-Lussac. Σύμφωνα με τον Pauling το 1964 «η ανακάλυψη του νόμου των απλών πολλαπλάσιων ήταν η πρώτη επιτυχία της ατομικής θεωρίας του Dalton. Αυτός ο νόμος δεν προέκυψε με επαγωγική γενίκευση από πειραματικά αποτελέσματα, αλλά τον αντιλήφθηκε από τη θεωρία και μετά ελέγχθηκε από πειράματα». «Για να προσδιορίσει ακριβώς αυτά τα μεγέθη και τα βάρη ο Dalton στράφηκε τελικά στη Χημεία, κάνοντας από την αρχή την υπόθεση ότι, στο περιορισμένο φάσμα των αντιδράσεων που θεωρούσε χημικές, τα άτομα μπορούσαν να συνδυαστούν μόνο ένα προς ένα ή σύμφωνα με κάποιον άλλο απλό λόγο ακέραιο αριθμών. Επιπλέον, το παράδειγμα του Dalton έκανε δυνατή την αφομοίωση του έργου του Richter και φανέρωσε τις δυνατότητες γενίκευσης του. Ακόμη, οδήγησε σε νέα πειράματα, όπως τα πειράματα του Gay-Lussac για τις σχέσεις των όγκων των αερίων και αυτά με τη

σειρά τους αποκάλυψαν και νέες κανονικότητες, τέτοιες που οι χημικοί κάποτε ούτε θα μπορούσαν να ονειρευτούν» (Kuhn 1962).

Το πιο γνωστό βέβαια περιστατικό από την ιστορία της επιστήμης και «επίσημη» αρχή της ιστορίας της Χημείας, είναι το γεγονός ότι μπροστά στα ίδια δεδομένα, ο Lavoisier είδε οξυγόνο, εκεί όπου ο Priestley είχε δει “αποφλογισμένο αέρα” και μέχρι το τέλος της ζωής του αρνήθηκε να παραδεχθεί την άλλη εκδοχή (Kuhn, 1962). Γι' αυτόν που πιστεύει ότι, όπως δείχνουν τα παραπάνω αναφερθέντα και πολλά άλλα παραδείγματα από την ιστορία των επιστημών, οι φυσικές επιστήμες συνίστανται σε μια συνύφανση ιδεών και μεθόδων, προσαρμοσμένων σε κάθε ιδιαίτερη περίπτωση, μια αναζήτηση προτεραιότητας ανάμεσα στο περιεχόμενο και στη διαδικασία, δεν είναι καθόλου ικανοποιητικό πλαίσιο συζήτησης.

Ο K. Popper αναζητώντας τη διατύπωση κανόνων του επιστημονικού ορθολογισμού (Popper 1972), αναγκάστηκε να παραδεχτεί, ότι σε τελευταία ανάλυση η ορθολογική επιστήμη οφείλει την ύπαρξή της στην επιτυχία της: Η επιστημονική μέθοδος εφαρμόζεται, ακριβώς επειδή βασίζεται σε αποκαλυπτική συμφωνία ανάμεσα σε προκατασκευασμένα θεωρητικά μοντέλα και στα πειραματικά αποτελέσματα. Η επιστημονική επανάσταση ξεκίνησε μόλις πριν τρεις αιώνες, ενώ η νεολιθική ιστορία του ανθρώπου κράτησε χιλιάδες χρόνια. Δίνεται η ευκαιρία έτσι να συλλάβουμε την ειδική και κατανοητή σύζευξη τύχης και αναγκαιότητας που τη χαρακτηρίζει. Η επιστήμη εγκαινίασε ένα επιτυχημένο διάλογο με τη φύση. Στην κλασική δυναμική ο χρόνος είναι μια απλή παράμετρος και μέλλον και παρελθόν είναι ισοδύναμα. Είναι αλήθεια ότι η κβαντική θεωρία έχει αναδείξει πολλά νέα προβλήματα διατηρεί όμως ορισμένες θεωρητικές θέσεις της κλασικής δυναμικής ιδιαίτερα σε ό,τι αφορά το χρόνο και το γίνεσθαι. Το ίδιο και η γενική σχετικότητα. Το σύμπαν όμως έχει χαρακτήρα πλουραλιστικό και πολύπλοκο. Δομές εμφανίζονται αλλά και εξαφανίζονται. Μερικές διαδικασίες περιγράφονται ικανοποιητικά με ντετερμινιστικές εξισώσεις, ενώ άλλες επιβάλλουν πιθανοκρατικές περιγραφές.

Η ιδέα πως η χημική δραστηριότητα δεν μπορεί να αναχθεί στη Νευτωνική μηχανική, τονιζόταν από την αρχή. Υπάρχουν εκτενή αποσπάσματα του Ντιντερό πάνω στο θέμα. Πολύ αργότερα ο Νίτσε χαρακτηρίζει γελοίο να μιλάμε για χημικούς νόμους, σαν να ήταν τα χημικά σώματα υποταγμένα σε νόμος παρόμοιους με τους ηθικούς. Στη Χημεία, τόνιζε, δεν υπάρχει εξαναγκασμός, κάθε σώμα κάνει ό,τι του αρέσει. Δεν είναι θέμα «σεβασμού», αλλά συγκρούσεις δυνάμεων, ανελέητης κυριαρχίας του πιο δυνατού πάνω στο πιο αδύνατο (Nickles 1987, Niaz 2009).

Αντίστοιχα στη βιολογία το πρόβλημα της βιολογικής τάξης περιλαμβάνει τη μετάβαση από τη μοριακή δραστηριότητα στην υπέρ μοριακή τάξη του κυττάρου. Αυτό το πρόβλημα κάθε άλλο παρά έχει λυθεί. Συχνά βιολογική τάξη παρουσιάζεται απλώς σαν μια μη πιθανή φυσική κατάσταση που δημιουργήθηκε και διατηρήθηκε από ένζυμα παρόμοια με τον δαίμονα του Μάξγουελ, τα οποία διατηρούν στο σύστημα χημικές διαφορές, όπως ο δαίμονας διατηρεί διαφορές θερμοκρασίας και πίεσης.

«Αν κάποιος με ρωτούσε, πώς πρέπει να ονομαστεί αιώνας μας, θα απαντούσα ανεπιφύλακτα πόσοι είναι ο αιώνας του Δαρβίνου». Η ιδέα της εξέλιξης εξασκούσε μεγάλη έλξη στον Boltzmann και η φιλοδοξία του ήταν να γίνει ο Darwin της εξέλιξης της ύλης. Με την εντροπία και το βέλος του χρόνου νόμιζε πώς τα κατάφερε. Όμως ο Poincaré απέδειξε ότι κάθε κλειστό δυναμικό σύστημα επιστρέφει μέσα στο χρόνο προς την προηγούμενη κατάσταση του. Ο κόσμος της δυναμικής και της κβαντικής είναι αναστρέψιμος (Poincaré 1968). Η εξέλιξη δεν έχει τεθεί σε αυτό τον κόσμο. Είναι πολύ σπουδαίο να εξακριβωθεί ότι μπορεί να υπάρχει ένα εξελικτικό παράδειγμα στη φυσική σε όλα τα επίπεδα. Υπάρχει η προϋπόθεση μιας ελάχιστης πολυπλοκότητας ώστε να λειτουργήσουν οι μηχανισμοί τυχαιότητας, ενδεχομενικότητας και μη αναστρέψιμων συμβάντων. Είναι ιδιαίτερα αξιοσημείωτο πως η αντίληψη προσανατολισμένου χρόνου μεγαλώνει ως το πιο ψηλό είναι το επίπεδο βιολογικής οργάνωσης, με αποκορύφωση την ανθρώπινη συνείδηση. (Prigogine, Stengers 1984, Prigogine 1993, 2003)

«Ο τύπος της πολυπλοκότητας στα βιολογικά συστήματα πολλές φορές κρύβεται πίσω από τις ιδανικές συνθήκες που επικρατούν στο εργαστήριο. Αυτό συμβαίνει γιατί αυτό που κερδίζει η βιολογία από την πολυπλοκότητα είναι μια δύναμη αναπαραγωγής ή μια πιθανότητα να αντεπεξέλθει σε μεταβαλλόμενες συνθήκες περιβάλλοντος που δεν υπάρχουν στο εργαστήριο». (ScienceNews.gr, Αφιέρωμα: «Φυσική και Τεχνητή Πολυπλοκότητα») (βλέπε ΕΠΙΜΥΘΙΟ 2^ο στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ σελ. 307).

Δεν υπάρχει πιο οικείο ρητό από αυτό που λέει ότι αποτελέσματα των πειραμάτων πρέπει να μπορούν να επαναληφθούν. Το πείραμα είναι η δημιουργία των φαινομένων, τα φαινόμενα θα πρέπει να έχουν διακριτές κανονικότητες και έτσι ένα πείραμα που δεν μπορεί να επαναληφθεί έχει αποτύχει στο να δημιουργήσει ένα φαινόμενο. Η λαϊκή θυμοσοφία λέει ότι τα πειράματα πρέπει να μπορούν να επαναληφθούν. Αυτή η πεποίθηση, υποστηρίζουν κάποιοι μεταμοντέρνοι διανοητές,

έχει δημιουργήσει ένα φιλοσοφικό ψευδοπρόβλημα διότι σε γενικές γραμμές κανείς δεν επαναλαμβάνει ένα πείραμα. Τυπικά, οι σοβαρές επαναλήψεις ενός πειράματος αποτελούν προσπάθειες για να γίνει το ίδιο πράγμα καλύτερα - να παραχθεί μια πιο σταθερή, μια λιγότερο θορυβώδης παραλλαγή του φαινομένου. Στην επανάληψη ενός πειράματος χρησιμοποιείται συνήθως διαφορετικό είδος εξοπλισμού. Υπάρχουν περιπτώσεις βέβαια που οι άνθρωποι απλώς δεν πιστεύουν κάποιο πειραματικό αποτέλεσμα και οι σκεπτικιστές προσπαθούν ξανά.

2.6 ΙΔΕΕΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ

Πρόσφατα επιχειρήματα στις Φ.Ε. πρότειναν ότι στις σχολικές επιστήμες πρέπει να δοθεί μεγάλη προσοχή με τη διδασκαλία της φύσης της επιστήμης (Nature of Science - NOS) και στις κοινωνικές της πρακτικές. Όμως, ενώ υπάρχει καλά θεμελιωμένη συμφωνία ως προς το περιεχόμενο των φυσικών επιστημών δεν φαίνεται να υπάρχει ομοφωνία στην ακαδημαϊκή κοινότητα για το ποιες « ιδέες για την επιστήμη» είναι ουσιώδη στοιχεία τα οποία πρέπει να συμπεριληφθούν στο σύγχρονο σχολικό πρόγραμμα σπουδών. Επομένως υπάρχει λόγος να διερευνηθεί εμπειρικά ο βαθμός ομοφωνίας σε αυτό το ζήτημα. Η έρευνα μπορεί να παράσχει ενδείξεις για το ποια θέματα η ακαδημαϊκή κοινότητα των ειδικών (στην άσκηση ή τη διδασκαλία της επιστήμης) θεωρεί σημαντικά να αντιλαμβάνεται γύρω από την επιστήμη (επιπρόσθετα από την επιστημονική γνώση του περιεχομένου) ο μέσος μελλοντικός πολίτης στο τέλος της τυπικής εκπαίδευσης (Giere 1988, 1991, Osborne, Collins, Ratcliffe, Millar, Duschl 2003). Η ανάγκη για τέτοιες μελέτες βασίζεται στην κυρίαρχη τάση στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών για μια πιο αποτελεσματική συμμετοχή στην προετοιμασία στην «ιδιότητα του πολίτη του 21^{ου} αιώνα - citizenship» (American Association for the Advancement of Science 1993, 1998, Millar & Osborne 1998).

Ενώ υπάρχει γενική αποδοχή ότι η τυπική εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες πρέπει να αποτελεί ένα ουσιώδες και υποχρεωτικό συστατικό μέρος της εκπαίδευσης κάθε νέου ανθρώπου, δεν έχει γίνει ουσιαστική προσπάθεια να αναπτυχθεί ένα πρόγραμμα σπουδών συμβατό με αυτή τη συστημική επιταγή. Μάλλον τα μαθήματα Φυσικών Επιστημών έχουν προσαρμοσθεί σε προγράμματα σπουδών ουσιωδώς επινοημένα ως βασική και θεμελιώδης μελέτη για εκείνους που θα γίνουν η επόμενη γενιά επιστημόνων. Όμως η θέση των Φυσικών Επιστημών, ως βασικό μάθημα στο σχολικό εκπαιδευτικό πρόγραμμα, μπορεί να αιτιολογηθεί αν προσφέρει γνώση

γενικής αξίας σε όλους, παρά ως ακαδημαϊκή επιστήμη για μια μειονότητα (εκείνων που θα ακολουθήσουν επιστημονική σταδιοδρομία). Μαθήματα Φυσικών Επιστημών τα οποία δίνουν σπάνια ή/και σιωπηρή επεξεργασία για τη φύση, τις μεθόδους και τις διαδικασίες της επιστήμης, έχουν σαν αποτέλεσμα οι περισσότεροι μαθητές να εγκαταλείπουν το σχολείο με αφελή ή/και περιορισμένη αντίληψη για την επιστήμη (Driver, Leach, Millar & Scott 1996). Πολλοί όμως έχουν υποστηρίξει ότι ακριβώς αυτή η κατανόηση για τη φύση της επιστήμης είναι ουσιώδης για την εκπαίδευση και οφείλει να είναι ένα αναπόσπαστο και ανεξάρτητο στοιχείο κάθε σύγχρονου μαθήματος Φυσικών Επιστημών (Fuller 1997, Millar 1996, Ziman 2000).

Στις περισσότερες κοινωνίες, η κανονιστική άποψη για το τι είναι σημαντικό και προέχον σε ένα συγκεκριμένο πεδίο καθορίζεται από την ακαδημαϊκή κοινότητα. Όμως, η σύγχρονη ακαδημαϊκή μελέτη θα πρότεινε ότι η φύση της επιστήμης (NOS) είναι ένα αμφισβητούμενο πεδίο (Laudan 1990) με πολύ μικρό βαθμό συμφωνίας σε οιαδήποτε άποψη που θα μπορούσε να συμπεριληφθεί στη σχολική επιστήμη. Επομένως, αν και υπάρχει γενική συμφωνία ότι θα έπρεπε να διδάσκουμε στους μαθητές στοιχεία από την φύση της επιστήμης, υπάρχει σημαντική διαφωνία για το ποια εκδοχή της φύσης της επιστήμης πρέπει να ενταχθεί στη διδασκαλία. Παράδοξα, και παρά τα εμπόδια, μια σειρά προγραμμάτων σπουδών διεθνώς όπως τα Benchmarks for Science Literacy της American Association for the Advancement of Science (1993) και άλλα σε χώρες όπως: Νέα Ζηλανδία, Καναδά, Ηνωμένα Βασίλειο και Αυστραλία (McComas. & Olson 1998), φαινομενικά παρουσιάζονται να έχουν καταφέρει κάποιο βαθμό συμφωνίας στον καθορισμό του τι πρέπει να διδαχθεί γύρω από τη φύση της επιστήμης. Πράγματι όμως αυτά τα ντοκουμέντα αντιπροσωπεύουν μια ομοφωνία/συναίνεση ή το είδος του συμβιβασμού το οποίο είναι συχνά το προϊόν αναφορών που παράχθηκαν από επιτροπές; Παρουσιάζουν τον ελάχιστο κοινό παρανομαστή γύρω από το ό,τι είναι δυνατόν να συμφωνηθεί αντί για ένα συνεκτικό απολογισμό της φύσης της επιστήμης.

Αυτή η αβεβαιότητα και η έλλειψη εμπειρικών ενδείξεων για το ποια είναι η συναίνεση αποτέλεσε κίνητρο να διερευνηθεί ο βαθμός συμφωνίας μεταξύ των επιστημόνων, εκπαιδευτικών, παιδαγωγών, φιλοσόφων και κοινωνιολόγων της επιστήμης και ειδικών στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών και της Χημείας για το ποιες είναι οι όψεις της φύσης της επιστήμης οι οποίες αποτελούν ένα ουσιώδες μέρος/χαρακτηριστικό που πρέπει να συμπεριληφθεί στο πρόγραμμα σπουδών της σχολικής επιστήμης. Κατά βάση το ενδιαφέρον εστιάζόταν στο να συμβάλει προς την

κατεύθυνση επίλυσης της γνωστής και εμφανούς διχοτόμησης των επιστημικών προσεγγίσεων μεταξύ της ακαδημαϊκής και της εκπαιδευτικής κοινότητας η οποία δημιουργεί σύγχυση στις επιλογές για το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών των Φυσικών Επιστημών και της Χημείας.

Η διδακτική των Φυσικών Επιστημών και της Χημείας αποπειράται να διαχειριστεί τρεις αντικρουόμενες απαιτήσεις, ένα «τρίλημμα». Καταρχάς να επιδείξει την τρομερή απελευθερωτική δύναμη που προσφέρει η επιστήμη -ένα συνδυασμό συναρπαστικότητας και ικανότητας ανακάλυψης και δημιουργίας νέας γνώσης και χειραφέτησης από τις αλυσίδες της δοτής «σοφίας». Από τη δεκαετία του 1960 ακόμη το πρόγραμμα σπουδών Φυσικών Επιστημών Nuffield στη μεγάλη Βρετανία ισχυριζόταν ότι προσέφερε την ευκαιρία στο μαθητή να γίνει επιστήμονας για μια μέρα. Πρόσφατα ενσωμάτωσε τις προσδοκίες της Αμερικανικής εκπαιδευτικής μεταρρύθμισης ότι όλοι μαθητές σε όλα τα επίπεδα έπρεπε να έχουν την ευκαιρία να αναπτύξουν την ικανότητα να σκέπτονται και ενεργούν με τρόπους που συνδέονται με την επιστημονική έρευνα (National Academy of Science 1995).

Ειρωνικά, όπως έδειξε ο Kuhn (1962) στην ανάλυση του για την κουλτούρα της επιστήμης, ο μηχανισμός της επιστήμης για την επίτευξη των σκοπών της έγκειται, αντιθέτως, σε μια «δογματική» εκπαίδευση στην οποία οι μαθητές/φοιτητές πρέπει να δεχτούν ότι τους λέγεται αδιαμφισβήτητα, αδιαπραγμάτευτα και αναντίρρητα. Το γεγονός αυτό αποτελεί το δεύτερο χαρακτηριστικό του «τριλήμματος». Μια τέτοια εκπαίδευση αγνοεί και αποκρύβει τη φύση της επιστήμης. Συνεπώς μόνο οι φοιτητές που αρχίζουν να γίνονται εξασκούμενοι επιστήμονες αποκτούν μια πιο διάφανη εικόνα της επιστήμης. Ακόμα και τότε οι κανονιστικές αξίες και πεποιθήσεις που κυριαρχούν στο πεδίο της εξάσκησης τους παραμένουν αδιαμφισβήτητες. Ακόμα πιο σημαντικό όμως είναι ότι μια τέτοια επιστημονική εκπαίδευση αγνοεί το τρίτο χαρακτηριστικό του «τριλήμματος»: Την απαίτηση να παρέχει στους μαθητές της μια εικόνα της εσωτερικής λειτουργίας της επιστήμης την ώρα που εργάζεται (Latour, Woolgar 1986). Τέτοια γνώση είναι απαραίτητη για το μελλοντικό πολίτη που θα πρέπει να εκφέρει κρίσεις για νέες επιστημονικές ανακαλύψεις και εφαρμογές. Σε μια κοινωνία όπου η επιστήμη εισχωρεί όλο και περισσότερο στο δημόσιο διάλογο, ένας βαθμός κατανόησης των υπόρρητων επιστημικών αξιών, μεθόδων και θεσμικών διαδικασιών, είναι ουσιώδης για τον πολίτη για να αντιμετωπίσει τα μεγάλα ζητήματα της σύγχρονης κοινωνίας.

Κατά συνέπεια μπορεί κανείς να ισχυριστεί, σύμφωνα με την ανωτέρω αναφερθείσα σύγκρουση/διχοτόμηση μεταξύ της ακαδημαϊκής και της εκπαιδευτικής κοινότητας, ότι η επιστημονική εκπαίδευση είναι «εχθρός» της επιστήμης αφήνοντας πάρα πολλούς μαθητές με μια συγκεχυμένη ιδέα της σημασίας αυτών που διδάχθηκαν (έμαθαν;), με μια αμφίσημη ή αρνητική στάση απέναντι στο ίδιο το αντικείμενο και με μια ανεπαρκή διανοητική κατάρτιση να εκτιμήσουν τους ισχυρισμούς της επιστήμης και των επιστημόνων κριτικά. Η θεραπεία αυτής της αδυναμίας απαιτεί έναν επαναπροσανατολισμό και επανατοποθέτηση των σκοπών και των στόχων της εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες και έναν επαναπροσδιορισμό για το ποιές ιδέες γύρω από την επιστήμη θα μπορούσαν να είναι σημαντικές για να τις γνωρίζει ο μελλοντικός πολίτης. Αυτό το γεγονός με τη σειρά του απαιτεί κάποιο βαθμό συμφωνίας, παροχή συναίνεσης και ομοφωνίας σε κάποιου τύπου κανονική εκδοχή των διαδικασιών των πρακτικών της επιστήμης και ποια στοιχεία αυτά νοούνται ουσιώδη για να περιληφθούν σχολικό αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών.

2.7 Η ΔΙΑΦΙΛΟΝΙΚΟΥΜΕΝΗ ΦΥΣΗ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Μια ιδιότητα που αναδύεται από την εξέταση της μελέτης στο πεδίο της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Επιστημών είναι το γεγονός ότι δεν υπάρχει καλά επιβεβαιωμένη γενική εικόνα για το πώς εργάζεται η επιστήμη, καμία θεωρία της επιστήμης αξία γενική συγκατάθεσης.

Ο Ziman (2000) σχολίασε ότι παρά τις ηρωικές προσπάθειες οι φιλόσοφοι της επιστήμης απλά απέτυχαν να παράγουν έναν ικανοποιητικό ορισμό για την «επιστήμη». Ακόμα και ο απλός αλλά ενημερωμένος παρατηρητής θα έχει σημειώσει ότι οι προηγούμενες δεκαετίες χαρακτηρίστηκαν από μια βίαια δημόσια συζήτηση για τη φύση της επιστήμης η οποία αποκαλέστηκε «the science wars -οι επιστημονικοί πόλεμοι». Επιστήμονες και συγγραφείς όπως οι Sokal and Bricmont (1998), και οι Gross and Levitt (1994) αντέδρασαν ισχυρά στον υπαινιγμό ότι μεγάλο μέρος της ολικής επιστημονικής γνώσης είναι μια κοινωνική κατασκευή (Fearn 2006). Η υπόθεση που εγέρθηκε ενάντια στην επιστήμη ήταν η αντικατάσταση των εννοιών του Popper (1934/1959, 1962, 1972) για μια αντικειμενική πραγματικότητα και την αναζήτηση της αλήθειας από την επιστήμη, με την ιδέα ότι το καλύτερο που μπορεί να κάνει η επιστήμη είναι κοινωνικά προσδιορισμένες θεωρίες που είναι εσωτερικά συνεπείς και συνεκτικές και εργαλειακά βιώσιμες, αλλά δεν έχουν απαραίτητα καμία σχέση με κάποια οντολογική πραγματικότητα (Hacking, 2001).

Στον εκπαιδευτικό χώρο ο πιο γνωστός υπερασπιστής τέτοιων απόψεων είναι ο von Glasersfeld (1986, 1989, 1995), όπως περιγράφεται και από τον Cardellini (2008) .

Μέσα στη φιλοσοφία, παρουσιάστηκε η υπόθεση ότι οι κοινωνικές πρακτικές και πολιτισμικές επιρροές διαμορφώνουν όχι μόνο το περιεχόμενο αυτού που γίνεται αποδεκτό ως επιστήμη (Woolgar 1988, Longino 1990, Latour and Woolgar 1986, Knorr-Cetina 1981, Barnes and Bloor, 1982, Barnes and Shapin (Eds.) 1979, Shapin, 1982, Skinner 1990), αλλά και τη γλώσσα της, για να ισχυριστούν ότι η επιστήμη είναι ένα πολιτισμικά εντοπισμένο και παραγόμενο προϊόν. Αντίλογο διετύπωσαν άμεσα πολλοί όπως ο Fuller (1993).

Αυτές οι απόψεις εγκλείονται και διατυπώνονται σαφώς από τους Latour and Woolgar (1986) στην περίφημη εργασία τους που μελετά τους επιστήμονες κατά τη διάρκεια της έρευνας, όταν λένε ότι «η επιστήμη είναι ένας τύπος μυθιστορήματος όπως κάθε άλλος, ένα αποτέλεσμα του οποίου είναι η επίδραση της αλήθειας, η οποία (όπως όλες οι λογοτεχνικές επιδράσεις) προκύπτει από τα χαρακτηριστικά των κειμένων όπως ο χρόνος και το πρόσωπο των ρημάτων, η δομή, ο τόνος και η χροιά της προφοράς, οι γραμματικές εγκλίσεις κλπ». Άλλες αξιοσημείωτες επιθέσεις στις αξίες οι οποίες υποστηρίζουν την επιστημονική πρακτική αμφισβητούν την επαναληψιμότητα των πειραμάτων (Collins and Pinch, 1993). Ισχυρίζονται ότι επειδή ο πειραματισμός εξαρτάται από την εμπειρία και τη δεξιότητα, δεν μπορεί ποτέ να είναι σίγουρο κατά πόσον το δεύτερο πείραμα έλεγξε τα αποτελέσματα ή την ικανότητα του ίδιου του πειραματιστή, επομένως απαιτεί λογικά περαιτέρω πειραματισμό, στο άπειρο.

Η απάντηση σε τέτοιες κριτικές ήταν οξεία και καυστική. Μια μελετημένη και επεξεργασμένη φιλοσοφικά απάντηση ήρθε από τον Searle (1995). Το βασικό του επιχείρημα είναι ότι οι άνθρωποι δεν κατασκευάζουν την πραγματικότητα αλλά αντίθετα αναπαραστάσεις της πραγματικότητας. Κάθε κοινωνικά κατασκευασμένη πραγματικότητα του X, όμως, οφείλει να έχει συναρμολογηθεί από στοιχεία Ψ, το καθένα από τα οποία με τη σειρά του κατασκευάζεται από στοιχεία Z, και ούτω καθεξής, και ότι αυτή η διαδικασία υποχρεωτικά πρέπει να καταλήγει κάποια στιγμή σε στοιχεία τα οποία δεν είναι θεσμικές κατασκευές. Ένα τετριμμένο επιχείρημα είναι το παράδειγμα του χρήματος, το οποίο αν και το ίδιο είναι μια κοινωνική κατασκευή, το χαρτί με το οποίο είναι φτιαγμένο και ο χρυσός τον οποίο αναπαριστά είναι μέρη της πραγματικότητας.

Θα πρέπει ίσως να τονιστεί εδώ η διάκριση που κάνει ο κριτικός ρεαλισμός μεταξύ της ύπαρξης της πραγματικότητας ανεξάρτητα από εμάς τους ανθρώπους και τη γνώση μας ή την αντίληψή μας για αυτή (Feynman 1985). Αποτυχία στο να γίνει διάκριση μεταξύ της πραγματικότητας και της ιδέας που έχουμε για αυτήν αναφέρθηκε από τον Bhaskar (1997), ως το επιστημικό σφάλμα -epistemic fallacy.

Παρόμοιες δημόσιες αντιπαραθέσεις έχουν γίνει στο εσωτερικό της κοινότητας της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών ανάμεσα στους υποστηρικτές μιας ριζοσπαστικά κonstrουκτιβιστικής άποψης για τη μάθηση και των επικριτών τους. Στο πλαίσιο μιας τέτοιας έντονης δημόσιας αντιπαραθέσης, επομένως, είναι δύσκολο να υποστηρίξει κανείς ότι υφίσταται μια καθιερωμένη συναίνεση για τη φύση των επιστημών, πόσω μάλλον υπόνοια για μια εκδοχή της που θα μπορούσε να παρουσιαστεί στους μαθητές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο:

ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

ΚΑΙ ΣΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ Φ.Ε.

3.1 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΤΩΝ Φ.Ε.

3.1.1 Η εκπαίδευση στις Φ.Ε. στον 21^ο αιώνα σε συνθήκες κρίσης

Το πώς πρέπει να διαμορφωθεί η Εκπαίδευση στον 21^ο αιώνα, στην Ευρώπη και σε ολόκληρο τον κόσμο, αποτελεί αντικείμενο έρευνας και εκτεταμένης συζήτησης/ ανταλλαγής απόψεων τα τελευταία τουλάχιστον δεκαπέντε χρόνια. Το ζήτημα αυτό παραμένει ακόμα ανοικτό, όπως και συναφή ζητήματα που αφορούν στην αναζήτηση κατευθύνσεων, προσεγγίσεων και τελικά εκπαιδευτικών προγραμμάτων και πολιτικών. Ένα άμεσο ερώτημα που ανακύπτει εκτός από το γεγονός ότι η Εκπαίδευση σε όλες της τις διαστάσεις είναι πάντα ένα ζητούμενο ή υπάρχει και κρίση/σύγχυση προσανατολισμού;

Μία προσπάθεια να διερευνηθούν τα παραπάνω ερωτήματα απαιτεί μία, έστω συνοπτική, αναδρομή στις τελευταίες δεκαετίες του 20^{ου} αιώνα, έτσι ώστε να αποσαφηνιστεί κατά το δυνατόν το υπόβαθρο και το πλαίσιο της σημερινής κατάστασης στην Εκπαίδευση, και με αυτό τον τρόπο να θεμελιωθούν οι σύγχρονες προοπτικές.

Η αναδρομή αυτή προφανώς αφορά στον Δυτικό κόσμο, αφού το ενδιαφέρον της διατριβής αυτής εστιάζεται στην Ευρώπη των τελευταίων δεκαετιών, και άρα παραβλέπει τις σχετικές εξελίξεις στον υπόλοιπο κόσμο, ακόμη και την τότε Ανατολική Ευρώπη. Αναφορές σε άλλους χώρους γίνονται μόνο ως αλληλεπίδραση με τις εξελίξεις στην Ευρώπη. Γίνεται αναφορά στον Δυτικό κόσμο γιατί είναι αδύνατο να ειπωθούν οι κοινωνικές διαδικασίες, και ειδικά η Εκπαίδευση στην Ευρώπη, αποκομμένες από τον ευρύτερο Αγγλοσαξονικό χώρο (Η.Π.Α., Καναδά, Αυστραλία, Νέα Ζηλανδία κλπ), αλλά ίσως και από τον Λατινικό χώρο της Ν. Αμερικής, ο οποίος επηρεάζεται από την Ισπανόφωνη και την Πορτογαλική κουλτούρα.

Αναφορά σε συγκεκριμένα Προγράμματα Σπουδών, ή ακόμα και στο ίδιο το περιεχόμενο των σπουδών, δεν έχει προφανώς νόημα λόγω της μεγάλης ποικιλίας και διαφορετικότητας από χώρα σε χώρα. Επομένως, οι διαστάσεις που μπορούν να εξεταστούν είναι οι θεμελιώδεις, οι οποίες υποστηρίζουν, καθορίζουν και επεξηγούν

κάθε εκπαιδευτική επιλογή, δηλαδή: τις εκπαιδευτικές και μαθησιακές θεωρίες, το φιλοσοφικό και επιστημολογικό υπόβαθρο αυτών των θεωριών, καθώς και το κοινωνικό πλαίσιο.

3.1.2 Συνοπτική αναδρομή στον 20^ο αιώνα

Στις δεκαετίες 1950 και 1960 στη Βόρεια Αμερική έγιναν ριζικές εκπαιδευτικές μεταρρυθμίσεις με κίνητρο τον ανταγωνισμό με το τότε σοσιαλιστικό στρατόπεδο και υπό την επίδραση του «Σπούτνικ σοκ». Υπήρξε μεγάλη αναβάθμιση των Θετικών Επιστημών, αφού οι Φυσικές Επιστήμες (Φ.Ε.) είχαν φτιάξει την Ατομική Βόμβα και είχαν κερδίσει τον πόλεμο. Οι Φ.Ε. και η τεχνολογία υποστήριζαν την οικονομική ανάπτυξη και υπόσχονταν ταξίδια στο Διάστημα. *Έπρεπε λοιπόν να υπάρχει αδιάλειπτη και απρόσκοπτη παραγωγή επιστημόνων.* Ακολούθησε σε παράλληλη πορεία η Βρετανία, η Γαλλία, η τότε Δυτική Γερμανία με ιδιαιτερότητες και συνολικά σε μικρότερο ή μεγαλύτερο βαθμό όλη η Δυτική Ευρώπη. Η εκπαιδευτική διαδικασία βασιζόταν στη διδασκαλία σύμφωνα με το Ακαδημαϊκό πρότυπο. Ο δάσκαλος-αυθεντία από την έδρα αποκάλυπτε στους μαθητές την αλήθεια. Ο δάσκαλος θεωρήθηκε φορέας και διαβιβαστής της γνώσης και κατά συνέπεια ο μαθητής περιορίστηκε σε παθητικό δέκτη. Αφετηρία της γνώσης είναι ο δάσκαλος που ωθεί το μαθητή σε μια παθητική αποδοχή των όσων προσφέρονται-κοινοποιούνται. Έτσι, στο παραδοσιακό σχολείο οι γνώσεις παρέχονταν σε μια γνωσιοκεντρική και δασκαλοκεντρική βάση. Το παραδοσιακό μοντέλο μάθησης εστιάστηκε στον εντοπισμό των γνωστικών ανεπαρκειών του μαθητή για την κατηγοριοποίησή του, με τεστ και εξετάσεις ώστε να επιλεγούν οι ικανότεροι για περαιτέρω σπουδές. Οι φιλοσοφικές και επιστημολογικές καταβολές αυτής της προσέγγισης είναι αναγνωρίσιμες. Από τον Πλάτωνα και τον Αριστοτέλη, τον Καρτέσιο, τον Καντ, το Λάϊμπνιτς αλλά και τους Άγγλους εμπειριστές μέχρι το Λογικό Θετικισμό και την ενιαία και μοναδική επιστημονική μέθοδο. Η μέθοδος προσέγγισης των προβλημάτων είναι η αναλυτική, η οποία τα ανατέμνει προοδευτικά σε όλο και απλούστερα τμήματα μέχρι να γίνει δυνατή η ακριβής λογικομαθηματική και ντετερμινιστική (ένα αίτιο συνεπάγεται ένα αποτέλεσμα) επίλυση τους.

Τα γεγονότα της εμπλοκής επιστήμης και επιστημόνων στο Β' Παγκόσμιο Πόλεμο αλλά και μετά, στη χρήση πυρηνικών όπλων ακόμα και στον ανταγωνισμό των δύο στρατοπέδων στα οποία είχε χωριστεί μεταπολεμικά ο κόσμος, η ένταση της χρήσης

της γης με τη χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων, η χρήση χημικών όπλων στον πόλεμο του Βιετνάμ, η εντατικοποίηση της βιομηχανικής παραγωγής με την υπερεκμετάλλευση του ορυκτού πλούτου, η ρύπανση της ατμόσφαιρας, η υποβάθμιση του περιβάλλοντος γενικότερα, αποκαθήλωσε στα μάτια της ανθρωπότητας την καθιερωμένη αξία των επιστημών και της τεχνολογίας. Στο κοινωνικό πεδίο η συσσώρευση του πλούτου, η διεύρυνση των κοινωνικών και οικονομικών αντιθέσεων έθεσαν σε αμφισβήτηση και τις πολιτικές, οικονομικές και κοινωνικές επιστήμες. Οι περιφερειακοί πόλεμοι, η κρίση και η φτώχεια στον αναπτυσσόμενο (τότε τρίτο) κόσμο έφερε ένα νέο καυτό πρόβλημα, το συνεχώς διευρυνόμενο μεταναστευτικό ρεύμα προς τις αναπτυγμένες και πλούσιες χώρες της Δύσης.

Παράλληλα εκείνη την εποχή, επίσης, η Φιλοσοφία των επιστημών περνούσε τη δική της κρίση όταν το 1962 ο T. Kuhn με το βιβλίο του «Η δομή των επιστημονικών επαναστάσεων» συγκλόνισε, για πρώτη φορά μέσα σε πενήντα σχεδόν χρόνια, τα ιερά θεμέλια της επιστήμης: το λογικό θετικισμό και τη μία και ενιαία επιστημονική μέθοδο. Προκάλεσε έτσι την απάντηση του Popper με τη θεώρηση για τον τρόπο ελέγχου της εγκυρότητας των επιστημονικών θεωριών που περιλαμβάνεται στο βιβλίο του «Αντικειμενική γνώση». Στις δεκαετίες που ακολούθησαν μέχρι σήμερα, οι ανάγκες της εποχής της ραγδαίας ανάπτυξης επιστήμης και τεχνολογίας έφεραν την άνθηση της σύγχρονης επιστημολογίας με το πλήθος απόψεων και προσεγγίσεων (Βέϊκος 1980α,β, Παπανούτσος 1984, Μεταξόπουλος 1988, Παπαδημητρίου 1988, Gadamer 1989, Fodor 1990, Κιντή 1995, Μαραγκός 1996, Αυγελής 1998, Habermas 2001, Γαβρόγλου 2004, Ψύλλος 2004, Πελεγρίνης 2007, Σκορδούλης 2008).

3.1.3 Οι εξελίξεις στην εκπαίδευση

Η κρίση στην επιστημολογία και στην ίδια την επιστημονική μεθοδολογία είχαν φυσικά την αντανάκλασή τους στην Εκπαίδευση. Οι νέες εκπαιδευτικές θεωρίες που κατά καιρούς εμφανίστηκαν και επικράτησαν, συνδέθηκαν πάντοτε με τις αντίστοιχες θεωρίες μάθησης, οι οποίες με τη σειρά τους εμπλέκονται με την επιστημολογία (Matthews 1993). Μία εκπαιδευτική παράδοση αναφέρεται στον επιστημονικό ρεαλισμό και υποστηρίζει ότι οι μαθητές πρέπει να αποκτήσουν γνώση που αντιστοιχεί σε ό,τι είναι αληθινό και πραγματικό (Ogborn και Κουλαϊδής 1994). Μία

άλλη προσέγγιση υποστηρίζει την ανάπτυξη της ικανότητας κάθε μαθητή να οργανώνει τον κόσμο της εμπειρίας του, να μαθαίνει και να χρησιμοποιεί αυτό που έμαθε (Driver 1983).

Η Εκπαιδευτική θεωρία του κονστρουκτιβισμού αποτέλεσε το κύριο ρεύμα στην Εκπαίδευση τις τελευταίες δεκαετίες. Το επιστημολογικό του υπόβαθρο βρίσκεται στη φιλοσοφία της μετα-νεωτερικότητας (post modernism) και της αποδόμησης, στις επιστημολογικές απόψεις των Kuhn (1962), Lakatos (1970, 1971), Feyerabend (1975), και των συνεχιστών τους (Παπαδημητρίου 1988, Αυγελής 1998). Παρά τις ετερογενείς απόψεις στους κόλπους του, κοινή βασική θέση είναι η κατασκευή της γνώσης μέσω των εμπειριών. Η σχολή του Ριζοσπαστικού κονστρουκτιβισμού αναπτύσσει μία θεωρία στην οποία η γνώση δεν αντανakλά μία αντικειμενική πραγματικότητα, αλλά μία οργάνωση του κόσμου των εμπειριών (von Glasersfeld 1986). Η σχολή του Κοινωνικού κονστρουκτιβισμού βασίζεται στο Ισχυρό Πρόγραμμα των Κοινωνιολόγων της Επιστήμης της Σχολής του Εδιμβούργου, το οποίο αντιμετωπίζει τη γνώση ως κοινωνική κατασκευή και την επιστημονική εγκυρότητα ως ζήτημα κοινωνικής αποδοχής (Bloor 1976, 1991, Barnes, Shapin 1979, Barnes, Bloor 1981, Bloor 1982, Bloor 1983, Baltas 1992, Bloor 2005). Υπάρχει και ρεαλιστική εκδοχή που παραδέχεται την ύπαρξη ενός πραγματικού φυσικού κόσμου, αλλά αρνείται τη δυνατότητα απόκτησης βέβαιης και αντικειμενικής γνώσης για αυτόν. Στον κονστρουκτιβισμό η διαδικασία της μάθησης αντιμετωπίζεται ως μια ανθρώπινη δραστηριότητα, και η γνώση θεωρείται μια προσωπική και κοινωνική κατασκευή (Herron 1975, Driver, Guesne, Tiberghien 1985, Bodner 1986, Millar & Driver 1987, Tobin 1993, Driver 1994, Driver, Leach, Millar & Scott 1996, Herron 1996, Driver, Newton and Osborne 2000).

Ο εκπαιδευτικός κονστρουκτιβισμός τονίζει την ατομική δημιουργία της γνώσης, την κατασκευή των εννοιών (Osborne & Fryberg 1985, Driver 1989) και τη σημασία της ομάδας για την ανάπτυξη και την επικύρωση των ιδεών (Vygotsky 1978). Υπήρξαν όμως, σημαντικές αντιρρήσεις από την αρχή της εφαρμογής του (Matthews 1993, 1997a,b, 1998, 2000a,b, Ogborn 1997). Αμφισβητείται η κονστρουκτιβιστική προσέγγιση ως προς τη μετάδοση έγκυρης επιστημονικής γνώσης και η προσδοκία για την υιοθέτηση επιστημονικής νοοτροπίας από τους μαθητές, μέσω των ανοικτών διερευνήσεων. Φαίνεται ότι η διαδικασία διερεύνησης των προσωπικών ιδεών μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές στην επανεξέταση και την αμφισβήτηση των ιδεών αυτών, δεν μπορεί όμως να τους οδηγήσει στην ορθή επιστημονική άποψη.

Στην πραγματικότητα στην εκπαίδευση υιοθετήθηκε μία ήπια εκδοχή του εκπαιδευτικού/παιδαγωγικού κονστρουκτιβισμού με το ελκυστικό όνομα *Εποικοδομητισμός* (ενώ μία κανονική απόδοση του όρου *constructivism* στα Ελληνικά είναι ο όρος *κατασκευασιοκρατία*). Αντλεί στοιχεία κυρίως από τους Piaget (1971, 1972), Ausubel (1968), Bruner (1960, 2002), Vygotsky (1978), Bloor (1976, 1981, 1983, 2005), Burbules-Linn (1991), Burbules (2000), Driver (1983, 1985, 1989, 1994), Hodson and Hodson (1998), υποβαθμίζοντας συνήθως το γεγονός ότι ο κονστρουκτιβισμός δεν αποτελεί απλώς μία θεωρία μάθησης και αντίστοιχη εκπαιδευτική θεωρία (Κόκκοτας 1998), αλλά μία ολόκληρη κοσμοθεωρία και μάλιστα μία εκδοχή γνωσιολογικού σχετικισμού.

Ο Εποικοδομητισμός περιορίστηκε κυρίως στις θετικής προαίρεσης συνιστώσες του εκπαιδευτικού/παιδαγωγικού κονστρουκτιβισμού. Δηλαδή, στη διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών και των παρανοήσεων των μαθητών ώστε να επέλθει γνωσιακή σύγκρουση (επιστημολογική ρήξη κατά Bachelard -Tiles 1984) και οι μαθητές να μάθουν το επιστημονικά αποδεκτό. Πρέπει να επισημανθεί η συνεισφορά του Εποικοδομητισμού στην επινόηση διδακτικών πρακτικών που πετυχαίνουν τη συμμετοχή και ενεργοποίηση των μαθητών, όμως η αναζήτηση ορθής επιστημονικής άποψης σε συνδυασμό με τον σχετικισμό του κονστρουκτιβισμού αποτελούν σχήμα οξύμωρο. Ίσως ο Feyerabend με τη δήλωση «όλα ισχύουν», που θεωρήθηκε ακραία, υπήρξε περισσότερο ειλικρινής και συνεπής στις αρχικές του υποθέσεις και παραδοχές.

Ο Εποικοδομητισμός, ενώ επικράτησε σχεδόν πλήρως στους χώρους που αναπτύσσεται η Εκπαιδευτική έρευνα/Διδακτική, δεν πέρασε στην σχολική πραγματικότητα παρά μόνο σε μικρό βαθμό (εξάιρεση ο Αγγλοσαξονικός χώρος κ.α.). Αυτό οφείλεται σε λόγους, όπως η δυσπιστία των μάχιμων εκπαιδευτικών, η ισχυρή παράδοση της καθιερωμένης Ακαδημαϊκής προσέγγισης και η καθημερινή εκπαιδευτική αναγκαιότητα.

Η επικρατούσα κλασική Ακαδημαϊκή θεώρηση στηρίζεται στον Καρτεσιανό ορθολογισμό, στον θετικισμό/επιστημονική μέθοδο και στη μεθοδολογία ελέγχου των επιστημονικών θεωριών του Popper. Παρά τις διάφορες επιμέρους αντιρραλιστικές συνιστώσες μιας τέτοιας προσέγγισης δεν μπορεί σε καμία περίπτωση να θεωρηθεί συνολικά ότι αμφισβητεί τη δυνατότητα γνώσης της φυσικής πραγματικότητας και την αντικειμενικότητα της επιστήμης, τουναντίον ισχύει μάλλον το αντίθετο. Πώς

είναι δυνατόν να συνυπάρχει αυτή η προσέγγιση στο ίδιο εκπαιδευτικό σύστημα με τον γνωσιολογικό σχετικισμό του κονστρουκτιβισμού;

Η αντίφαση αυτή είναι θεμελιώδης και άρα αδύνατον να ξεπεραστεί, με αποτέλεσμα οι σχεδιασμοί και τα προγράμματα καθώς και οι πολιτικές να αποκλίνουν αναπόφευκτα από την εκπαιδευτική σχολική πράξη, οδηγώντας φυσιολογικά σε αδιέξοδο τους όποιους σχεδιασμούς, παρά τα επιμέρους θετικά αποτελέσματα κάθε προσέγγισης.

3.1.4 Η νέα αντίληψη για την εκπαίδευση

Οποιαδήποτε πρόταση για αλλαγή των εκπαιδευτικών προγραμμάτων και την εφαρμογή νέων πολιτικών πρέπει να επιλύσει την ασυμβατότητα των θεωρητικών προσεγγίσεων διότι, αν οι διαφορετικές επιστημολογικές θεωρήσεις συνεχίσουν να συνυπάρχουν, το μόνο που εξασφαλίζεται σίγουρα είναι η δυσλειτουργία του συστήματος (Σκορδούλης και Σωτηράκου 2005).

Πολλοί εκπαιδευτικοί/παιδαγωγοί (educators) πρότειναν μία «πολιτική» συμφωνία. Προκειμένου η Εκπαίδευση στις Φ.Ε. να υπερβεί την κρίση επιλογών που τη δυσχεραίνει, πρέπει να βρεθεί τρόπος να συνεισφέρει αυτή αποτελεσματικά στην κοινωνία, μέσω της ανάπτυξης εκείνων των μεταρρυθμιστικών πρωτοβουλιών που απαιτούνται, ώστε να οδηγηθεί προς τον στόχο του Επιστημονικού Αλφαριθμητισμού ή/και Εγγραμματισμού όλων των πολιτών (Millar 1996, Millar & Osborne 1998). Τα κρίσιμα ζητήματα του 21ου αιώνα είναι αναπόσπαστα συνδεδεμένα με την επιστημονική και τεχνολογική εξέλιξη (Karle 1985). Απαιτείται για τον πολίτη Επιστημονικός και Τεχνολογικός Αλφαριθμητισμός, και μάλιστα με επίγνωση και προσανατολισμό (Altunata 2001). Πολλές πρωτοβουλίες έχουν αναληφθεί σε διάφορες χώρες όπως: Science-Technology-Society and Environment (STSE), Beyond 2000-science education for the future, American Association for the Advancement of Science: Project 2061-science for all Americans, Towards a science curriculum for public understanding, I.O.P. -the post-16 Initiative, A.C.S. Chemistry in Context-applying chemistry to society, UNESCO:Science 2000+ Curriculum κ.ά. Όλες αυτές οι πρωτοβουλίες ξεκίνησαν πρακτικά στην αρχή της δεκαετίας του 1990 και κορυφώθηκαν προς το τέλος της, ενόψει της εισόδου στο νέο αιώνα.

Η απήχηση αυτών των πρωτοβουλιών είναι μεγάλη (και στην Ελλάδα) και έχουν παρουσιαστεί πολλές ανακοινώσεις σε συνέδρια, άρθρα, εργασίες, βιβλία κ.ά.

(Τσελφές 2001). Την ίδια στιγμή όμως, εμφανίζονται πλήθος εργασιών που διυλίζουν κάθε πιθανή παρανόηση που μπορεί να έχει κάθε μαθητής σε οποιοδήποτε θέμα. Οι εργασίες αυτές παρουσιάζονται συνήθως από νέους επιστήμονες που κάνουν τις μεταπτυχιακές τους σπουδές. Δεν συνιστά κακή πρακτική, αντίθετα έχει συνεισφέρει πολλά στην ειδική διδακτική μεθοδολογία. Καταδεικνύει όμως ότι, κυρίαρχο και σχεδόν αποκλειστικό παράδειγμα στους χώρους όπου αναπτύσσεται η εκπαιδευτική έρευνα εξακολουθεί να είναι ο Εποικοδομητισμός, παρά την διαπιστωμένη από δεκαετίες εγγενή αδυναμία του να προσφέρει περιεχόμενο και όραμα στην Εκπαίδευση (Solomon 1994, Osborne 1996).

Δεν είναι δυνατόν όλη η μορφωτική δραστηριότητα στο σχολείο να περιορίζεται μόνο στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, την ίδια στιγμή που ο 21^{ος} αιώνας βρήκε τον πλανήτη μπροστά σε ένα αδιέξοδο όπου το περιβάλλον και η ανθρώπινη ανάπτυξη συνδέονται με μία διαδικασία αλληλοεξαρτώμενης και αλληλοτροφοδοτούμενης κρίσης (Σκορδούλης και Σωτηράκου Μ 2005).

Η Εκπαίδευση στις Φ. Ε. πρέπει και δικαιούται να έχει όραμα, πέρα και πάνω από τις προσωπικές ιδέες και απόψεις ξεχωριστά του κάθε συμμετέχοντα στην παιδαγωγική διαδικασία (ερευνητή, εκπαιδευτικού, μαθητή), οφείλει να έχει τη δική της «επιστημονική» θέση και «πολιτική» άποψη. Οι αυριανοί πολίτες πρέπει να έχουν θεωρητική γνώση και κατανόηση των πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων μεταξύ της Επιστήμης, της Τεχνολογίας, της Κοινωνίας και του Περιβάλλοντος ώστε να μπορούν να αναλάβουν κατάλληλη, υπεύθυνη και αποτελεσματική δράση σε ζητήματα κοινωνικού, οικονομικού, περιβαλλοντικού και ηθικού ενδιαφέροντος που θα αντιμετωπίσουν στη ζωή (Hodson 2003).

3.1.5 Ο επιστημολογικός ρεαλισμός είναι «κοινή λογική»

Τι είναι η «αλήθεια»; Για πολλούς εκπαιδευτικούς/παιδαγωγούς το ερώτημα φαντάζει ξεπερασμένο. Η απόρριψη της «αλήθειας» συμβαδίζει με την απόρριψη του επιστημολογικού ρεαλισμού (Cobern, Loving 2008). Η εκπαιδευτική σκέψη τις τελευταίες δεκαετίες κυριαρχήθηκε από εμπειριστικές, αντιρρεαλιστικές, εργαλειακές (empiricist, anti-realist, instrumentalist) επιστημολογίες δύο τύπων: του ψυχολογικού ή/και του κοινωνικού κονστρουκτιβισμού (psychological and/or social constructivism). Οι υποστηρικτές και των δύο αυτών ρευμάτων εκτιμούν τη γνώση

μόνο για τη χρησιμότητά της (χρηστικότητα/ωφελιμισμός -utilitarianism) και απέχουν από κάθε συζήτηση για το αν η γνώση σχετίζεται πράγματι (αντανακλά, αναπαριστά, αντιστοιχεί κλπ) με τον υπαρκτό κόσμο. Κάθε τέτοιου τύπου προβληματισμός απορρίπτεται ως άσχετος (irrelevant speculation). Τα επιχειρήματά τους στηρίζονται εν πολλοίς στη θέση ότι η επιστήμη είναι «Δυτική», δεν είναι ούτε παγκόσμια ή/και καθολική ούτε σχετίζεται πράγματι με την «αλήθεια». Ο κοινωνικός κονστρουκτιβισμός οδηγήθηκε στη λογική συνέπεια των ισχυρισμών του, δηλαδή σε έναν πολυπολιτισμικό σχετικισμό (relativistic multiculturalism). Σε εντελώς διαφορετική κατεύθυνση υπάρχουν ισχυρά επιχειρήματα υπέρ μίας επιστημολογίας μετριοπαθούς και κριτικού ρεαλισμού (modest critical realism) και της επιστημικά (epistemically) διακριτής όχι προνομακτής (privileged) θέσης της επιστήμης σε ένα πλαίσιο επιστημολογικού πλουραλισμού.

Τα κοινωνικά γεγονότα μετά το 1960 οδήγησαν τους εκπαιδευτικούς/παιδαγωγούς να απομακρυνθούν από τον ρεαλισμό. Η κατανόηση αυτού του κοινωνικού πλαισίου είναι κριτικής σημασίας ώστε να γίνει αντιληπτό το γιατί, οι φιλοσοφικές (Suchting 1992, Slezak 1994, Nola 1997, 2003), οι ιδεολογικές (Gross et al. 1996) και οι επιστημονικές (Sokal and Bricmont 1998) επιθέσεις στις κονστρουκτιβιστικές ιδέες, αποδείχτηκαν ανεπαρκείς υποστηρικτές του επιστημονικού ρεαλισμού. Είναι πολύ γνωστή η περιβόητη “απάτη του Sokal” (Sokal’s Hoax), γνωστού Φυσικού επιστήμονα, ο οποίος δημοσίευσε σε έγκυρο περιοδικό ένα άρθρο (Sokal 1996) μετά από κρίση (peer review). Ο ίδιος αμέσως μετά δημοσίευσε ακόμα ένα άρθρο εξηγώντας ότι έγραφε συνειδητά αντιεπιστημονικές ανακρίβειες, οι οποίες έγιναν ασμένως αποδεκτές από τους εκδότες και τους κριτές του περιοδικού. Η υπόθεση έφτασε το 1996 στα Δικαστήρια και στα πρωτοσέλιδα των μεγαλύτερων εφημερίδων του κόσμου. Παρ’ όλα αυτά, οι εκπαιδευτικοί δεν ήθελαν να ακούσουν τίποτα για τον επιστημονικό ρεαλισμό, ούτε καν αυτοί που δίδασκαν Φυσικές Επιστήμες. Ο άτεγκτος επιστημονισμός (scientism) των προηγούμενων δεκαετιών είχε κουράσει και απορριφθεί.

Το κίνημα για τα Πολιτικά Δικαιώματα (Civil Rights Movement) των Αφρο-αμερικανών στις ΗΠΑ, η αντίθεση στον πόλεμο του Βιετνάμ, η αντίθεση στα αποικιοκρατικά καθεστώτα, ο Μάης του ’68 στη Γαλλία, το φεμινιστικό κίνημα, το κίνημα υπεράσπισης των δικαιωμάτων των ομοφυλοφίλων, κλπ ακολουθήθηκαν από αντίστοιχα κινήματα συνειδητοποίησης των Ιθαγενών στη Βόρεια και Νότια Αμερική, στην Αυστραλία, την Αφρική κ.ά., στις μετα-αποικιακές και

πολυπολιτισμικές προσεγγίσεις, στα κινήματα για την προστασία του περιβάλλοντος κ.ά. Οι παγκόσμιες μεγαλουπόλεις από χωνευτήρια πολιτισμών μεταστράφηκαν σε χώρους όπου οι πολιτισμικές ιδιαιτερότητες είχαν ξεχωριστή αξία. Το βιβλίο του Kuhn έγινε το εγχειρίδιο της διαφορετικότητας και του νόμιμου/θεμιτού (legitimate) δικαιώματος σε αυτήν. Ήταν ένα βιβλίο γέννημα της εποχής του και είχε την απρόσμενη συνέπεια (ο ίδιος ο Kuhn ποτέ δεν την αποδέχτηκε) (Kuhn 1970a,b), της υπονόμησης της προνομιακής θέσης της επιστήμης μέσω της υπονόμησης των επιστημονικών απαιτήσεων για ρεαλισμό (αντιστοίχιση με τον πραγματικό κόσμο) και καθολική/παγκόσμια εγκυρότητα (validity). Η συνέπεια ήταν να αναπτυχθούν Αφροαμερικανικές, Ανατολικές, Ισλαμικές, φεμινιστικές, εναλλακτικές επιστήμες κλπ, μέχρι τοπικές οικοεπιστήμες των ιθαγενών πληθυσμών. Δηλαδή, μία πληθώρα ανταγωνιστών και διεκδικητών σε ισότιμη βάση με τις επιστήμες, μέσα σε μια πολυπολιτισμική και πλουραλιστική κοινωνία.

Πολλοί όμως αμφισβητούν αν αυτά τα εναλλακτικά μοντέλα συμβάλλουν όντως θετικά, ή οδηγούν σε εκπαιδευτική υποβάθμιση και στέρηση της ισχυρής γνώσης από τους μαθητές σε υποβαθμισμένα κοινωνικά περιβάλλοντα.

3.1.6 Γιατί υπάρχουν τα σχολεία

Κατ' αρχήν χωρίς σχολεία κάθε γενιά θα έπρεπε να ξεκινήσει από την αρχή όπως κάθε γενιά ζώων. Οι Emile Durkheim και Lev Vygotsky μας υπενθυμίζουν ότι είναι η ικανότητά μας να ανταποκριθούμε στις παιδαγωγικές απαιτήσεις που μας ξεχωρίζουν από τα άλλα είδη. Όμως, από τη δεκαετία του 1970 οι κριτικοί κοινωνιολόγοι όπως οι Bourdieu, Bowles και Gintis είδαν τον ρόλο του σχολείου κάτω από ένα αρκετά αρνητικό πρίσμα. Έφεραν στο προσκήνιο την ιδέα ότι τα σχολεία αναπαράγουν κοινωνικές ανισότητες, μία ιδέα που κυριάρχησε στην κοινωνιολογία της εκπαίδευσης (Merton 1973, Καζάζη 2000). Μία τέτοια προσέγγιση, παρότι έχει σαφώς στοιχεία αλήθειας, παραμελεί το θεμελιώδες χαρακτηριστικό των σχολείων - τον ρόλο τους στη μετάδοση της γνώσης. Το θέμα είναι ποιός γνώσης. Οι προβεβλημένοι αναλυτές της Αριστεράς από τη δεκαετία του 1970 πάλι, όπως οι Althusser, Bowles, Gintis είχαν την άποψη ότι στα σχολεία διδάσκεται η γνώση των ισχυρών για να μάθει η εργατική τάξη τη θέση της στην κοινωνία. Ο Γάλλος φιλόσοφος Michel Foucault τοποθέτησε τα σχολεία στην ίδια κατηγορία με τα νοσοκομεία, τις φυλακές και τα άσυλα ως ιδρύματα παρακολούθησης και ελέγχου.

Με το να κατατάσσει τα σχολεία στην ίδια κατηγορία με τα ιδρύματα πειθαναγκασμού, του διαφεύγει τελείως το ζήτημα της ιστορίας του πολιτικού αγώνα για μαζική παιδεία και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του σχολικού θεσμού. Το σχολείο είναι πρωταρχικά ένας φορέας μετάδοσης πολιτισμού και γνώσης. Η ιδέα της μετάδοσης της γνώσης βρίσκεται στο κέντρο της κριτικής από τους ερευνητές της εκπαίδευσης, ιδιαίτερα τους κοινωνιολόγους της εκπαίδευσης. Δικαιολογημένα αν πρόκειται για το μηχανικό, μονόπλευρο και παθητικό μοντέλο εκπαίδευσης και τη σχέση του με πολύ συντηρητικές απόψεις για την εκπαίδευση και τους σκοπούς του σχολείου. Σίγουρα, όμως, ο σχολικός θεσμός ως «μεταδότης γνώσης» προϋποθέτει την ενεργό συμμετοχή του μαθητή στη διαδικασία απόκτησης της γνώσης. Συνεπώς, τα σχολεία υπάρχουν για να καταστήσουν τους νέους ικανούς να αποκτήσουν τη γνώση, «όχι τη γνώση των ισχυρών αλλά την ισχυρή γνώση, η οποία για τους περισσότερους δεν μπορεί να αποκτηθεί στο σπίτι ή μέσα στη κοινότητα ή στο κοινωνικό τους περιβάλλον. Γνώση που δεν μπορεί να αποκτηθεί ούτε αργότερα στο εργασιακό περιβάλλον» (Young 2007, 2008).

Αυτή την αλήθεια παραβλέπουν οι κονστρουκτιβιστές θιασώτες του πολυπολιτισμικού σχετικισμού. Τα παιδιά από μη προνομιούχα ή/και μορφωτικώς-κοινωνικώς-οικονομικώς υποβαθμισμένα περιβάλλοντα δεν έχουν, ούτε θα έχουν πιθανώς ποτέ, άλλη ευκαιρία εκτός από τα δημόσια σχολεία για να ακούσουν και να μάθουν κάποια πράγματα για τα επιτεύγματα του ανθρώπινου πνεύματος και της παγκόσμιας πολιτιστικής κληρονομιάς. Είναι το τελευταίο τους δημοκρατικό δικαίωμα, η τελευταία ευκαιρία των φτωχών για Παιδεία και μια άλλη ποιότητα ζωής.

Ο George Steiner, στη «Βαρβαρότητα της άγνοιας», λέει: «Αποδεικνύεται ότι πάνω σ' αυτόν τον πλανήτη το ενενήντα εννιά τοις εκατό των ανθρωπίνων πλασμάτων προτιμούν (και είναι απόλυτο δικαίωμα τους) τη βλακωδέστερη τηλεόραση, τα λαχεία, το Γύρο της Γαλλίας και το ποδόσφαιρο από τον Αισχύλο και τον Πλάτωνα» (Steiner, Spire 1998).

Τι προτείνουν οι κονστρουκτιβιστές κοινωνιολόγοι της εκπαίδευσης; Αντί να αγωνιστούν οι εκπαιδευτικοί να διδάξουν κάτι σημαντικό στα παιδιά, να τα ρωτήσουν να μάθουν τι ξέρουν από το σπίτι τους. Μετά, να διευκολύνουν τα παιδιά να βρουν μέσα τους τη γνώση. Αναμένεται προφανώς από τα παιδιά, χάρις σε όσα ήδη γνωρίζουν από το κοινωνικό τους περίγυρο, να ανακαλύψουν μόνα τους τις ηλιακές

εκρήξεις, το λιώσιμο των πάγων στην Αρκτική, τη δομή του μικρόκοσμου, τις διαφορικές εξισώσεις ή τον Γκαίτε και τον Προυστ.

Η Natacha Polony άντεξε μόλις ένα με δύο χρόνια τη δουλειά της καθηγήτριας στα υποβαθμισμένα προάστια στο Παρίσι. Μετά έγραψε ένα βιβλίο το οποίο έγινε αμέσως πανευρωπαϊκό best-seller «Τα χαμένα παιδιά μας» (Polony 2005). Στο τολμηρό δοκίμιό της η Γαλλίδα εκπαιδευτικός και δημοσιογράφος διαπιστώνει τις ταυτόσημες απόψεις για την εκπαίδευση πολλών σύγχρονων παιδαγωγών. Οι απόψεις αυτές, θαυμάζοντας τους νέους και λατρεύοντας το εφήμερο, υπηρετούν μια χρησιμοθηρική ιδεολογία. Η ιδεολογία αυτή στερεί τους νέους από την πολύτιμη κληρονομιά που συγκροτούσαν τα κλασικά γράμματα, η μέριμνα για τη λογική και τη γλώσσα, η επαφή με τα σημαντικά λογοτεχνικά κείμενα, αλλά και οι αφηγήσεις, οι αξίες, οι κώδικες που δημιούργησαν τον πολιτισμό μας. Είναι αυτοί οι παιδαγωγοί, αναφέρει η συγγραφέας, που στη δεκαετία του '80 έλεγαν ότι τα παιδιά από τις κατώτερες τάξεις δεν μπορούν να μάθουν να διαβάζουν μέσα από κλασικά κείμενα, τα οποία ήταν τόσο απομακρυσμένα από το δικό τους πνευματικό και πολιτιστικό περιβάλλον. Αντί αυτών, πρότειναν ως αναγνώσματα εγχειρίδια χρήσης ηλεκτρικών συσκευών.

Οι εκπαιδευτικοί/παιδαγωγοί μάλλον πρέπει να αναθεωρήσουν τις αντιρρεαλιστικές προσεγγίσεις ότι οι επιστήμες δεν παρέχουν πραγματικά μία παγκόσμια και καθολική, αν και προσεγγιστική, περιγραφή του αντικειμενικά υπαρκτού κόσμου. Βέβαια, οι επιστήμες δεν είναι τέλειες ούτε αλάνθαστες. Αντίθετα, είναι ατελείς και διανεύσιμες με αντικειμενικά κατά το δυνατόν κριτήρια. Οι επιστήμες, επίσης, δεν είναι η μόνη πηγή γνώσης την οποία εκτιμούν οι άνθρωποι. Αξίζει όμως μία διακριτή θέση στις επιστήμες για τα μεγάλα επιτεύγματα και την τιτάνια προσπάθεια για την περιγραφή του κόσμου και των διαδικασιών σε αυτόν. Διακριτή και όχι προνομιακή, όπως ήθελε ο ωφελμιστικός επιστημονισμός του 19^{ου} και του πρώτου μισού του 20^{ου} αιώνα. Άλλα συστήματα πεποιθήσεων πρέπει επίσης να γίνονται σεβαστά και πηγή γνώσης στα πλαίσια ενός επιστημολογικού πλουραλισμού. Η άρνηση του ρεαλισμού αναιρεί την ίδια τη βάση πάνω στην οποία, ενδεχομένως, άλλης πολιτισμικής προέλευσης συνεισφορές στη γνώση μπορούν να συμβάλλουν στη κατανόηση της φύσης και του κόσμου.

Η έλλειψη συνεννόησης, η οποία θα ανταποκρίνεται στον υπαρκτό κόσμο, αναιρεί την όποια δυνατότητα ανάπτυξης πανευρωπαϊκών εκπαιδευτικών πολιτικών. Μία προσέγγιση μετριοπαθούς και κριτικού ρεαλισμού, ο οποίος αποδέχεται την

εξωτερική πραγματικότητα και την πολυπλοκότητά της, προσφέρει μία σταθερή κοινή βάση για την ανάπτυξη τέτοιων πρωτοβουλιών. Η Δία Βίου Μάθηση (Life Long Learning), η Ευελιξία (Flexibility) στην αλλαγή εργασιακού ή άλλου περιβάλλοντος, η αλληλοκατανόηση μεταξύ των λαών και των ανθρώπων, είναι αδιανόητη χωρίς μία ρεαλιστική επιστημολογική/γνωσιακή προσέγγιση.

3.2 ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΣΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

3.2.1 Η επισφαλής φιλοσοφικά θέση της Χημείας ως κεντρικής επιστήμης

Η συμβατική έννοια της Χημείας ως γεφύρωσης μεταξύ της φυσικής και της βιολογίας, είτε είναι αλήθεια είτε όχι, είναι ίσως επιβλαβής για τη διδασκαλία της Χημείας. Το ερώτημα είναι αν η Χημεία μάλλον, παρά οι νόμοι που διέπουν τα φαινόμενά της, μπορεί να αναχθεί στη φυσική. Μια δήλωση από τον Dirac το 1929 (Gavroglou 1997, 2000) έχει κρατήσει τη συγκεκριμένη φωτιά αναμμένη. Μια ιδιοφυΐα της επιστήμης, ειδικά αυτός που ήταν πολύ επιφυλακτικός στις δηλώσεις του, ο Dirac έγραψε ότι «οι θεμελιώδεις νόμοι που απαιτούνται για τη μαθηματική επεξεργασία ενός μεγάλου μέρους της φυσικής και του συνόλου της Χημείας είναι πλέον πλήρως γνωστοί, και η δυσκολία έγκειται μόνο στο γεγονός ότι η εφαρμογή αυτών των νόμων οδηγεί σε εξισώσεις που είναι πολύ περίπλοκες για να λυθούν» (Dirac 1929). Το πρώτο μέρος αυτής της δήλωσης έχει οδηγήσει σε αυτό που είναι γνωστό ως *φυσικαλισμός*, την έννοια ότι το σύνολο της Χημείας παράγεται από τη φυσική.

Οι φιλόσοφοι έχουν συζητήσει το θέμα αυτό επί μακρόν. Μερικά από τα επιχειρήματα που προτάσσονται για την αυτονομία της Χημείας: Για παράδειγμα, προβάλλεται ο ισχυρισμός ότι η κβαντομηχανική δεν μπορεί να αντιπροσωπεύσει τη μοριακή δομή (Bishop 2005). Ακόμη, μερικοί φιλόσοφοι στηρίζουν την αυτονομία της Χημείας με θεωρήσεις, όπως η *ανάδυση-emergence* ή η *επιγένεση-supervenience* (Newman 2008), οι οποίες έχουν την τάση, σύμφωνα με κάποιους (Laszlo 2011), να συσκοτίζουν αντί να αποσαφηνίζουν τη συζήτηση. Η συζήτηση για την ισχύ του φυσικαλισμού έχει ταλαντευτεί εμπρός και πίσω, χωρίς να έχει επιτευχθεί επίλυση, σε τέτοιο βαθμό που κάποιοι ζήτησαν ένα μορατόριουμ: «σχετικά με τη χρήση λέξεων όπως ‘αναγωγή’, ‘επιγένεση’ και ‘ενοποίηση’... Αυτό που χρειάζεται είναι επιστροφή στην παροχή καθαρής αποτίμησης της πρακτικής της Χημείας, σε πολύ λεπτομερείς

μελέτες περιπτώσεων και σε ωπραιτέρω αναλύσεις γι 'αυτές, αντί για διαφωνίες σχετικά με το αν Χημεία μπορεί να αναχθεί στη φυσική, επιγίνεταί σε αυτήν, μπορεί να ενοποιηθεί με αυτήν, και παρόμοιες 'μεταφυσικές' ανησυχίες» (van Brakel 2003).

Ο Περιοδικός Πίνακας των στοιχείων αποτέλεσε τον ακρογωνιαίο λίθο του φυσικαλισμού. Ενώ μπορεί να θεωρηθεί ως η δικαίωση της ρήσης του Dirac (Ostrovsky 2003), μια λεπτομερής εξέταση των αποδείξεων οδηγεί σε πολύ πιο λεπτά συμπεράσματα και υπέρ της αυτονομίας της Χημείας (Scerri 2007a,b). Η ιστορία της επιστήμης μπορεί να δια φωτίσει, αφού η χρονολογική σειρά δίνει σταθερή εμπειρική υποστήριξη για την αυτονομία της Χημείας από τη φυσική. Ο Mendeleev δημοσίευσε τον περιοδικό πίνακα το 1869, ενώ ο Niels Bohr την εξήγησε με κβαντικούς-θεωρητικούς όρους μόνο πολύ αργότερα, μεταξύ 1920 και 1923. Οι χημικοί άρχισαν να χρησιμοποιούν την έννοια του ομοιοπολικού δεσμού μεταξύ ίδιων áτομων στα 1860, ενώ οι φυσικοί δεν ήταν σε θέση να περιγράψουν ακόμα και το μόριο του υδρογόνου μέχρι το 1927 (Heitler και London 1927). Ακόμα μια χρονική υστέρηση από τους φυσικούς είναι μεταξύ της εισαγωγής της έννοιας του ζεύγους ηλεκτρονίων από τους χημικούς, και την επαρκή εξήγησή από αυτούς. Ο Gilbert N. Lewis είχε την ιδέα για αυτή την έννοια κατά τη διάρκεια του Πρώτου Παγκοσμίου Πολέμου (Lewis 1916), και έπρεπε να περιμένει μέχρι την ανακάλυψη του σπιν των ηλεκτρονίων το 1926 για να λάβει τη φυσική της εξήγηση. Αυτή η χρονική υστέρηση μετρήθηκε σε χρόνια και όχι σε δεκαετίες, όπως στις άλλες δύο περιπτώσεις. Υπάρχει όμως, μια σημαντική διαφορά ανάμεσα στην εμπειρική χρήση μιας έννοιας στην οποία κατέφυγαν οι χημικοί στις τρεις αυτές περιπτώσεις, και σε μία πλήρη, ορθολογική εξήγηση της έννοιας.

Αξίζει να αναλυθούν τα σχετικά με τη φύση της χημικής εξήγησης, όπως διακρίνεται από τη φυσική εξήγηση, δεδομένου του καίριου ρόλου της στη διδασκαλία της Χημείας. Ενώ οι φυσικοί δεν είναι αντίθετοι σε ποσοτικούς υπολογισμούς με αρκετά δεκαδικά ψηφία, οι χημικοί περιορίζονται συχνά μόνο σε ημι-ποσοτική ή ποιοτική κατανόηση ενός φαινομένου. Η κβαντική Χημεία έχει παραμείνει δύσπιστη όσον αφορά αυστηρότερες προσεγγίσεις, όπως του Slater (Hendry 2004).

Δύο τελικές παρατηρήσεις σχετικά με τη δήλωση του Dirac για την αναγωγή της Χημείας στη φυσική: (α) είναι συνεπής με μια ιεραρχική κατάταξη των επιστημών, όπως η κλασική κατά τον Auguste Comte, στην οποία η Χημεία είναι πάνω από τη φυσική και έτσι φαίνεται να εξαρτάται από και να καθορίζεται από τη 'θεμελιώδη'

επιστήμη και (β) είναι μη διαψεύσιμη και κατά συνέπεια, αν ακολουθηθεί ο Popper, πρέπει να ακυρωθεί (Popper 1962). Μια στενά συνδεδεμένη με τα ανωτέρω έννοια είναι τα 'θεμέλια' της Χημείας. Είναι μια χρήσιμη έννοια, παρά την ασάφεια της; «Η επιστήμη είναι υπέροχη στην καταστροφή των μεταφυσικών απαντήσεων, αλλά ανίκανη στην παροχή υποκατάστατου σε αυτές. Η Επιστήμη αφαιρεί τα θεμέλια, χωρίς να παρέχει μια αντικατάστασή τους. Είτε το θέλουμε είτε ή όχι, η επιστήμη μας έχει βάλει στη θέση του να πρέπει να ζήσουμε χωρίς θεμέλια. Ήταν συγκλονιστικό, όταν ο Νίτσε το είπε αυτό, αλλά σήμερα είναι κοινός τόπος: η ιστορική μας θέση -και δεν φαίνεται κάποιο τέλος στον ορίζοντα- είναι ότι χρειάζεται να φιλοσοφούμε χωρίς 'θεμέλια'» (Putnam 1987, 1988).

3.2.2 Οι εκπαιδευτικοί σήμερα

Οι άνθρωποι που δίδαξαν Χημεία κατά τη διάρκεια του τελευταίου μισού αιώνα ανήκαν στη συντριπτική πλειονότητά τους στην ομάδα των Baby Boomers (όπως αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία). Αυτή είναι η γενιά που ενηλικιώθηκε κατά τη διάρκεια της Χρυσής δεκαετίας του εξήντα, με νεαρούς στα 20 τους στην εμβληματική χρονία του 1968. Αντί μιας κανονικής πυραμιδικής κατανομής των ηλικιών, οι καθηγητές Φ.Ε. από τη δεκαετία του 1960, παρουσίασαν διόγκωση με κατοχή πολύ πιο πολυάριθμων θέσεων στα σχολεία και τα κολλέγια. Συνέπεσε με μια παγκόσμια εξάπλωση των πανεπιστημίων που ξεκίνησε στις ΗΠΑ, ως απάντηση στο Sputnik και βασίστηκε στο δίκτυο των ερευνητικών κέντρων που ξεκίνησε στη δεκαετία του 1950, επίσης στις ΗΠΑ, σε συνέχεια μιας έκθεσης το 1945 προς τον τότε Πρόεδρο των Ηνωμένων Πολιτειών με τίτλο «Επιστήμη, το Τελευταίο Σύνορο – Science the Ultimate Frontier». Όλη αυτή η γενιά των δασκάλων της επιστήμης κατέλαβαν πλήρως τη σκηνή χωρίς αναγωνισμό από νεότερους ανθρώπους με διαφορετικές προοπτικές. Αυτό το χαρακτηριστικό ηγεμονίας στις θέσεις διδασκαλίας ενθάρρυνε τη συμμόρφωση στο παράδειγμα που επικρατούσε και, έμμεσα, σε κάποιο είδος συντηρητισμού και στην επίτευξη σχετικής ομοιογένειας της ομάδας. Στην νοοτροπία αυτών των Baby Boomers ήταν να έχουν ψηλά στην ιεράρχηση του αξιακού τους συστήματος την προσωπική ικανοποίηση, αλλά δεν είχαν ισόμετρα ψηλά τη δημόσια υπηρεσία ως ένα ηθικό καθήκον. Η προσωπική και η δημόσια σφαίρα είναι αλληλένδετες με τον τρόπο των συγκοινωνούντων δοχείων. Η επέκταση του ενός γίνεται σε βάρος του άλλου. Ως εκ τούτου, αυτές οι γενιές αντιμετώπισαν

τον πειρασμό να ακολουθήσουν την εύκολη διαδρομή για τη διδασκαλία της Χημείας, της αναπαραγωγής δηλαδή, ό, τι ήξεραν από αυτά τα οποία είχαν διδαχτεί. Αυτό ενσωματώνεται χαρακτηριστικά στα υπάρχοντα βιβλία. Τα διδακτικά εγχειρίδια παγκοσμίως, με αξιοσημείωτες εξαιρέσεις, παρουσιάζουν την επιστήμη άκαμπτη και σε συμφωνία με ό,τι επικρατεί κατά τη στιγμή της συγγραφής τους. Έτσι, έχουν την τάση να ανάγουν ένα πρόγραμμα σπουδών σε δόγμα, όπως και την ενσωματωμένη απαξίωσή του. Τα διδακτικά βιβλία και τα προγράμματα σπουδών μετατράπηκαν σε απαρχαιωμένα πολύ πιο γρήγορα απ' ό,τι είχαν προβλέψει οι εκπαιδευτικοί. Πράγματι, μπορούμε να παρατηρήσουμε στη δεύτερη δεκαετία του 21^{ου} αιώνα πολλά βιβλία που μεταφέρουν ακόμη κεφάλαια από τη Χημεία του δέκατου ένατου αιώνα.

3.2.3 Τα βιβλία της Χημείας και οι επιλογές τους

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες, τα διδακτικά εγχειρίδια έχουν τεκμηριώσει κάποιες αλλαγές στη διδασκαλία της Χημείας. Η Χημική επιστήμη έχει υποστεί μια ποσοτική μεταβολή από το 1950. Στη Χημεία έχει σημειωθεί εκρηκτική αύξηση στον αριθμό των δημοσιεύσεων, των διδακτορικών και μεταπτυχιακών διατριβών καθώς και των νέων χημικών ενώσεων και υλικών. Τα εκπαιδευτικά βιβλία δεν μπορούσαν να ακολουθήσουν την εξέλιξη αυτή. Το καλύτερο παράδειγμα είναι τα εγχειρίδια που γράφτηκαν από τον Linus Pauling. Η Γενική Χημεία που εξέδωσε πρώτη φορά το 1941 ήταν 275 σελίδες. Η δεύτερη έκδοση δημοσιεύθηκε το 1953 και ανήλθε σε 710 σελίδες, σημειώνοντας αύξηση κατά 158%. Η τρίτη έκδοση εμφανίστηκε το 1970 και ανήλθε σε 959 σελίδες, μια αύξηση κατά ένα συντελεστή 3,5 σε σχέση με την έκδοση του 1941. Μια απάντηση κοινής λογικής στον πληθωρισμό της χημικής επιστήμης είναι η διδασκαλία της να γίνει πολύ πιο επιλεκτική. Επίσης, η αναγνώριση της εκθετικά αναπτυσσόμενης χημικής γνώσης και της μη πληρότητας των εγχειρίδιων Χημείας συνδέεται στενά με την ανάγκη για ιστορικά επαναλαμβανόμενα μοντέλα διδασκαλίας.

Κατά συνέπεια, δεδομένου ότι τα βιβλία της Χημείας δεν θα μπορούσαν να συμβαδίσουν με την πρόοδο της γνώσης στον εκθετικό ρυθμό της, μια διαφορετική προσέγγιση έπρεπε να επικρατήσει. Αυτή η νεότερη προσέγγιση βασίζεται κατά κύριο λόγο σε εκτιμήσεις μάρκετινγκ. Η νέα αυτή τάση μπορεί να δειχθεί για παράδειγμα με το βιβλίο Φυσικοχημείας του Atkins. Από την πρώτη έκδοση το 1978, με 1.022 σελίδες και με νέες εκδόσεις με κανονικότητα ρολογιού κάθε 4 χρόνια ώστε

να αντιστοιχεί στη διάρκεια της προπτυχιακής εκπαίδευσης, ο αριθμός των σελίδων έχει παραμείνει περισσότερο ή λιγότερο αμετάβλητος, με το χαμηλό των 857 (1986) και ένα υψηλό από 1.149 σελίδες (2002). Οι εκδότες συνειδητοποίησαν ότι ο όγκος του βιβλίου δεν μπορούσε να ακολουθήσει την επέκταση της γνώσης. Συνεπώς, χίλιες σελίδες σήμερα θεωρείται ως το ανώτατο όριο για ένα βιβλίο Χημείας και σε οποιαδήποτε από τις υπο-ειδικότητες. Ως εκ τούτου, κάθε έκδοση έπρεπε να γίνει διαφορετική με μία διαφορετική έμφαση, ό, τι θα μπορούσε κανείς να ορίσει ως την υποκείμενη ιδεολογία της. Δεδομένου ότι ένα μεγάλο μέρος του επιστημονικού αντικειμένου συμπεριλαμβάνεται αναπόφευκτα, και η κάλυψη χρειάζεται να είναι συνεκτική και ολοκληρωμένη, πώς τα σχολικά βιβλία, ως πούμε γενικής Χημείας, οργανικής Χημείας, ή ανόργανης Χημείας, μπορούν να διαφοροποιηθούν το ένα από το άλλο; Αυτό είναι επίσης ένα σημαντικό εμπορικό ζήτημα για τους εκδότες. Οι εκπαιδευτικοί θα συστήσουν ένα βιβλίο για να υιοθετηθεί από τους μαθητές τους, αν τους αρέσει η προσέγγισή του, ο τρόπος με τον οποίο παρουσιάζει το υλικό καθώς και όλα αυτά τα extra multimedia που χρησιμεύουν για να υποστηρίξουν τη διδασκαλία της Χημείας με ένα ελκυστικό τρόπο. Υπάρχει έτσι, ανάγκη κάθε βιβλίο να προτείνει μια κύρια ιδέα, μία «ιδεολογική –φιλοσοφική» προσέγγιση. Αυτό είναι προφανές από την εξέταση μερικών παραδειγμάτων μεταξύ των υπαρχόντων βιβλίων διεθνώς.

Κάποιοι ασπάζονται τον νατουραλισμό για την καταπολέμηση των στερεοτύπων για τη Χημεία ως το βασίλειο του τεχνητού. Η άποψη αυτή πηγαίνει πίσω στο χρόνο μέχρι τον Ρουσσώ, πρεσβεύοντας την επιστροφή στη φύση και στη φυσική τάξη των πραγμάτων. Η συγκεκριμένη ιδέα πάσχει καθώς σε κάποιο βαθμό είναι μία φθαρμένη ιδέα, μία ιδέα που έχει ξεπεραστεί. Δίπολα, όπως το φυσικό-τεχνητό, φύση-πολιτισμός, κλπ., είναι τόσο οικεία και παλιά ώστε να προκαλούν αντανακλαστική απόρριψη εκ μέρους πολλών. Επιπλέον, τέτοιες αντιθέσεις είναι προφανές ότι ισχύουν όλο και λιγότερο, γιατί το κύριο μειονέκτημά τους είναι ότι αποτελούν πια κοινοτοπία που τις καθιστά άνευ λόγου ύπαρξης.

Μια σχετική, αν και πιο πρόσφατη κυρίαρχη ιδέα είναι η περιβαλλοντική-οικολογική. Χρονολογείται από τις τελευταίες δύο δεκαετίες του περασμένου αιώνα. Ως εκ τούτου, είναι πια αρκετά παλιά. Μερικά βιβλία, ωστόσο, επενδύουν στην ευαισθησία των νέων σε οικολογικά θέματα (Schwartz 1999). Πηγαίνοντας στο άλλο άκρο, κάποια βιβλία εξοικειώνουν τους μαθητές με τον καταναλωτισμό, προβάλλοντας την ιδέα της Χημείας για ενημερωμένους καταναλωτές. Η Χημεία επικοινωνίας, επίσης, η

οποία έχει να κάνει με αρώματα και φερομόνες, μεταξύ άλλων, είναι μία σύγχρονη ιδέα, όπως και η μοριακή γαστρονομία.

Μία ακόμη προσέγγιση που έχει αποδειχθεί αποδοτική είναι αυτή που εισάγεται σε εκδόσεις του τύπου «Ο θαυμαστός κόσμος της Χημείας». Απαιτούνται μορφές διδασκαλίας από δασκάλους με ενθουσιασμό στις παρουσιάσεις τους, οι οποίες προκαλούν τα παιδιά να παρακολουθούν τα μαθήματα με μια αίσθηση θαυμασμού, απορίας και έκπληξης. Αυτά τα συστατικά είναι η πραγματική συμβολή του δυτικού κόσμου στη πνευματική ζωή, από την έναρξη της ελληνικής φιλοσοφίας.

Η τελευταία κύρια ιδέα είναι η προσέγγιση «Χημεία, η Κεντρική Επιστήμη». Στηρίζεται στον κατακερματισμό, τόσο της επιστήμης όσο και της μελέτη της σε διακριτά αντικείμενα. Είναι επίσης, ο τίτλος κάποιων εξαιρετικά επιτυχημένων βιβλίων (Bensaude-Vincent, Simon 2008).

Υπάρχει, όμως, ένα μειονέκτημα στην αντίληψη ότι τα σύγχρονα βιβλία της Χημείας πρέπει να προωθούν το καθένα μια κύρια ιδέα. Η υποκείμενη 'ιδεολογία' είναι απλά η ένδυση σε ένα κοινό σώμα ύλης του επιστημονικού αντικειμένου, το οποίο διατηρείται αμετάβλητο. Ενώ αντίθετα, μάλλον πρέπει να επαναπροσδιοριστούν οι στόχοι και το περιεχόμενο σύμφωνα με τις θέσεις που διαμορφώνονται από τη χημική επιστήμη (Bensaude-Vincent 2006).

3.2.4 Εκπαίδευση μάλλον παρά αξιολόγηση για επιλογή

Σύμφωνα με πρύτανη της Ιατρικής Σχολής του Πανεπιστημίου Χάρβαρντ, «τα θέματα που καλύπτονται σε πολλά μαθήματα στη Χημεία, φυσική, μαθηματικά, και ακόμη και τη βιολογία είναι τόσο απόμακρα από την ανθρώπινες βιολογικές αρχές που προσφέρουν μικρή αξία σε προιατρικές σπουδές ή στην προηγμένη ανθρώπινη βιολογία. Μήπως ένας φοιτητής, για παράδειγμα, χρειάζεται πραγματικά ένα πλήρες έτος Οργανικής Χημείας για να προετοιμαστεί για τη μελέτη της Βιοχημείας;» (Dienstag 2008). Αν όχι, η Οργανική Χημεία δεν είναι ένα εκπαιδευτικό εργαλείο, αλλά έχει μάλλον τη θέση ενός εργαλείου επιλογής. Αυτό είναι ένα κοινό μυστικό για δεκαετίες σε όλον τον κόσμο, οι μαθητές έχουν καταφύγει σε μηχανική αποστήθιση, προκειμένου να περάσουν αυτό το εμπόδιο. Θέλουν να μπουν στην ιατρική σχολή, και λίγο ενδιαφέρονται για την πραγματική κατανόηση της Οργανικής Χημείας. Ομοίως, οι ιατρικές σχολές βασίζονται στην Οργανική Χημεία ως εργαλείο της επιλογής. Επειδή, οι γιατροί θα πρέπει να έχουν μια σειρά από πραγματικά

περιστατικά χαραγμένα στις μνήμες τους, για άμεση ανάκτηση σε περίπτωση έκτακτης ανάγκης, η μάθηση δεδομένων στην Οργανική Χημεία έχει υπηρετήσει τον σκοπό ενός τέτοιου "κοσκινίσματος". Στις Αγγλοσαξονικές χώρες και αλλού, η Οργανική Χημεία έχει διδαχθε'ι επί δεκαετίες κυρίως από ένα βιβλίο, αυτό των Morrison και Boyd (1987). Ήδη με την πρώτη εμφάνισή του ήταν πολύ πίσω από την εποχή του, από την αιχμή της έρευνας στην Οργανική Χημεία. Με τον όγκο του βιβλίου να αυξάνεται σταθερά, ως μαρτυρία για τον πληθωρισμό της χημικής επιστήμης, από 948 σελίδες η πρώτη έκδοση και 1.434 στην πέμπτη έκδοση, υποχώρησε στις 1.279 στην έκτη έκδοση.

Πρέπει να αντιμετωπίζονται όλοι μελλοντικοί φοιτητές με τον ίδιο τρόπο όπως οι υποψήφιοι των ιατρικών σχολών; Είναι απλώς η Χημεία εργαλείο για την αξιολόγηση; Η σχολική Χημεία έχει σκοπό πρώτα απ' όλα να εκπαιδεύσει. Ο στόχος της εκπαίδευσης είναι να κατευθύνει και να καθοδηγήσει, έχει καθήκον να εκπαιδεύσει τόσο τους κομφορμιστές, όσο και μη κομφορμιστές νέους ανθρώπους. Οι μη συμβατικοί μαθητές είναι πιθανά φορείς μελλοντικών καινοτομιών και η Χημεία είναι, κατ'εξοχήν, η επιστήμη της καινοτομίας. Η Χημεία προτρέπει σε δύο πράγματα τους μύστες της: την ανάγκη να γνωρίζουν και την ανάγκη να κάνουν κάτι, να δημιουργήσουν. Είναι σημαντικό στη διδασκαλία της Χημείας να δοθεί η δέουσα προσοχή στην αναζήτηση της γνώσης και την ώθηση στην καινοτομία. Είναι εγκληματικό να αποθαρρύνεται τα παραπάνω με διδασκαλία που είναι πολύ δογματική και τυπική.

Ένα παράδειγμα διδακτικής προσέγγισης που θα προωθούσε την πρωτοβουλία και την καινοτομία των μαθητών είναι η ολοκληρωμένη παρουσίαση της Χημείας του νερού. Ξεκινώντας από την ιστορική περιγραφή μίας τυχαίας ανακάλυψης, όπως το επεισόδιο του Johannes Kepler που διάσχιζε τη γέφυρα του Καρόλου στην Πράγα κατά τη διάρκεια μιας χιονοθύελλας. Την προσοχή του τράβηξαν οι νιφάδες χιονιού στο βαρύ παλτό του. Από την εξαπλή συμμετρία των κρυστάλλων πάγου, συνήγαγε ότι τα συστατικά του σωματίδια -τα μόρια του νερού- έπρεπε να είναι κυρτωμένα και όχι ευθεία. Αργότερα, στα τέλη του δέκατου όγδοου αιώνα, η κρυσταλλογραφία θα καταλήξει στο ίδιο συμπέρασμα (βλέπε ΕΠΙΜΥΘΙΟ 2^ο στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ σελ.307). Ποιό μάθημα μεταφέρει για τους εκπαιδευτικούς Χημείας; Από το ίδιο παράδειγμα του νερού είναι να αξιοποιούν και τις προς τα άνω και τα κάτω (top-down) προσεγγίσεις. Αν τεθεί στους μαθητές το θέμα του σχήματος των νιφάδων του χιονιού, και ο διδάσκων συνδυάσει τη χρήση μεγεθυντικού φακού για να

παρατηρήσουν τις νιφάδες χιονιού, τότε θα συζητήσουν αν η H-O-H γωνία είναι πιο κοντά στην ορθή γωνία 90° ή σε μια τετραεδρική γωνία $109^\circ 28'$ και γιατί. Τότε, και η θεωρία VSEPR θα μπορούσε να εισαχθεί, και οι μαθητές να εκτιμήσουν την ταύτιση της προβλεπόμενης με την παρατηρούμενη γωνία. Η συζήτηση, με τους ίδιους top-down τρόπους, θα μπορούσε να στραφεί μετά στη φύση του δεσμού μεταξύ οξυγόνου και υδρογόνου, καθώς και για το πώς η διαφορά πολικότητας μεταξύ αυτών των ατόμων ενισχύει αυτόν τον συγκεκριμένο δεσμό. Σε αυτό το σημείο, θα ήταν ίσως συνετό να ανοίξει, εκ μέρους του διδάσκοντα, όλο το θέμα της μοριακής γεωμετρίας και των πολυεδρικών μορφών. Το πλήρες δυναμικό διδασκαλίας από το παράδειγμα του νερού δεν έχει ακόμα πλήρως αξιοποιηθεί. Ο διδάσκων μπορεί να ενθαρρύνει και πάλι μια bottom-up προσέγγιση, όπου οι μαθητές θα πρέπει να οδηγηθούν να παρατηρήσουν και να σχολιάσουν, ας πούμε, την καθολική χρήση του νερού για τη μεταφορά θερμότητας: σε θερμαντικά σώματα, ως ψυκτικό σε εργοστάσια πυρηνικής ενέργειας, στην ατμομηχανή, στο σπίτι κάθε φορά που ένα καυτό σώμα χρειάζεται να κρυώσει, σε χρήση από τους πυροσβέστες, κλπ. Ο διδάσκων θα μπορούσε να επιστήσει την προσοχή των μαθητών σε άλλες "ανωμαλίες" στις ιδιότητες του νερού ως υγρό: π.χ. ότι τα παγόβουνα επιπλέουν στον ωκεανό, ότι οι παγωμένοι σωλήνες είναι πιθανό να σπάσουν, τα υψηλά σημεία τήξης και βρασμού. Όλες αυτές οι παρατηρήσεις ίσως μπορούσαν να εξορθολογήσουν την έννοια του δεσμού υδρογόνου, η οποία όπως θα επισημάνει ο διδάσκων, είναι μια λογική συνέπεια της πόλωσης του δεσμού υδρογόνου - οξυγόνου. Θα ήταν σημαντικό, στο στάδιο αυτό, οι μαθητές να βρουν από μόνοι τους, ίσως χρησιμοποιώντας προσομοιώσεις σε ηλεκτρονικό υπολογιστή, ότι το νερό έχει στη στερεή του δομή οπές, και ότι οι οπές αυτές μπορούν εν μέρει να γεμίζουν στην υγρή μορφή, εξηγώντας τη διαφορά στις πυκνότητες. Όσο για τη μεταφορά θερμότητας, θα μπορούσε να χρησιμεύσει ως κίνητρο για την εισαγωγή στη θερμοδυναμική και στις καταστατικές συναρτήσεις, όπως η ενθαλπία και η εντροπία. Εν ολίγοις, το παράδειγμα του νερού προωθεί τον προβληματισμό και τη συζήτηση σχετικά με τις μικροσκοπικές, μακροσκοπικές και τις συμβολικές διαστάσεις των ουσιών (Erduran 2005).

3.2.5 Συνδρομή από την Φιλοσοφία της Επιστήμης

Όσον αφορά το πολυσυζητημένο ζήτημα του κοινωνικού κονστρουκτιβισμού, ο Laszlo (2011) αναφέρει ότι η διδακτική αξία του είναι ένα ερώτημα που απασχολεί τα τελευταία χρόνια συγγραφείς εκπαιδευτικών θεμάτων. Απολαμβάνει μία

νομιμοποίηση και τι είδους; Είναι αποτελεσματικός στην τάξη; Μια παραλλαγή παλαιού τύπου εμπειριστικής επιστημολογίας, είναι κατ' ευθείαν ένας σκοταδιστικός γενικευμένος σχετικισμός (Matthews 1993, 1997a,b, Scerri 2003a). Μία πλειοψηφία επιστημόνων, ιδίως χημικοί και μηχανικοί, τον έχουν δίκαια σε χαμηλή εκτίμηση (Vamvakeros et al. 2010)(*). Η χημική επιστήμη, συνεχίζει ο Laszlo (2011) οφείλει ιδιαίτερος να ασπάζεται τη βάση του φιλοσοφικού ρεαλισμού με τον οποίο ο πειραματιστής-παρατηρητής διαχωρίζει και βάζει τον εαυτό του σε μια απόσταση από τα φαινόμενα που μελετήθηκαν (Vamvakeros et al. 2010) (*).

Όσον αφορά στο μερεολογικό ερώτημα, κυρίως αν είναι σωστό ένα μοναδικό μόριο H_2O να αναφέρεται ως νερό (Llored 2010); Ή, με ένα έξυπνο και προκλητικό τρόπο παρουσίασης του ζητήματος, υπάρχει αλάτι στη θάλασσα (Earley 2005); Για να ξεφύγει κανείς από τέτοια ζητήματα, μπορεί να διατυπώσει την ένστασή ότι η Χημική επιστήμη δεν είναι απολογισμός των μακροσκοπικών παρατηρήσιμων υπό τους όρους των μικροσκοπικών συστατικών μερών τους στην κλίμακα των νανόμετρων (Harré και Llored 2009). Το έργο της χημικής επιστήμης είναι να περιγράψει τον Κόσμο 2 (World 2), κατά Popper, αυτόν των μορίων, των συμπλόκων και των συναφών, και όχι τον Κόσμο 1, των αντιλήψεών μας σε μακροσκοπικό επίπεδο. Με τον τρόπο αυτό, ο Χημικός λόγος μπορεί, ίσως, να απαλλαγεί από τα μερεολογικά παράδοξα. Ένα σβώλος χρυσού, ένα δείγμα από θαλασσινό ή ορυκτό αλάτι, ένα λίτρο νερού: αυτές είναι όλες εμπορικές προμήθειες για το εργαστήριο, από διάφορα είδη. Θα πρέπει να διακρίνονται από τα γνήσια αντικείμενα της χημικής επιστήμης, δηλαδή τυπικά τα μόρια. Δεν είναι τόσο ενοχλητικό ότι το $NaCl$ σαν ένα διατομικό μόριο αέριας φάσης φέρει πολύ μικρή ομοιότητα με το $NaCl$ ως κρύσταλλο ή με το $NaCl$ σε υδατικά διαλύματα όπου έχει διασταθεί. Η δομή αυτών των αντικειμένων είναι εξαρτώμενη από το πλαίσιο. Έτσι, η φανταστική πρόσληψη του Κόσμου 2 είναι το έργο της χημικής επιστήμης. Απευθύνει έκκληση για μια επιστημολογική ρήξη μεταξύ καθημερινής εμπειρίας και επιστημονική εμπειρίας, όπως το ονόμασε ο Gaston Bachelard (1884, 1962).

Η Χημεία στην αφήγησή της για τον Κόσμο 2 είναι μία κοσμοθεωρία η οποία δεν μπορεί και δεν πρέπει να είναι απομονωμένη από την κοινωνία (Matthews 2009). Οι καθηγητές της Χημείας πρέπει από την αρχή να τονίσουν το τεράστιο χάσμα μεταξύ του Κόσμου 1 και του Κόσμου 2 (Erduran et al. 2007). Με δεδομένα τα ανωτέρω, είναι η διάκριση μεταξύ χημικών και φυσικών ιδιοτήτων τελικά χρήσιμη (Earley 2003); Από την αρχή της διδασκαλίας, καλό θα ήταν οι μαθητές να εκπαιδευτούν με

τέτοιο τρόπο ώστε να σκεφτούν και να επικεντρωθούν στις αλληλεπιδράσεις, μέσα σε μια αντίληψη του Κόσμου 2 ως κόσμου των συστημάτων (Laszlo 1999, 2000).

3.2.6 Μοριακή Δομή και Μοριακό Σχήμα

Ενώ το μεγαλύτερο μέρος της φιλοσοφικής βιβλιογραφίας σχετικά με τη μοριακή δομή και γεωμετρία είναι γύρω από τον δεσμό, υπάρχουν μια σειρά από σημαντικά ερωτήματα σχετικά με την ίδια την έννοια της μοριακής δομής (Laszlo 2000). Το πρώτο θέμα αφορά τον σωστό ορισμό της μοριακής δομής. Τα συγγράμματα περιγράφουν τυπικά τη δομή ενός μορίου ως τη θέση ισορροπίας των ατόμων της. Η δομή του νερού χαρακτηρίζεται έτσι από γωνίες $104,5^\circ$ μεταξύ των ατόμων υδρογόνου και του ατόμου του οξυγόνου. Αλλά, αυτό είναι μια προβληματική αντίληψη, επειδή τα μόρια δεν είναι στατικές οντότητες. Τα άτομα είναι συνεχώς σε κίνηση, κινούνται με διάφορους τρόπους όπως κάμψη, συστρόφη, κλπ. Ένα δεύτερο ζήτημα σχετικά με τη μοριακή δομή, είναι ακόμη πιο θεμελιώδες: Τα μόρια έχουν όντως τη γεωμετρία που αντιπροσωπεύουν οι συντακτικοί τύποι; Η απάντηση είναι θετική (Laszlo 2000, 2011). Πράγματι, ένας αριθμός έμμεσων πειραματικών τεχνικών, όπως η κρυσταλλογραφία ακτίνων X, η φασματοσκοπία, και η ανάλυση των προϊόντων παρέχουν συγκλίνουσες ενδείξεις όχι μόνο για την ύπαρξη σχήματος, αλλά και για την ύπαρξη ειδικών σχημάτων για συγκεκριμένα μοριακά είδη (βλέπε ΕΠΙΜΥΘΙΟ 1^ο στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ σελ. 305).

Παρά το γεγονός αυτό, η κβαντική μηχανική αποτελεί μια πρόκληση για την έννοια του μοριακού σχήματος. Στις κβαντομηχανικές επεξεργασίες των μοριακών ειδών, το σχήμα δεν φαίνεται να προκύπτει αν δεν τεθούν οι σχετικές προσεγγίσεις (Woolley 1978, Primas 1981). Η διαφορά μεταξύ της κβαντομηχανικής περιγραφής των μορίων και της πιο οικείας χημικής, μπορεί να επιλυθεί με διάφορους τρόπους. Πρέπει να εξαλειφθεί η μοριακή δομή; Η κβαντομηχανική είναι η πιο θεμελιώδης θεωρία και η οντολογία της δεν έχει καμία θέση για τη μοριακή δομή. Επομένως, η μοριακή δομή σε αυτή τη θεώρηση δεν παράγεται άμεσα. Αλλά, κανένας φιλόσοφος ή χημικός δεν έχει επικυρώσει αυτή την επιλογή. Μια άλλη πιθανή λύση είναι μια διαφορετική προσέγγιση προς την υποκείμενη φυσική. Κάτι πρέπει να σπάσει τις συμμετρίες της κυματοσυνάρτησης, δίνοντας έτσι σαφείς θέσεις σε άτομα μέσα στα μόρια. Αυτό μπορεί να είναι οι αλληλεπιδράσεις με άλλα μόρια ή αλληλεπιδράσεις με τις συσκευές μέτρησης. Έτσι, το μοριακό σχήμα εν μέρει αποτελείται από

αλληλεπιδράσεις και είναι μια σχεσιακή, όχι μία εγγενής ιδιότητα (Ramsey 1997). Μια σχετική επιλογή είναι ένα είδος πραγματισμού. Ο Hans Primas (1981) υποστηρίζει ότι μια κβαντομηχανική περιγραφή ενός μορίου πρέπει να είναι μία ολιστική συμπαντική περιγραφή. Στην πραγματικότητα, το σύστημα είναι ανοιχτό και αλληλεπιδρά με οτιδήποτε άλλο στο σύμπαν. Έτσι, το σχήμα του κάθε συγκεκριμένου μορίου θα μπορούσε να είναι το αποτέλεσμα των αλληλεπιδράσεών του με οτιδήποτε άλλο στο σύμπαν. Υπάρχει μόνο το παράδοξο των μορίων που δεν έχουν σχήμα όταν το σύστημα είναι κλειστό, π.χ. ένα μόριο μεθανίου μόνο του στο σύμπαν. Είναι σωστό να αντιμετωπίζονται τα ανοικτά συστήματα σαν κλειστά για πρακτικούς λόγους, αλλά αυτό είναι μια εξιδανίκευση. Ως εκ τούτου, δεν υπάρχει καμία ασυμβατότητα μεταξύ κβαντικής μηχανικής και μοριακής μορφής (Primas 1981). Παρά την απανταχού παρουσία των δομικών αναπαραστάσεων των μορίων, ακόμη και η έννοια του μοριακού σχήματος είναι διαφορούμενη. Η προσέγγιση του Primas, η οποία επισημαίνει την εξιδανίκευση σε πολλά μοντέλα κβαντικής μηχανικής, είναι αποδεκτή από πολλούς χημικούς. Όμως, δεν υπάρχει συναίνεση στη φιλοσοφική βιβλιογραφία σχετικά με το πώς να κατανοηθεί η μοριακή μορφή.

3.2.7 Ουσιοκρατία: Είναι το νερό H₂O;

Ένα αγαπημένο παράδειγμα των φιλοσόφων είναι η θέση ότι το "Νερό είναι H₂O", συχνά θεωρείται ότι είναι αναμφισβήτητη αλήθεια και χρησιμοποιείται ως αποδεικτικό στοιχείο από το σημασιολογικό εξτερναλισμό (externalism) και από την ουσιοκρατία (essentialism) για τα φυσικά είδη (Kripke 1980, Putnam 1975, 1990, Ellis 2001). Όμως, αρκεί μία κοινή ουσιαστική μικροδομή για να εξατομικεύσει τα χημικά είδη και να εξηγήσει τα γενικά χαρακτηριστικά τους; Και αν ναι, είναι το "είναι H₂O" επαρκής δήλωση για να εξατομικεύσουμε το νερό; Η ουσιοκρατική θέση είναι συχνά τυποποιημένη γράφοντας "το νερό = H₂O" ή "(όλα και μόνο) το νερό είναι H₂O". Αγνοώντας το ζήτημα του κατά πόσον η ταυτότητα έχει νόημα (Needham 2000) δεν είναι σαφές ότι η όποια διατύπωση εκφράζει το είδος της θέσης που σκοπεύουν οι ουσιοκράτες. Το "H₂O" δεν είναι μια περιγραφή οποιασδήποτε μικροδομής. Μάλλον το "H₂O" είναι ένας τύπος σύστασης που περιγράφει τις συνδυαζόμενες αναλογίες υδρογόνου και οξυγόνου να γίνει το νερό. Μια λογική παράφραση της πρότυπης διατύπωσης θα ήταν «Το νερό είναι μια συλλογή από μόρια H₂O». Ωστόσο, αν και η έκφραση «μόριο H₂O» περιγράφει μια συγκεκριμένη

μικρο-οντότητα, αυτό σε καμία περίπτωση δεν εξαντλεί τα είδη των μικροσωματιδίων στο νερό, και δεν λέει τίποτα για τη μικροδομή, με την οποία είναι συνδεδεμένα μέσα στο νερό. Πλήρης περιγραφή της μικροδομής του νερού περιλαμβάνει την επεξεργασία των λεπτομερειών αυτής της διασύνδεσης, καθώς και λεπτομέρειες της εξάρτησής τους από τη θερμοκρασία και την πίεση, όπως και το πώς αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Όπως πολλές άλλες ουσίες, η μικροδομή του νερού δεν μπορεί απλά να περιγραφεί ως μια συλλογή από μεμονωμένα μόρια. Παρατίθενται μερικά μόνο παραδείγματα της πολυπλοκότητας της μικροδομής του νερού: Υπάρχει μια συνεχής διάσταση μορίων H_2O σε ιόντα υδρογόνου και υδροξειδίου, και ένας συνεχής ανασυνδυασμός αυτών των ιόντων πάλι σε μόρια H_2O . Την ίδια στιγμή, τα μόρια H_2O συνδέονται σε μεγαλύτερα πολυμερικά είδη. Η σχολαστική αναφορά σ' αυτές τις πολυπλοκότητες γίνεται επειδή αυτοί οι τύποι πολυπλοκότητας συχνά δημιουργούν τα πιο εντυπωσιακά χαρακτηριστικά των ουσιών. Για παράδειγμα, η αγωγιμότητα του νερού οφείλεται σε ένα μηχανισμό "άλματος πρωτονίων", στον οποίο ένα θετικό φορτίο (ιόντων υδρογόνου) προσαρτάται σε ένα σημείο ενός πολυμερικού συμπλέγματος και επάγει μια μεταφορά φορτίου σε όλη την συστάδα, απελευθερώνοντας ένα ιόν υδρογόνου από ένα μακρινό σημείο του συμπλέγματος. Ο δεσμός υδρογόνου που στηρίζει τον σχηματισμό των συστάδων είναι επίσης, στη ρίζα πολλών άλλων διακριτικών ιδιοτήτων του νερού, όπως του υψηλού σημείου τήξεως και σημείου ζέσεως, της αύξησης της πυκνότητας κατά την τήξη, και ούτω καθεξής. Όπως υποστήριξε ο van Brakel (1986, 2000), το νερό είναι ουσιαστικά το παιδί των εν λόγω "μη-μοριακών" ουσιών. Ίσως το νερό δεν είναι απλά μια συλλογή των μορίων H_2O , αλλά έχει σίγουρα μια μικροδομή και ίσως η ουσιοκρατική θέση θα μπορούσε να αναδιατυπωθεί ως εξής: «Το νερό είναι ό,τι έχει η μικροδομή του», συμπεριλαμβάνοντας τις πληροφορίες που θα τη διασώσει από την ταυτολογία. Αλλά, αυτή η θέση εξακολουθεί να υποστηρίζει την ιδέα ότι το «νερό» είναι ένα κατηγορημα που χαρακτηρίζεται από ό,τι ο Putnam αποκαλεί στερεοτυπικά χαρακτηριστικά. Αυτό παραλείπει τη σημασία των μακροσκοπικών αλλά επιστημονικά σημαντικών ιδιοτήτων όπως τα σημεία ζέσεως, οι ειδικές θερμότητες, οι λανθάνουσες θερμότητες, κ.ο.κ, από τις οποίες συνάγεται το μεγαλύτερο μέρος της μικροδομής. Στην πράξη, πολλά από τα κριτήρια που χρησιμοποιούν οι χημικοί για να καθορίσουν την ομοιότητα και την καθαρότητα των ουσιών είναι μακροσκοπικά και όχι μικροσκοπικά. Στην πραγματικότητα, τα διεθνή πρότυπα για τον

προσδιορισμό της καθαρότητας των ουσιών, όπως το νερό, εξαρτώνται από τον προσεκτικό προσδιορισμό των μακροσκοπικών ιδιοτήτων όπως το τριπλό σημείο, δηλαδή τη θερμοκρασία και την πίεση όπου η υγρή, η αέρια, και η στερεά φάση υπάρχουν ταυτόχρονα.

Έτσι είναι το νερό H_2O ; Στο τέλος, η απάντηση στο ερώτημα αυτό καταλήγει στο πώς κανείς ερμηνεύει αυτή την πρόταση (Finney 2004). Πολλοί χημικοί θα εκπλαγούν αν μάθουν ότι το νερό δεν είναι H_2O , αλλά ίσως αυτό είναι επειδή διαβάζουν το " H_2O " ως συντομογραφία (Weisberg 2005) ή ως τον τύπο της σύστασής του. Δεδομένου ότι το νερό στην πραγματικότητα χαρακτηρίζεται κάνοντας αναφορά τόσο στη μικροδομή, όσο και στα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά του, αυτή η θέση ταύτισης νερού και H_2O δεν μπορεί από μόνη της να προσφέρει μια επαρκή αιτιολογία για την ουσιοκρατία.

3.2.8 Αναγωγή της Χημείας

Ένα από τα αιώνια θέματα στη φιλοσοφία της επιστήμης αφορά στις διαθεωρητικές σχέσεις. Στη συζήτηση εάν η βιολογία μπορεί να αναχθεί στις φυσικές επιστήμες ή αν η ψυχολογία μπορεί να αναχθεί στη βιολογία, πολλοί φιλόσοφοι υποθέτουν ότι η Χημεία έχει ήδη αναχθεί στη φυσική. Στο παρελθόν, αυτή η υπόθεση ήταν τόσο διάχυτη που ήταν κοινοτυπία το να διαβάσει κάποιος για "φυσικοχημικούς" νόμους και εξηγήσεις, ως αν η αναγωγή της Χημείας στη φυσική να ήταν πλήρης. Αν και οι περισσότεροι φιλόσοφοι της Χημείας αποδέχονται ότι δεν υπάρχει σύγκρουση μεταξύ των επιστημών της Χημείας και της φυσικής, ωστόσο πιστεύουν ότι μια ισχυρότερη αντίληψη της ενότητας είναι λάθος. Οι περισσότεροι πιστεύουν ότι η Χημεία δεν έχει αναχθεί στη φυσική ούτε είναι πιθανό να γίνει αυτό. Για μια αντίθετη άποψη, βλέπε Le Poidevin (2005), και τους Hendry, Needham (2007), για την ανταπάντηση.

Το ζήτημα της αναγωγιμότητας στη Χημεία, είναι χρήσιμο να εξεταστεί από δύο όψεις: Η πρώτη, και πιο οικεία αφορά τη σχέση μεταξύ των στοιχείων, των ατόμων, και των μορίων με τα θεμελιώδη σωματίδια της φυσικής, δηλαδή αν μπορούν τα ατομικά και μοριακά είδη να αναχθούν στα συστήματα των θεμελιωδών σωματιδίων που αλληλεπιδρούν σύμφωνα με την κβαντομηχανική. Μια δεύτερη, λιγότερο οικεία άποψη αφορά στη σχέση μεταξύ των μακροσκοπικών και μικροσκοπικών περιγραφών των χημικών ουσιών, δηλαδή αν μπορούν οι χημικές ουσίες να αναχθούν σε μοριακά είδη. Εδώ, το βασικό ερώτημα είναι αν όλες οι χημικές ιδιότητες που

έχουν οριστεί μακροσκοπικά μπορεί να επαναπροσδιοριστούν σε σχέση με τις ιδιότητες των ατόμων, των μορίων, και τις αλληλεπιδράσεις τους.

3.2.9 Αναγωγή των Μοριακών ειδών στην Κβαντομηχανική

Ο Scerri (1991, 2004, 2007a,b, 2012) και άλλοι έχουν θέσει υπό αμφισβήτηση τη δυνατότητα της πλήρους αναγωγής των χημικών θεωριών σχετικά με τα άτομα και μόρια στην κβαντική μηχανική. Ο Scerri επισημαίνει ότι οι κβαντομηχανικοί υπολογισμοί των ατομικών φασμάτων που παρουσιάζονται στα σχολικά εγχειρίδια Χημείας, κάνουν πολύ εξιδανικευμένες υποθέσεις σχετικά με τη δομή των πολυηλεκτρονικών συστημάτων. Αυτές οι προσεγγίσεις έχουν κατανοητά κίνητρα σε πραγματιστική βάση. Ωστόσο, δεν επιτρέπουν στην κβαντομηχανική να "ανάγει" προσεγγιστικά χημικά γεγονότα, διότι τα σφάλματα που εισάγονται από αυτές τις προσεγγίσεις δεν μπορούν να εκτιμηθούν (Scerri 1991, 2004b). Περαιτέρω, μία από τις πιο σημαντικές χημικές θεωρήσεις, το μήκος των περιόδων του Περιοδικού Πίνακα, δεν μπορεί να συναχθεί από την κβαντική μηχανική, εκτός εάν εισαχθούν πειραματικά προσδιορισμένες χημικές πληροφορίες (Scerri & McIntyre 1997). Έτσι, υποστηρίζεται ότι ενώ η κβαντική Χημεία είναι εξαιρετικά διαφωτιστική, δεν έχει αναγάγει τη Χημεία στη φυσική.

Αν κάποιος θεωρεί ότι η αναγωγή σημαίνει την εξαγωγή των φαινομένων του υψηλότερου επίπεδου αποκλειστικά από το χαμηλότερο επίπεδο, τότε οι απόψεις σαν του Scerri είναι σωστές. Περισσότερα από 80 χρόνια μετά την ανακάλυψη της κβαντικής μηχανικής, η Χημεία δεν έχει αναχθεί σε αυτήν. Αλλά υπάρχουν δύο πιθανές απαντήσεις σ' αυτό το επιχείρημα. Κατ' αρχάς, οι αναγωγιστές μπορούν να υποστηρίξουν ότι δεν υπάρχουν λόγοι αρχών για το ότι χημικά φαινόμενα δεν έχουν προκύψει από την κβαντομηχανική. Το πρόβλημα είναι η έλλειψη υπολογιστικής ισχύος και κατάλληλων συστημάτων προσέγγισης. Υπάρχουν, επίσης, τα επιχειρήματα που εστιάζουν, τουλάχιστον εμμέσως, στην οντολογία της Χημείας. Μια γνωστή πτυχή της σύγχρονης μεταφυσικής υπερασπίζεται τον φυσικαλισμό, δηλαδή το δόγμα ότι τα πάντα στο σύμπαν είναι φυσική. Αν κάποιος υπερασπίζεται αυτή τη θέση, ένα είδος αναγωγής μπορεί να διατηρείται ακόμη και αν οι χημικές εξηγήσεις και θεωρίες δεν είναι εξαγωγίσιμες από τη φυσική. Κάποιος θα υποστηρίξει ότι η οντολογία της Χημείας μπορεί να αναχθεί στην οντολογία της φυσικής. Ο φυσικός κόσμος απλά αποτελείται από τα θεμελιώδη σωματίδια της

φυσικής. Χημικές οντότητες και οι ιδιότητές τους δεν έχουν καμία ανεξάρτητη πραγματικότητα. Η κατάσταση των επιχειρημάτων για τον φυσικαλισμό και την επιγένεση των πάντων στη φυσική είναι αμφιλεγόμενη κάτω από μία καθαρή προοπτική. Η αποτυχία να εξαχθεί πλήρως η χημική θεωρία από τη φυσική εγείρει ενδιαφέροντα ερωτήματα σχετικά με το δόγμα του φυσικαλισμού. Αν χημικές οντότητες, όπως τα μόρια και ιόντα καταλήγουν να είναι μέρος της φυσικής οντολογίας, θα μπορούσε κανείς να υποστηρίξει ότι αυτό δεν είναι καθόλου μια περίπτωση αναγωγής της Χημείας στη φυσική, αλλά απλά η επέκταση της οντολογίας της φυσικής για να συμπεριλάβει την οντολογία της Χημείας.

Ανεξάρτητες μελέτες της οντολογίας της Χημείας με βάση τη μερεολογία (mereology) έχουν αναληφθεί από διάφορους συγγραφείς (Earley 2005, Harré, Llored 2011). Απευθύνονται σε μια γενική οντολογική διάκριση μεταξύ των οντοτήτων, οι οποίες μπορούν να ειπωθεί ότι υπάρχουν, και καταστάσεις οι οποίες δεν υπάρχουν, αλλά είναι χαρακτηριστικά των οντοτήτων που υπάρχουν. Ο Scerri αμφισβήτησε (2005) με επιχειρήματα ενάντια σε αξιώσεις (Zuo et al. 1999) ότι τα τροχιακά έχουν παρατηρηθεί. Οι Ostrovsky (2005), Schwarz (2007) και οι Labarca, Lombardi (2010), διαφώνησαν με τον ρόλο των προσεγγίσεων στα επιχειρήματα του Scerri. Επιπλέον, και πιο αμφιλεγόμενα, κάποιοι φιλόσοφοι της Χημείας έχουν υποστηρίξει ότι οι χημικές ιδιότητες μπορεί να επηρεάσουν την συμπεριφορά των φυσικών συστημάτων, κάτι ανάλογο με αυτό που οι φιλόσοφοι της νόησης αποκαλούν προς τα κάτω *αιτιώδη συνάφεια* (downwards causation) (Kim 1999). Ο Hendry (2004, 2006a,b) ισχυρίζεται ότι, σε ορισμένες περιπτώσεις, το γεγονός ότι ένα συγκεκριμένο μόριο έχει μία ιδιαίτερη μοριακή δομή δεν μπορεί να εξηγηθεί από τη φυσική. Το πρόβλημα προκύπτει όταν εξετάζουμε την κβαντική μηχανική περιγραφή των συντακτικών ισομερών, δηλαδή των μορίων με τα ίδια άτομα και μοριακό τύπο, αλλά με διαφορετική μοριακή δομή. Για παράδειγμα, ο διμεθυλαιθέρας και η αιθανόλη έχουν την ίδια Hamiltonian, δηλαδή την κβαντομηχανική περιγραφή των ενεργειακών τους ιδιοτήτων. Παρ' όλα αυτά, είναι πολύ διαφορετικά μόρια. Η αιθανόλη είναι εξαιρετικά διαλυτή στο νερό, ενώ ο διμεθυλαιθέρας είναι μόνο μερικώς διαλυτός στο νερό. Η αιθανόλη βράζει στους 78,4° C, ενώ ο διμεθυλαιθέρας βράζει σε 34.6 ° C. Η κατανάλωση αιθανόλης οδηγεί σε μέθη, ενώ ο διμεθυλαιθέρας δεν έχει τέτοιο αποτέλεσμα. Δεδομένου ότι η κβαντική μηχανική δεν μπορεί να μας πει γιατί μια δεδομένη συλλογή ατόμων θα υιοθετήσουν τη μία ή την άλλη μοριακή δομή (και τις

σχετικές χημικές ιδιότητες), ο Hendry (1998, 2006b, 2010a) υποστηρίζει ότι οι χημικές ιδιότητες δεν μπορούν να ανακτηθούν από τις κβαντομηχανικές ιδιότητες.

3.2.10 Αναγωγή των ουσιών στα Μοριακή Είδη

Εξετάστηκαν οι διαθεωρητικές σχέσεις μεταξύ της Χημείας και της φυσικής. Τι γίνεται εντός της ίδιας της Χημείας; Μήπως οι μακροσκοπικές και μικροσκοπικές θεωρίες της Χημείας βρίσκονται σε τέλεια ευθυγράμμιση; Είναι όλες οι μακροσκοπικές ιδιότητες των ουσιών τελικά αναγώγιμες σε μικροσκοπικές ιδιότητες; Με άλλα λόγια, αν έχουμε μια μακροσκοπική περιγραφή της ύλης και μία θερμοδυναμική θεωρία σχετικά με το πώς συμπεριφέρεται, μπορεί όλα αυτά να αναχθούν σε μία μοριακή περιγραφή; Η απάντηση φάνηκε να είναι "ναι" για πολλούς φιλοσόφους και χημικούς, με τους φιλοσόφους της Χημείας να εφιστούν την προσοχή.

Μια απλή πρώτη περίπτωση είναι η θερμοκρασία. Συχνά υποτίθεται ότι η θερμοκρασία ενός αερίου μπορεί να αναχθεί στη μέση κινητική ενέργεια των μορίων του αερίου. Αλλά, μια συγκεκριμένη μέση κινητική ενέργεια είναι *μόνο μία* απαραίτητη προϋπόθεση για μία δεδομένη θερμοκρασία, αλλά όχι επαρκής, γιατί *μόνο σε ισορροπία* τα αέρια έχουν μια καλά καθορισμένη θερμοκρασία (Nagel, 1961). Ο λόγος για αυτό το γεγονός είναι ότι η θερμοκρασία είναι μία εντατική ιδιότητα, πράγμα που σημαίνει ότι σε κάθε σώμα με συγκεκριμένη θερμοκρασία πρέπει όλα τα μέρη του χώρου του να έχουν την ίδια θερμοκρασία. Η κατάσταση αυτή μπορεί να αναπτυχθεί μόνο σε θερμοδυναμική ισορροπία, μια και τότε μόνο τα σώματα έχουν καθορισμένες θερμοκρασίες. Σε απάντηση, η αναγωγική προσέγγιση θα μπορούσε να προτείνει ότι η θερμοκρασία σημαίνει μοριακή κινητική ενέργεια σε θερμοδυναμική ισορροπία. Ωστόσο, αυτή η αντίδραση είναι ανεπαρκής. Η ισορροπία είναι μία μακροσκοπική έννοια, επομένως αυτό δεν θα συνιστούσε μια αναγωγή της έννοιας της θερμοκρασίας. Οι αναγωγιστές θα μπορούσαν συνεπώς να αναζητήσουν μια μικροσκοπική ιδιότητα που αντιστοιχεί στην μακροσκοπική ιδιότητα του να είναι κάτι σε θερμοδυναμική ισορροπία. Η Στατιστική μηχανική θεωρεί ότι η σχετική αντίστοιχη ιδιότητα είναι μια κατανομή της ενέργειας σε σχέση με τα μόρια του αερίου, η οποία περιγράφεται από μια κατανομή Boltzmann. Έτσι, η θερμοκρασία σημαίνει μοριακή κινητική ενέργεια όταν οι μοριακές κινητικές ενέργειες ικανοποιούν την κατανομή Boltzmann. Όμως, η κατανομή Boltzmann εκφράζεται ως

συνάρτηση της θερμοκρασίας, και η πρότυπη κανονική στατιστική απόκλιση απαιτεί προσδιορισμό των μακροσκοπικών (θερμοδυναμικών) συνθηκών, οι οποίες καθορίζουν τη θερμοκρασία του αερίου. Έτσι, η ίδια η έννοια της κατανομής Boltzmann είναι ουσιαστικά συνδεδεμένη με τη μακροσκοπική έννοια της θερμοκρασίας. Δεδομένου αυτού του γεγονότος, λέγοντας ότι η θερμοκρασία "σημαίνει μοριακή κινητική ενέργεια ενός αερίου σε μία κατανομή Boltzmann" είναι μία *κυκλική θέση* και σίγουρα δεν είναι μια αναγωγή της έννοιας της θερμοκρασίας (Bishop 2010). Αν και η αναγωγή της θερμοκρασίας σε μικροσκοπικές ιδιότητες είναι προβληματική, είναι ένας σχετικά εύκολος υποψήφιος για αναγωγή.

Ιδιότητες που ασχολούνται με χημικές μεταβολές, όπως οι μεταβολές φάσεων, η διαλυτότητα, και η χημική δραστηριότητα, είναι σημαντικά πιο πολύπλοκες. Μία καθαρά μικροσκοπική περιγραφή της ύλης δεν είναι ίσης έκτασης για όλες τις χημικές ιδιότητες. Η διαλυτότητα, για παράδειγμα, δεν είναι πλήρως εξηγητέα από μικροσκοπικές ιδιότητες. Παρόλο που μπορούμε να εξηγήσουμε με ποιοτικό τρόπο ότι οι ουσίες διαλύονται όταν τα ιόντα ή μόρια τους έχουν περισσότερη συγγένεια με τον διαλύτη από ό, τι το ένα για το άλλο, αυτό δεν αναλύει τα λεπτά, ποσοτικά χαρακτηριστικά της διαλυτότητας. Αφήνει, επίσης, τη διαλυτότητα των μη ιονικών ουσιών ουσιαστικά ανέγγιχτη. Η πρόβλεψη αυτών των χαρακτηριστικών απαιτεί θερμοδυναμική ανάλυση, και η υποτιθέμενη αναγωγή της θερμοδυναμικής στη στατιστική μηχανική θεωρείται άκρως αμφιλεγόμενη.

Ενώ δεν υπάρχει κανένα επιχείρημα επί της αρχής ότι η αναγωγή θα είναι πάντα αδύνατη, σε κάθε επίσημη προσπάθεια που είναι γνωστή γίνεται ουσιαστική αναφορά σε κάποια μακροσκοπικά παρατηρήσιμη χημική ιδιότητα. Ελλείπει οριστικών επιχειρημάτων περί του αντιθέτου, φαίνεται λογικό να υποθέσουμε ότι η Χημεία χρησιμοποιεί τόσο μακροσκοπικές, όσο και μικροσκοπικές έννοιες σε λεπτομερείς θεωρίες που προσπαθεί να εντάξει σε μια ενιαία άποψη. Μολονότι, μεγάλο μέρος της Χημείας διεξάγεται στο μικροσκοπικό επίπεδο μόνο, μακροσκοπικές χημικές ιδιότητες συνεχίζουν να παίζουν σημαντικούς πειραματικούς και θεωρητικούς ρόλους στη Χημεία. Στο βάθος όλων αυτών των συζητήσεων για τη χημική αναγωγή υπάρχουν θέματα που αφορούν στα κριτήρια για την επιτυχή αυτή αναγωγή. Όλη η βιβλιογραφία κάνει ρητή ή σιωπηρή αναφορά στον απολογισμό του Nagel (1974, 1979, 1989) για την αναγωγή, ακόμη και όταν διατυπώνονται παρατηρήσεις σχετικά με το ανεφάρμοστο των απόψεων του Nagel σε συγκεκριμένες επιστήμες (Kitcher

1984). Ίσως μέρος της αντιαναγωγικής συναίνεσης στη βιβλιογραφία της φιλοσοφίας της Χημείας οδηγείται από τις αυστηρές απαιτήσεις του απολογισμού του Nagel. Αλλά ακόμα και αν ο Nagel αποδυναμωθεί για να επιτρέψει κάποια κατά προσέγγιση επιχειρήματα, όπως ορισμένοι υποστηρικτές του αναγωγισμού έχουν προτρέψει (Churchland 1979, 1985), εξακολουθεί να μην μπορεί να παρακαμφθεί το πρόβλημα της προσφυγής σε μακροσκοπικές ιδιότητες στην εξήγηση των μικροσκοπικών ιδιοτήτων (Fodor 1990). Η σύγχρονη χημική θεωρία κάνει ουσιαστική αναφορά τόσο σε μικροσκοπικές, όσο και σε μακροσκοπικές χημικές έννοιες, και με χημική και με κβαντομηχανική προέλευση.

3.2.11 Συνδρομή από την Ιστορία της Επιστήμης

Ένα σημαντικό ερώτημα είναι αν πρέπει να ενταχθεί μια ιστορική προοπτική στη διδασκαλία της Χημείας και γιατί. Στο πρώτο υποερώτημα θα μπορούσε να δοθεί αρνητική απάντηση, αν και με μια δόση ειρωνείας, τα πλέον διαθέσιμα βιβλία παρουσιάζουν έτσι κι αλλιώς μια παλιά επιστήμη της Χημείας, εσοδείας προ-1950. Ως εκ τούτου φέρει μαζί της μια ιστορική γεύση. Μια σοβαρή απάντηση όμως είναι η αντίθετη. Μόνο μια ιστορική προοπτική θα επιτρέψει στον καθηγητή να παρουσιάσει τη χημική επιστήμη στη σημερινή της κατάσταση, με το απρόβλεπτό της, η οποία μπορεί να προσελκύσει μερικούς από τους μαθητές να τη διαλέξουν ως σταδιοδρομία. Στη Γαλλία, η δευτεροβάθμια εκπαίδευση ενσωματώνει στη διδασκαλία ιστορικά στοιχεία από το 1993 με καλό αποτέλεσμα. Μία ιστορική προσέγγιση επιτρέπει τη λογική ακολουθία της διδασκαλίας και της μάθησης (Matthews 1994). Επιτρέπει στους εκπαιδευτικούς να τοποθετήσουν την τρέχουσα χημική γνώση σε μια ευρύτερη επιστημολογική προοπτική. Επιπλέον, κάθε ιστορία περιλαμβάνει μία αφήγηση και οι μαθητές είναι λάτρεις της αφήγησης, είναι ένας καλός τρόπος για να τραβήξει κάποιος και να κρατήσει την προσοχή τους. Αυτό δίνει τη δυνατότητα για την εμφάνιση της Χημείας ως ένα επίτευγμα πολιτισμού. Η διδασκαλία της Χημείας θα πρέπει να φτάσει πέρα από τις βασικές γνώσεις δομής ατόμων και ενώσεων, την συστηματική κατάταξη και ονοματολογία, τη χημική ισορροπία, την κινητική και τη θερμοχημεία και να περιλάβει, επίσης, νεότερα κεφάλαια από τις εξελίξεις στην επιστήμη μετά το 1950.

(*) ΣΗΜΕΙΩΣΗ

Ο P. Laszlo στη δημοσίευσή του στο *Science & Education* “Towards Teaching Chemistry as a Language” (published on line first: 05 November 2011, published: July 2013) αναφέρεται δύο φορές στη δημοσίευσή μας «Vamvakeros, X., Pavlatou, E. A., & Spyrellis, N. (2010). Survey exploring views of scientists on current trends in chemistry education. *Science & Education*, 19(2), 119–145». Στην πρώτη παραπομπή επικαλείται τα ευρήματα της έρευνας για την απόριψη του κονστρουκτιβισμού στη χημική εκπαίδευση από την πλειοψηφία των ερωτηθέντων Χημικών και Χημικών Μηχανικών. Τη δεύτερη φορά για να στηρίζει την επιλογή του Επιστημονικού Ρεαλισμού ως το φιλοσοφικό υπόβαθρο της επιστήμης της Χημείας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο:

Η ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΣΤΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

4.1 ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΘΕΩΡΙΕΣ - ΔΙΔΑΚΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ - ΘΕΩΡΙΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ

Οι εκπαιδευτικές θεωρίες που κατά καιρούς επικράτησαν συνδέθηκαν πάντοτε με τις αντίστοιχες θεωρίες μάθησης, οι οποίες με τη σειρά τους εμπλέκονται με την επιστημολογία (Matthews 1997a). Ο Jean Piaget αναγνώρισε ότι κάθε θεωρία μάθησης εμπεριέχει επιστημολογικές συνιστώσες (Matthews 1997b) γι' αυτό αποκάλεσε το ερευνητικό του πρόγραμμα «Γενετική Επιστημολογία» και το βιβλίο του με τη μεγαλύτερη επιρροή είχε τίτλο «Ψυχολογία και Επιστημολογία: Προς μια Θεωρία της Γνώσης» (Piaget 1972).

Η *Διδακτική* μέθοδος προβλέπει παραδόσεις θεωρίας και εργαστηριακές επιδείξεις. Δίνει σημασία στο περιεχόμενο των φυσικών επιστημών και τείνει να παρουσιάσει την επιστημονική γνώση ως απόλυτη και αντιμετωπίζει τους μαθητές σαν παθητικούς δέκτες της γνώσης που τους μεταδίδεται (Ζαβλανός 1987). Στο *παραδοσιακό* αυτό πρότυπο, που χρησιμοποιήθηκε πολύ και ακόμα χρησιμοποιείται στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στο εκπαιδευτικό μας σύστημα, υπάρχει η διδακτέα ύλη που «πρέπει» να διδαχθεί και τα παιδιά πρέπει να τη μάθουν. Σε αυτό το διδακτικό πρότυπο η εργαστηριακή άσκηση θεωρείται σημαντική, διότι προκαλεί το ενδιαφέρον των παιδιών και «επιβεβαιώνει την αλήθεια των θεωρητικών υποθέσεων» (Μαυρογιώργος 1992, Αθανασάκης 1995).

Στην *Ανακαλυπτική* μέθοδο υιοθετείται η άποψη ότι αν δοθούν στους μαθητές τα απαραίτητα μέσα και τους υποβληθούν κατάλληλα προβλήματα ανοικτού τύπου, τότε αυτά θα μπορέσουν να φθάσουν στην επιστημονική γνώση και να ανακαλύψουν τους νόμους της φύσης (Κόκκοτας 1998, Κουρεμένος 1992).

Στον *Εκπαιδευτικό Κονστροκτιβισμό*, ή αλλιώς στην εποικοδομητική μέθοδο για τη διδασκαλία και για τη μάθηση, αξιοποιούνται διδακτικά οι ιδέες των μαθητών για συζήτηση και αναδόμησή τους σε μια λογική διαδικασία που συνδυάζει την κατανόηση των φυσικών εννοιών, την ανάπτυξη πειραματικών δεξιοτήτων και παράλληλα την εισαγωγή τους στην επιστημονική μεθοδολογία. Με αυτούς τους τρόπους οι μαθητές θα μπορέσουν να οικοδομήσουν μόνοι τους μια προσωπικά κατασκευασμένη γνώση.

Διαπιστώνεται επομένως μια σύγκλιση απόψεων ως προς την αναγκαιότητα και τη διδακτική αξία της εργαστηριακής πρακτικής άσκησης και διερεύνησης εκ μέρους των μαθητών στη σχολική Χημεία, ανεξάρτητα από τη διδακτική προσέγγιση (Μαυρόπουλος 1997, Tsaparlis 2009). Ανεξάρτητα όμως, από τη γενικευμένη αποδοχή, η εισαγωγή της εργαστηριακής άσκησης θέτει σημαντικά ερωτήματα στη διδακτική, που αφορούν κυρίως στην ιεράρχηση των προτεραιοτήτων μεταξύ του περιεχομένου και των διαδικασιών.

4.2 ΣΥΓΚΡΟΥΣΗ ΑΠΟΨΕΩΝ ΣΕ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΚΗ ΒΑΣΗ

Στην ανακαλυπτική μέθοδο επιχειρείται ο συνδυασμός της εισαγωγής στις επιστημονικές διαδικασίες και της διδασκαλίας ενός συγκεκριμένου γνωστικού περιεχομένου, δίνοντας παράλληλα στους μαθητές τη δυνατότητα να «ανακαλύψουν» τη γνώση μέσω διερευνήσεων. Τα πρακτικά προβλήματα ανακύπτουν γιατί συχνά οι μαθητές δεν οδηγούνται στο αναμενόμενο αποτέλεσμα. Στα σχολεία και στα κολέγια (της Αγγλίας, των Η.Π.Α., του Αγγλοσαξωνικού κόσμου κ.ά.) τα πειράματα επαναλαμβάνονται σε υπερβολικό βαθμό. Ο Hacking (1983) υποστηρίζει ότι «Δεν υπάρχει πιο συνηθισμένο σχόλιο των μαθητών κατά την αξιολόγηση διδασκαλίας των μαθημάτων με εργαστηριακή άσκηση: τα πειράματα δεν λειτουργούν, οι αριθμοί πρέπει να μαγειρευτούν, η αντίδραση δεν γίνεται, ο βακτηριοφάγος δεν αναπτύσσεται κ.ά». Το ζήτημα με αυτές τις ασκήσεις μέσα στην τάξη δεν είναι ποτέ ο έλεγχος της θεωρίας. Το ζήτημα είναι να διδάξει ανθρώπους πώς να γίνουν πειραματιστές και να ξεχωρίσει αυτούς για τους η πειραματική επιστήμη δεν είναι η ενδεδειγμένη καριέρα. Τα προβλήματα αυτά δεν οφείλονται στην ανικανότητα των μαθητών ή των διδασκόντων τους, αλλά είναι εγγενή και πρέπει να αποδοθούν σε πλάνη αυτής της ίδιας της μεθόδου αντιπαραβάλλει η Driver (1983).

Στον κονστρουκτιβισμό η διαδικασία της μάθησης αντιμετωπίζεται ως μια ανθρώπινη δραστηριότητα και η γνώση θεωρείται μια προσωπική και κοινωνική κατασκευή. Ο εκπαιδευτικός κονστρουκτιβισμός τονίζει την ατομική δημιουργία της γνώσης, την κατασκευή των εννοιών (Knoorr-Cetina 1981, Von Glasersferd 1986, Osborne & Fryberg 1985, Driver 1989) και τη σημασία της ομάδας για την ανάπτυξη και την επικύρωση των ιδεών (Vygotsky, 1978).

Όμως, παρά το γεγονός ότι ο κονστρουκτιβισμός υπήρξε το κυρίαρχο ρεύμα στη διδακτική των φυσικών επιστημών για περισσότερο από δύο δεκαετίες, υπήρξαν σημαντικές αντιρρήσεις από την αρχή της εφαρμογής του (Shuchting 1992, Matthews

1993, Solomon 1994, Phillips 1995, 2000, Osborne 1996, Ogborn 1997, Nola 1997, Matthews 1997a,b, 1998, 2000a,b). Η παράδοση του επιστημονικού ρεαλισμού υποστηρίζει ότι οι μαθητές πρέπει να αποκτήσουν τη γνώση η οποία αντιστοιχεί σε αυτό που είναι πραγματικό και αληθινό (Κουλαϊδής & Ogborn, 1994).

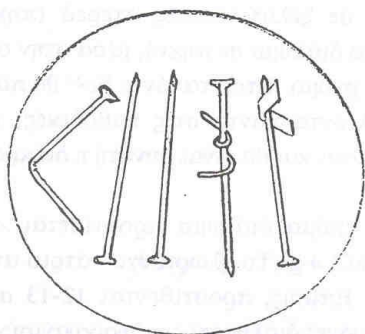
Εξάλλου, η ίδια η ερευνητική ομάδα της Driver, εξέχουσα προσωπικότητα και από τους θεμελιωτές του εκπαιδευτικού κονστρουκτιβισμού, υποστήριξε ότι:

« ... η εκμάθηση της επιστήμης περιλαμβάνει την εισαγωγή στην λογική των φυσικών επιστημών. Αν οι μαθητές πρόκειται να αποκτήσουν πρόσβαση στο γνωστικό σύστημα της επιστήμης, η διαδικασία κατασκευής της γνώσης πρέπει να πάει πέραν της προσωπικής εμπειρικής αναζήτησης. Στους μαθητές δεν πρέπει να δοθεί μόνο πρόσβαση σε φυσικές εμπειρίες αλλά και στις έννοιες και τα πρότυπα της συμβατικής επιστήμης» (Driver, 1994). Ο ισχυρισμός απηχεί τη συχνά επαναλαμβανόμενη άποψη ότι ο κονστρουκτιβισμός διαφέρει από την ανακαλυπτική μέθοδο (Millar & Driver, 1987).

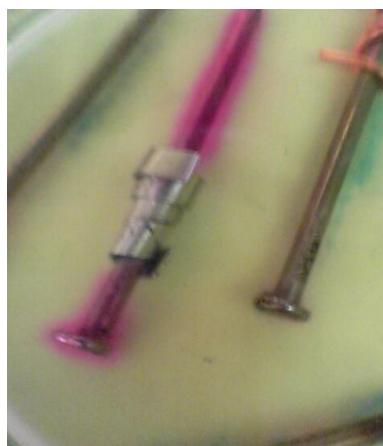
Η Rosalind Driver και οι συνεργάτες της παρουσίασαν το 1994, μια εισήγηση με θέμα: «Σχεδιασμός για Διδασκαλία ενός θέματος από τη Χημεία με την εποικοδομητική προοπτική»: τα παιδιά τοποθέτησαν καρφιά σε διάφορα μέρη και παρατήρησαν το ρυθμό με τον οποίον σκούριαζαν. Διαπιστώθηκε ότι, ο δάσκαλος προσπάθησε « να μείνει πιστός στους συλλογισμούς των μαθητών αλλά δεν κατάφερε να τους οδηγήσει στον επιδιωκόμενο μαθησιακό στόχο». Φαίνεται λοιπόν ότι, όπως ήδη αναφέρθηκε, «η διαδικασία διερεύνησης των προσωπικών ιδεών μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές στην επανεξέταση και να την αμφισβήτηση των ιδεών αυτών, δεν μπορεί όμως να τους οδηγήσει στην ορθή επιστημονική άποψη».

4.2.1 Μηνύματα από την εργαστηριακή άσκηση των φοιτητών

Στο εργαστήριο Γενικής Χημείας του Ε.Μ.Π. πραγματοποιείται μια παρόμοια άσκηση. Διάφορα ατσάλινα καρφιά, σε διάφορες καταστάσεις (λυγισμένα ή όχι, οξειδωμένα ή όχι, σε επαφή με χαλκό ή με ψευδάργυρο κ.λ.π.) αφήνονται να σκουριάσουν μέσα σε μια πηκτή διαποτισμένη με διάλυμα NaCl και δείκτες φαινολοφθαλεΐνης και σιδηρικού ανιούχου καλίου. Μετά από δύο ώρες, η πηκτή με τα καταρφιά έχει τη μορφή που φαίνεται στην Εικόνα 1. Ζητείται από τους φοιτητές να παρατηρήσουν τα χρώματα που σχηματίζονται σε κάθε καρφί και να αιτιολογήσουν τα αποτελέσματα του πειράματος σε γραπτή εργασία που θα παραδώσουν.



(α)



(β)

Εικόνα 4.1: (α) Σχηματική αναπαράσταση του πειράματος και φωτογραφία (β) της διάβρωσης των μεταλλικών καρφιών.

Σκοπός της άσκησης είναι να αναζητηθούν οι ανοδικές και οι καθοδικές περιοχές της επιφάνειας ενός αντικειμένου από σίδηρο (καρφί), το οποίο βρίσκεται μέσα σε ένα διαβρωτικό περιβάλλον που περιέχει NaCl. Ζητείται επίσης, να αιτιολογηθεί από τα αποτελέσματα του πειράματος αν η διάβρωση του σιδήρου μειώνεται ή αυξάνεται σημαντικά όταν βρίσκεται σε επαφή με άλλα μέταλλα.

Οι φοιτητές κατά κανόνα χρειάζονται τη βοήθεια και την καθοδήγηση των διδασκόντων για να φθάσουν σε αποδεκτά επιστημονικά συμπεράσματα. Απαιτούνται θεωρητικές γνώσεις Ηλεκτροχημείας και ειδικότερα σχετικές με οξειδοαναγωγή, διάβρωση και γαλβανικά στοιχεία. Πρέπει να γνωρίζουν, επίσης, ότι στις ανοδικές περιοχές αναδύονται ιόντα σιδήρου, τα οποία με το σιδηρικούανιούχο κάλιο θα δώσουν σύμπλοκο χρώματος μπλε. Τα ηλεκτρόνια που ελευθερώθηκαν μπορούν εύκολα να κινηθούν στη μάζα του ηλεκτρικά αγώγιμου μετάλλου προς τις καθοδικές περιοχές, όπου ανάγουν τελικά το διαλυμένο οξυγόνο σε ανιόντα υδροξειδίου. Έτσι, στις καθοδικές περιοχές ο δείκτης φαινολοφθαλεΐνης βρίσκεται σε βασικό περιβάλλον και παίρνει χρώμα κόκκινο. Για την αποδοχή όμως αυτών των πειραματικών ευρημάτων, έχει γίνει επίσης σιωπηρά, η αποδοχή μιας σειράς επιστημονικών θεωριών που δεν αναφέρθηκαν στο συγκεκριμένο πείραμα (διάχυση ουσιών στην πηκτή, αγωγιμότητα, μεταλλική δομή, θεωρία δεικτών, θεωρία συμπλόκων κ.λ.π.)

Ένα σημαντικό μέρος της αξίας του πειραματισμού βρίσκεται στη σύνδεση της Χημείας με την τεχνολογία και τον ρεαλισμό που απαιτείται για τον πειραματιστή, ο οποίος πρέπει να έχει πρακτικές γνώσεις και να εμπιστεύεται τα όργανα που χρησιμοποιεί και τη θεωρία που στηρίζει τη λειτουργία τους.

Οι φοιτητές θα χρησιμοποιήσουν στο μέλλον τις γνώσεις που απέκτησαν, εργαζόμενοι επαγγελματικά, για την προστασία από τη διάβρωση μεταλλικών κατασκευών που περιλαμβάνουν πλέγματα που παρουσιάζουν αταξίες και προσμείξεις, οι οποίες είναι ετερογενείς, δηλαδή αποτελούνται από διάφορα μέταλλα ή συνδέονται με εξαρτήματα όπως: βίδες, παξιμάδια, κολλήσεις κ.λ.π. που συνήθως είναι από διαφορετικά μέταλλα. Με βάση τα συμπεράσματά τους θα δημιουργήσουν, θα κατασκευάσουν, θα παρέμβουν στον υπαρκτό κόσμο.

Η πρακτική εργαστηριακή άσκηση και διερεύνηση αποτελούν μέρος του μαθήματος της Χημείας. Η αξία τους όμως πρέπει να θεμελιωθεί και να αιτιολογηθεί στα πλαίσια κάθε εκπαιδευτικής-μαθησιακής θεωρίας. Ποια είναι η επίδραση των σχολικών πειραμάτων στη μάθηση και στην κατανόηση των επιστημονικών εννοιών και στην κατάκτηση της γνώσης; Ποια είναι τα προσδοκώμενα αποτελέσματα από την εργαστηριακή εμπειρία; Ειδικότερα, τα πειράματα:

- Αποδεικνύουν στους μαθητές την «αδιαμφισβήτητη αλήθεια» της θεωρίας;
- Δίνουν τη δυνατότητα στους μαθητές να γίνουν «επιστήμονες στο επίπεδό τους» και να «ανακαλύψουν» τους νόμους της φύσης (ενώ συμμετέχουν σε εργαστηριακές δραστηριότητες που έχουν προκαθορισμένη έκβαση);
- Διευκολύνουν τους μαθητές, παρατηρώντας και δοκιμάζοντας στο εργαστήριο, να αναλογισθούν και να αναδομήσουν τις προηγούμενες ιδέες τους, οδηγούμενοι μόνοι τους στην έγκυρη επιστημονική γνώση;

Ή μήπως πρέπει να προκριθεί μια *μετριοπαθής ρεαλιστική προσέγγιση*, όπου η αξία της πειραματικής εργαστηριακής άσκησης των μαθητών στα πλαίσια του μαθήματος της Χημείας μπορεί να αναζητηθεί:

- στην ίδια την πειραματική φύση της Χημείας, που προσελκύει και ενεργοποιεί τους μαθητές,
- στη σπουδαιότητα της πραγματικής παρουσίασης των φαινομένων,
- στις αναμφισβήτητες δεξιότητες που καλλιεργεί και
- στη δυνατότητα που δίνει στους μαθητές να αντιληφθούν τη δυσκολία κατάκτησης αξιόπιστης επιστημονικής γνώσης.

Η εφαρμογή της πειραματικής εργασίας στο σχολείο (η οποία χρησιμοποιείται ελάχιστα σε ορισμένες χώρες π.χ. στην Ελλάδα και ίσως υπερβολικά συχνά σε άλλες π.χ. στην Αγγλία), οφείλεται μεταξύ των άλλων και σε καθιερωμένες αντιλήψεις μάλλον, παρά σε αξιολόγηση των διαθέσιμων διδακτικών προσεγγίσεων. Πράγματι υπάρχει στη διδασκαλία θέση για τον πειραματικό έλεγχο, τη διασταύρωση δηλαδή μιας υπόθεσης με παρατήρηση, υπό την προϋπόθεση ότι γίνονται αντιληπτά τα παρακάτω. Οι λόγοι για τους οποίους επιμένουμε στη σημασία που έχει η διερεύνηση ουσιαστικών προβλημάτων από μαθητές, είναι γιατί κάτι τέτοιο βοηθά στην απόκτηση άμεσης εμπειρίας σχετικά με:

- τον βαθμό δυσκολίας στην εύρεση έστω και ενός ψήγματος έγκυρης αλήθειας,
- την ανάπτυξη νέων εικόνων πραγματικότητας κατά τη δοκιμασία και τη χρησιμοποίηση ιδεών.

Κι' αυτό, όχι για να γίνουν οι μαθητές «φυσικοί επιστήμονες μέσα στην τάξη» όπως ζητούσε η ανακαλυπτική μέθοδος, αλλά για να αποκτήσουν κάποια καλύτερη ιδέα του είδους και του εύρους των προβλημάτων με τα οποία ασχολούνται οι φυσικές επιστήμες, καθώς και της οπτικής από την οποία εξετάζονται. Ένας τρίτος λόγος είναι, «για να κατακτήσουν τεχνικές και δεξιότητες χειρισμού που είναι χρήσιμες και σχετίζονται με την πρακτική καθημερινή ζωή» (Ogboni και Κουλαϊδής, 1994).

4.3 ΤΟ ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

4.3.1 Εισαγωγή στην Έρευνα

Αναφορές από όλο τον κόσμο υπογραμμίζουν το πρόβλημα της έλλειψης σύνδεσης του μαθήματος της Χημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση με την καθημερινή ζωή και τα ενδιαφέροντα των μαθητών. Η Διδακτική των Φ.Ε. και της Χημείας, ακολουθώντας τις διεθνείς εξελίξεις και τάσεις, όπως ήδη αναφέρθηκε και σε προηγούμενα κεφάλαια, αναδεικνύει σαφώς μία τάση προς μία αναγκαία μεταρρύθμιση σκοπεύοντας στην επίτευξη ενός κεντρικού στόχου, δηλαδή τον Επιστημονικό-Χημικό Αλφαριθμητισμό ή/και Εγγραμματοτισμό για όλους (UNESCO 1983, AAAS 1993, 2003, NCR 1996, Millar 1996, Millar and Osborne 1998, UNESCO 2000), παρά τις διαφορετικές προσεγγίσεις για το τι ακριβώς απαιτείται, τις επιμέρους αντιρρήσεις και τις σχετικές κριτικές (Shamos 1995, Jenkins 2000). Στις σύγχρονες τάσεις ο Επιστημονικός-Χημικός Αλφαριθμητισμός προσβλέπει, με μία ευρύτερη έννοια, στο να συμβάλλει στη διαμόρφωση ενεργών πολιτών οι οποίοι θα

συμμετέχουν στη δημοκρατική διαδικασία λήψης αποφάσεων για τα μεγάλα ζητήματα του 21^{ου} αιώνα και μάλιστα για αυτά που αφορούν το μέλλον του πλανήτη και την Περιβαλλοντική κρίση (Hodson 2003). Μεταρρυθμιστικές πρωτοβουλίες στη Διδακτική της Χημείας προσπαθούν να ανταποκριθούν σφαιρικά σε αυτά τα σύγχρονα προβλήματα επιχειρώντας μία ολιστική και συστημική προσέγγιση όπως π.χ. *Chemistry and Society*, *Chemistry and Environmental Education*, *Chemistry in Context: applying chemistry to society* (ACS 2000).

Η σχολική χημική εκπαίδευση ήταν παραδοσιακά, και είναι ακόμα σε μεγάλο βαθμό, σε συμφωνία με τον κλασικό ακαδημαϊκό τρόπο διδασκαλίας και εκμάθησης των Φ.Ε., εξυπηρετώντας κυρίως τις ανάγκες των μαθητών που σκοπεύουν σε περαιτέρω επιστημονική σταδιοδρομία. Η χημική εκπαίδευση, σχεδόν σε ολόκληρο τον κόσμο, έχει αντιμετωπίσει μια σειρά από παράλληλα και αλληλένδετα προβλήματα όπως: το υπερφορτωμένο πρόγραμμα σπουδών, την επικράτηση σε αυτό απομονωμένων και ασύνδετων δεδομένων/στοιχείων, την έλλειψη αποτελεσματικής μεταφοράς του περιεχόμενου στους μαθητές, την έλλειψη συνάφειας και τελικά ανεπαρκούς έμφασης σε κατάλληλους εκπαιδευτικούς στόχους (Johnstone 1993, Gilbert 2006). Αυτά τα ζητήματα θέτουν μια σειρά προκλήσεων που πρέπει να αντιμετωπιστούν. Μεταρρυθμιστικές πρωτοβουλίες που σκόπευαν σε ένα ευρύ και πολυδιάστατο μοντέλο Φ.Ε. είχαν σε πολλές περιπτώσεις μικρή ή καθόλου επιτυχία. Πρόσφατες διεθνείς έρευνες διερεύνησαν τις αιτίες τέτοιων δυσχερειών και ανέφεραν τα ευρήματα τους για τους παράγοντες που παρεμποδίζουν και ακυρώνουν τις μεταρρυθμιστικές προσπάθειες (van Driel et al 2005, Swartz et al 2005). Ένα κοινό ερευνητικό εύρημα ήταν ότι οι σχεδιαστές μεταρρυθμίσεων και πολιτικών και οι λήπτες των αποφάσεων δεν ελάμβαναν προσεκτικά υπόψη τις απόψεις των ενδιαφερομένων μερών, ειδικά των εκπαιδευτικών οι οποίοι έπρεπε να τις εφαρμόσουν στην πράξη. Αντίθετα προσπαθούσαν να επιβάλλουν τη δική τους προοπτική σαν τη μοναδική και αδιαμφισβήτητη σωστή. Κοινό συμπέρασμα όλων αυτών των αναφορών είναι ότι τέτοια πολιτική οδήγησε σε αποτυχία επειδή οι απόψεις και οι πεποιθήσεις που οι επιστήμονες διαμόρφωσαν κατά τα χρόνια της δικής τους εκπαίδευσης τείνουν να είναι επίμονες και σταθερές και οι εκπαιδευτικοί που διδάσκουν Χημεία στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση είναι συνήθως καλά κατηρτισμένοι επιστήμονες. Έχει επίσης υποστηριχθεί πειστικά ότι, η ταυτόχρονη παρουσία διαφορετικών και ασύμβατων μεταξύ τους προοπτικών στο ίδιο Πρόγραμμα Σπουδών και στις εκπαιδευτικές/επιστημολογικές προσεγγίσεις,

προκαλεί σύγχυση στην εκπαιδευτική διαδικασία και παρεμποδίζει και ακυρώνει την όποια μεταρρυθμιστική πρωτοβουλία (Σκορδούλης και Σωτηράκου 2005, Varelas et al. 2005, Yilmaz-Tuzun and Torcu 2007, Kahveci et al. 2008).

4.3.2 Το Θεωρητικό Πλαίσιο

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

1. Επιστημονική εκπαίδευση για όλους
2. Εκπαιδευτικός/παιδαγωγικός κονστρουκτιβισμός (επικοδομητισμός)
3. Επιστημονικός Αλφαριθμητισμός/Εγγραμματισμός στον 21^ο αιώνα
4. Εκπαίδευση στις Φ.Ε. και η Ιδιότητα του Πολίτη
5. Φ.Ε./Χημεία-Τεχνολογία-Κοινωνία-Περιβάλλον
6. Συστημική προσέγγιση στη διδασκαλία και στην εκμάθηση της Χημείας
7. Χημικός Εγγραμματισμός
8. Η Χημεία στο ευρύτερο κοινωνικό και περιβαλλοντικό πλαίσιο
9. Πράσινη Χημεία
10. ΤΠΕ στη Διδακτική των Φ.Ε. και της Χημείας

Οι προτάσεις που περιλαμβάνονται στο ερωτηματολόγιο της έρευνας αντλούν από ουσιώδεις έννοιες οι οποίες έχουν αναπτυχθεί στο πλαίσιο των ανωτέρω θεωρήσεων. Η μελέτη αυτή εξετάζει ορισμένα βασικά ερευνητικά ερωτήματα, δηλαδή, το είδος της Χημείας η οποία πρέπει να διδάσκεται (περιεχόμενο), ο τρόπος που πρέπει να διδάσκεται (διδακτική/παιδαγωγική μεθοδολογία) και η σχετική με αυτά υποκείμενη εκπαιδευτική φιλοσοφία. Επιπλέον τα ζητήματα προσεγγίζονται και με την οπτική γωνία των υπόρρητων φιλοσοφικών/επιστημολογικών επιλογών. Η βαθύτερη κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης (NOS) έχει μεγάλη σημασία και επίδραση στα μαθήματα των Φ.Ε. και της Χημείας (Koulaidis and Ogborn 1989, 1995, Solomon 1995, Van Aalsvoort 2004a,b, McComas 1996, Earley 2004, 2008, Fouad 2005, Näpinen 2007, Niaz 2001, 2009).

Έρευνες που εξετάζουν τις απόψεις επιστημόνων Χημικών ή άλλων (κυρίως καθηγητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης) έχουν πραγματοποιηθεί σε διάφορες χώρες (Ολλανδία, Αγγλία, Γερμανία, ΗΠΑ, Ισραήλ, Ελλάδα) με σκοπό τη διερεύνηση αυτών των θεμάτων. Ορισμένες από αυτές τις έρευνες αναφέρθηκαν στις απόψεις των επιστημόνων για την απαιτούμενη έμφαση στο πρόγραμμα σπουδών και στη διδακτέα ύλη σε σχέση με τη γενικότερη εκπαιδευτική φιλοσοφία τους (van Driel et al 2005, Shwartz et al 2005), ενώ άλλες έρευνες αναφέρθηκαν στις εκπαιδευτικές ή επιστημολογικές τους απόψεις. Στην τελευταία περίπτωση, κάποιες έρευνες επικεντρώθηκαν κυρίως στην επιστημολογικές απόψεις και δευτερευόντως στη γενική εκπαιδευτική φιλοσοφία, και μερικές φορές συνέβη το αντίθετο (Κουλαϊδής και Ogborn 1988, 1989, 1995, Develaki 2003, Fouad 2005, Abd-El-Khalick 2005). Στις αναφορές αυτές, κάθε θεωρητική συνιστώσα (έμφαση στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών, γενικές εκπαιδευτικές πεποιθήσεις και οι υποκείμενες επιστημολογικές οπτικές/προσεγγίσεις) αντιμετωπίστηκε ανεξάρτητα και οι συσχετίσεις ερευνήθηκαν στη συνέχεια.

Ακολουθώντας αυτή την προσέγγιση εδώ, το θεωρητικό πλαίσιο της έρευνας χωρίστηκε σε τρεις κύριες συνιστώσες και κάθε συνιστώσα εξετάστηκε σύμφωνα με τρεις διαφορετικές προσεγγίσεις για το σχεδιασμό προγραμμάτων σπουδών, τα οποία βασίστηκαν στις τρέχουσες εκπαιδευτικές και επιστημολογικές τάσεις με τη μεγαλύτερη επιρροή.

Οι θεωρητικές συνιστώσες της έρευνας οι οποίες αφορούν στην απαιτούμενη έμφαση στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών, στις γενικές εκπαιδευτικές πεποιθήσεις και στις υποκείμενες επιστημολογικές οπτικές παρουσιάζονται συνοπτικά κατωτέρω. Οι έννοιες αναφέρονται επιγραμματικά σαν επικεφαλίδες ή σαν μικρές φράσεις.

Η απαιτούμενη έμφαση στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών:

α) Ακαδημαϊκή προσέγγιση, παραδοσιακό μάθημα Χημείας:

- αναλυτική μέθοδος με έμφαση στη διδακτέα ύλη,
- γραμμική πρόοδος όπου κάθε επιμέρους κεφάλαιο/ενότητα του μαθήματος θεωρείται προαπαιτούμενο για το επόμενο,
- επικέντρωση στο καθαρά επιστημονικό αντικείμενο, θεωρίες και νόμους.

β) Κονστрукτιβιστική/επικοδομητική προσέγγιση:

- μαθητοκεντρική,

- έμφαση στην ατομική και κοινωνική γνωστική ανάπτυξη των μαθητών,
- επικέντρωση στις ανοικτές διερευνήσεις ώστε να ανακαλύψουν, μόνοι τους οι μαθητές, κανονικότητες στη φύση και να ανασυγκροτήσουν παρανοήσεις και εναλλακτικές ιδέες.

γ) Διαθεματική προσέγγιση με βάση την πλατφόρμα Φ.Ε./Χημεία-Τεχνολογία-Κοινωνία-Περιβάλλον:

- έμφαση στη διεπιστημονική μελέτη,
- διερεύνηση ολοκληρωμένων θεμάτων και κοινωνικό-επιστημονικών προβλημάτων σε άμεση σχέση με την καθημερινή ζωή και τα ενδιαφέροντα των μαθητών,
- επικέντρωση στη διαθεματικότητα και σε ζητήματα που θέτει προς εξέταση το αίτημα για Επιστημονικό/Χημικό Αλφαριθμητισμό/Εγγραματισμό.

Γενικές εκπαιδευτικές πεποιθήσεις:

α) Μία μορφή εκπαίδευσης στις Φ.Ε. μπορεί να προβλέπει:

- Διαφορετικά μαθήματα ανά επιστημονικό πεδίο (Φυσική-Χημεία-Βιολογία),
- εξειδικευμένους καθηγητές,
- σχεδιασμό ο οποίος σκοπεύει στην προετοιμασία των μαθητών για τις εξετάσεις εισαγωγής στο Πανεπιστήμιο και σχολικό πρόγραμμα και οργάνωση και λειτουργία του σχολείου που διευκολύνει αυτό το σκοπό.
- Εξυπηρετεί κυρίως τις ανάγκες των μαθητών οι οποίοι προσβλέπουν σε περαιτέρω επιστημονικές σπουδές και σταδιοδρομία επιστήμονα, μηχανικού ή στα ιατρικά επαγγέλματα.

β) Μία δεύτερη μορφή εκπαίδευσης στις Φ.Ε. μπορεί να προβλέπει:

- Ενιαίο μάθημα για τις Φ.Ε. βασισμένο στην κοινή επιστημονική μέθοδο,
- διδάσκοντες οι οποίοι στηρίζουν τους μαθητές στις διερευνήσεις τους χωρίς να τους καθοδηγούν επομένως η εξειδίκευση των καθηγητών δεν είναι απαραίτητη ούτε σημαντική,
- εργαστήρια, ανοικτές διερευνήσεις και πειράματα με τη νοοτροπία «ο μαθητής κάνει όπως ο επιστήμονας»,

- ενιαία οργάνωση της λειτουργίας των χώρων διδασκαλίας, των εργαστηρίων των Φ.Ε. και των υπολογιστών ΤΠΕ.
- Εξυπηρετεί τις ανάγκες όλων των μαθητών και τους στόχους της Γενικής Παιδείας αλλά δεν υπάρχουν στέρεα ερευνητικά συμπεράσματα ότι μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να έχουν καλά αποτελέσματα σε καθιερωμένα εξεταστικά τεστ στις Φ.Ε.

γ) Μία τρίτη μορφή εκπαίδευσης στις Φ.Ε. μπορεί να προβλέπει:

- Ενιαίο μάθημα για τις Φ.Ε., διαθεματικό και επικεντρωμένο στη μελέτη ολοκληρωμένων προβλημάτων ή,
- διαφορετικά μαθήματα ανά επιστημονικό πεδίο αλλά με διεπιστημονικότητα και σε σχέση με το ευρύτερο κοινωνικό και περιβαλλοντικό πλαίσιο,
- οργάνωση του προγράμματος και της λειτουργίας του σχολείου ανάλογα με την περίπτωση (ένα ενιαίο μάθημα ή διαφορετικά ανά πεδίο) και τους στόχους (Γενική Παιδεία ή/και προετοιμασία για περαιτέρω σπουδές).
- Εξυπηρετεί τις σύγχρονες εκπαιδευτικές ανάγκες για επιστημονικό Αλφαριθμητικό/Εγγραμματισμό όλων των μαθητών και τους στόχους της Γενικής Παιδείας. Υποστηρίζεται ότι οι γνώσεις Χημείας, που είναι απαραίτητες για τους μαθητές που προσβλέπουν σε επιστημονική σταδιοδρομία, μπορούν επαρκώς να καλυφθούν με επιπλέον ενότητες οι οποίες θα αναλύουν το επιστημονικό μέρος.

Οι υποκείμενες επιστημολογικές οπτικές (Hacking 1983, Salmon et al. 1992):

α) Η διδακτική των Φ.Ε. και της Χημείας μπορεί να αναφέρεται σε προσεγγίσεις όπως:

- ο Λογικός θετικισμός, ο εμπειρισμός, η ενιαία και μοναδική επιστημονική μέθοδος και η αυστηρή λογικό-μαθηματική δομή απομονωμένα από κάθε προσωπικό, κοινωνικό, οικονομικό, ιστορικό ή ψυχολογικό πλαίσιο,
- η μοναδική φύση της επιστημονικής γνώσης,
- η Ορθολογική επιστημονική πρόοδος μέσω συσσώρευσης νέων γνώσεων και την συνακόλουθη διαδοχή από νεωτερικές και καλύτερες θεωρίες,
- η Αναλυτική μέθοδος και προσέγγιση, η επαγωγή, η υποθετικό-παραγωγή, ο αναγωγισμός/φυσικαλισμός, η χρηστικότητα/ωφελμισμός, η επιστημονική και τεχνολογική αισιοδοξία,

- οι αντιλήψεις οι οποίες υιοθετούν μια ρεαλιστική φιλοσοφία σχετικά με τις θεωρίες οι οποίες επαληθεύονται μέσω παρατήρησης και εμπειρικών και πειραματικών δεδομένων και όσον αφορά την ύπαρξη ενός ανεξάρτητου φυσικού κόσμου,
- οι αντιλήψεις οι οποίες απορρίπτουν μη παρατηρήσιμες θεωρητικές οντότητες και την ικανότητα της γνώσης, μέσω των αισθήσεων, της αλήθειας αντικειμενικού κόσμου, αλλά αποδέχονται τις μη παρατηρήσιμες θεωρητικές οντότητες (π.χ. τα ηλεκτρονικά τροχιακά ή τα γονίδια) ως βολικά και χρήσιμα ερμηνευτικά μοντέλα και όχι ως απτή πραγματικότητα.

β) Η διδακτική των Φ.Ε. και της Χημείας μπορεί επίσης να αναφέρεται σε προσεγγίσεις όπως:

- ο Κονστρουκτιβισμός, η ατομική και κοινωνική κατασκευή της γνώσης,
- ο αντί-ρεαλισμός όσον αφορά την ύπαρξη ενός εξωτερικού ανεξάρτητου από το νου αντικειμενικού κόσμου και τη δυνατότητα να γνωσθεί μέσω των αισθήσεων,
- ο συμβατισμός, ο σχετικισμός, ο πραγματισμός και η εργαλειοκρατία,
- η μελέτη των κοινωνικών συνθηκών και της ιστορικής διαδικασίας που οδήγησε στις επιστημονικές ανακαλύψεις του παρελθόντος. Η επιστημονική γνώση θεωρείται πολιτισμικό προϊόν της ανθρώπινης κοινωνίας και επομένως ισότιμο με κάθε άλλο είδος γνώσης. Δεν υπάρχει ορθολογική και γραμμική επιστημονική πρόοδος μέσω συσσώρευσης νέας γνώσης, αλλά απότομες αλλαγές όπου νέα «Παραδείγματα» αντικαθιστούν τα παλαιά και ο νέος τρόπος αντίληψης των επιστημονικών δεδομένων είναι ασύμμετρος και ασύμβατος με τον προηγούμενο (Kuhn 1962),
- οι αντιλήψεις οι οποίες ισχυρίζονται ότι δεν υπάρχουν πρότυπα που να επιτρέπουν τη λογική επιλογή μεταξύ ανταγωνιστικών ερμηνευτικών θεωριών για τα ίδια φαινόμενα, διότι τα παρατηρησιακά δεδομένα είναι θεωρητικά φορτισμένα αφού οι επιστήμονες έχουν στο μυαλό τους ήδη υποθέσεις (προ-θεωρητικές),
- οι αντιλήψεις οι οποίες θεωρούν ότι η επιστημονική μέθοδος και οι επιστημονικές θεωρίες είναι απλώς μέσα για την οργάνωση του κόσμου της εμπειρίας,

- οι αντιλήψεις οι οποίες αποδέχονται ότι ο κοινωνικός κονστρουκτιβισμός, κατά κύριο λόγο, είναι ρεαλιστικός σχετικά με την ύπαρξη ενός αντικειμενικού κόσμου, αλλά αμφισβητεί κατά πόσο είναι γνώσιμος.

γ) Η διδακτική των Φ.Ε. και της Χημείας μπορεί τέλος να αναφέρεται σε προσεγγίσεις όπως:

- ο Επιστημονικός Ρεαλισμός δηλαδή η πίστη στην ύπαρξη ενός εξωτερικού ανεξάρτητου από το νου αντικειμενικού κόσμου και των θεωρητικών οντοτήτων που προβλέπουν οι καλύτερες και επιτυχώς ελεγμένες επιστημονικές θεωρίες,
- οι αντιλήψεις οι οποίες υποστηρίζουν ότι η επιστημονική γνώση θεωρείται πολιτισμικό προϊόν της ανθρώπινης κοινωνίας και για τον κριτικό και μετριοπαθή Επιστημονικό Ρεαλισμό, όμως έχει ειδικά χαρακτηριστικά και αξία, με την έννοια ότι αποτελεί ένα συστηματικό τρόπο σκέψης ο οποίος αποπειράται μία αντικειμενική περιγραφή της φύσης,
- οι αντιλήψεις οι οποίες υποστηρίζουν ότι υπάρχουν λογικά υποστηρίξιμα κριτήρια επιλογής μεταξύ αντιμαχόμενων επιστημονικών θεωριών,
- οι αντιλήψεις οι οποίες υποστηρίζουν ότι η μελέτη της ιστορίας και φιλοσοφίας των επιστημών αποκαλύπτει αλλαγές «Παραδειγμάτων» αλλά αναμφίβολα υπάρχει μία ορθολογικότητα όπως καταδεικνύεται και από τη χωρίς ιστορικό προηγούμενο επιτυχία της επιστήμης και στηρίζεται από την άποψη ότι το κοινωνικό πλαίσιο από μόνο του δεν μπορεί να εξηγήσει πλήρως τις επιστημονικές ανακαλύψεις,
- οι αντιλήψεις οι οποίες υποστηρίζουν ότι ο Επιστημονικός Ρεαλισμός, προεξάρχοντως στη Φιλοσοφία της Χημείας (Scerri and McIntyre 1997, McIntyre 1999, Scerri 2007c), υποστηρίζει ένα πλουραλισμό αναλυτικών αλλά και συνθετικών μεθόδων και μία συστημική-ολιστική-εξελικτική και διεπιστημονική προσέγγιση επικεντρωμένη στη λύση σφαιρικών προβλημάτων όπως π.χ. η περιβαλλοντική κρίση (Schummer 2003a, 2006),
- οι αντιλήψεις οι οποίες υποστηρίζουν ότι ο κριτικός Επιστημονικός Ρεαλισμός δεν περιορίζεται στο ντετερμινισμό αντίθετα μπορεί να αντιμετωπίσει τη φυσική πολυπλοκότητα αποδεχόμενος την τυχαιότητα/ενδεχομενικότητα, τις αναδυόμενες-επιγινόμενες-προδιαθεσιακές ιδιότητες (Luisi 2002,

Vanderbeeken and Weber 2000) και τον οντολογικό ή/και επιστημολογικό αντιαναγωγισμό (Scerri 2004b, 2007a,b).

Κάθε μία από τις τρεις θεωρητικές συνιστώσες μελετήθηκε εντός του πλαισίου των τριών διαφορετικών προσεγγίσεων. Στον σχεδιασμό της έρευνας, ο ορισμός των διαθεματικών καθολικών μεταβλητών προτάθηκε προκειμένου να συγκριθούν τα πλαίσια προσεγγίσεων σε όλο το εύρος των θεωρητικών συνιστωσών. Για να ολοκληρωθούν όλα τα προαναφερθέντα, στις τρεις προσεγγίσεις σε κάθε θεωρητικό πλαίσιο δόθηκε η ακόλουθη περιγραφή: οι τρεις προαναφερθείσες προσεγγίσεις που είχαν κατηγοριοποιηθεί ως (α) ενοποιήθηκαν στο ολοκληρωμένο πλαίσιο ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ, οι τρεις προαναφερθείσες προσεγγίσεις που είχαν κατηγοριοποιηθεί ως (β) ενοποιήθηκαν στο ολοκληρωμένο πλαίσιο ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ και οι τρεις προαναφερθείσες προσεγγίσεις που είχαν κατηγοριοποιηθεί ως (γ) ενοποιήθηκαν στο ολοκληρωμένο πλαίσιο ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ (βλέπε Πίνακα 4.1 και Εικόνα 4.2).

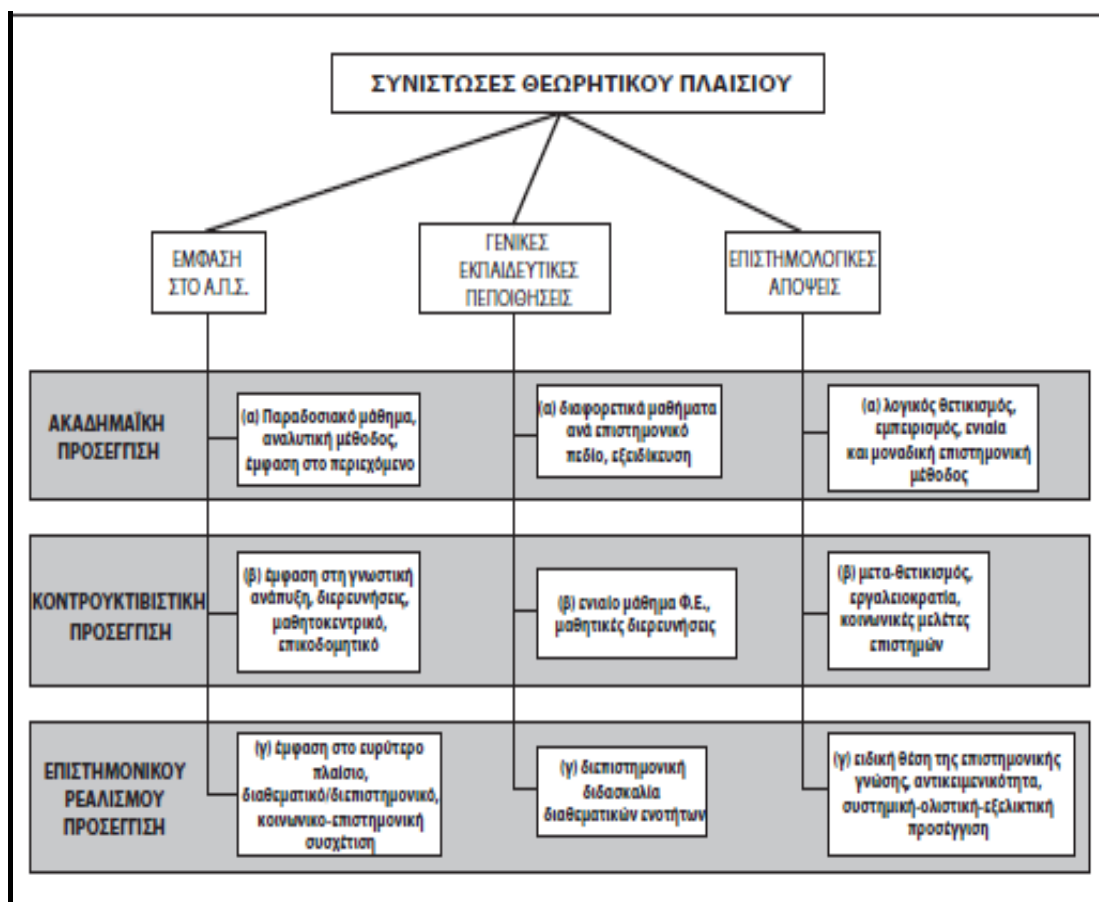
Λόγω της ποικιλίας των προσεγγίσεων, θα μπορούσε κανείς να χρησιμοποιήσει εναλλακτικές περιγραφές (με βάση van Driel et al 2005), όπως: παραδοσιακή ή θεμελιώδης χημική εκπαίδευση, για την ακαδημαϊκή προσέγγιση - μαθητοκεντρική, ή προσωπικής γνωστικής ανάπτυξης των μαθητών ή προοδευτική εκπαίδευση, για την κονστρουκτιβιστική/επικοδομητική προσέγγιση - και διαθεματική για την εκπαίδευση στο πλαίσιο Φ.Ε./Χημεία-Τεχνολογία-Κοινωνία-Περιβάλλον, η οποία είναι η κύρια προσέγγιση προγράμματος σπουδών με εστίαση στον επιστημονικό ρεαλισμό. Από επιστημολογική άποψη, θα μπορούσε κανείς να χρησιμοποιήσει τον όρο "θετικισμός" για την Ακαδημαϊκή προσέγγιση, και μετά-θετικισμός ως περιγραφικός δείκτης για όλες τις μεταμοντέρνες τάσεις συμπεριλαμβανομένων των διαφόρων εκδοχών του κοινωνικού ή και του φιλοσοφικού κονστρουκτιβισμού.

Πίνακας 4.1: Οργάνωση της έρευνας

ΠΛΑΙΣΙΟ	Απαιτούμενη έμφαση στο Α.Π. Σ.	Γενικές εκπαιδευτικές πεποιθήσεις	Υποκείμενες επιστημολογικές οπτικές
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	Παραδοσιακό μάθημα Χημείας, αναλυτική μέθοδος, έμφαση στη διδακτέα ύλη	Διαφορετικά μαθήματα ανά επιστημονικό πεδίο, εξειδικευμένοι καθηγητές	Λογικός θετικισμός, εμπειρισμός, ενιαία και μοναδική επιστημονική μέθοδος
ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	Μαθητοκεντρική, έμφαση στην ατομική και κοινωνική γνωστική ανάπτυξη των μαθητών μέσω ανοικτών διερευνήσεων	Ενιαίο μάθημα για τις Φ.Ε. βασισμένο στην κοινή επιστημονική μέθοδο, διδάσκοντες οι οποίοι στηρίζουν τους μαθητές στις διερευνήσεις τους	Ατομική και κοινωνική κατασκευή της γνώσης. Συμβατισμός, σχετικισμός, πραγματισμός και εργαλειοκρατία
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	Διαθεματική προσέγγιση, έμφαση στη διεπιστημονική μελέτη ολοκληρωμένων θεμάτων και κοινωνικό-επιστημονικών προβλημάτων	Ενιαίο μάθημα για τις Φ.Ε., διαθεματικό, διδασκαλία με διεπιστημονικότητα και σε σχέση με το ευρύτερο κοινωνικό και περιβαλλοντικό πλαίσιο	Η επιστημονική γνώση έχει ειδικά χαρακτηριστικά και αξία. Πλουραλισμός αναλυτικών αλλά και συνθετικών μεθόδων και συστημική-ολιστική-εξελικτική και διεπιστημονική προσέγγιση

Οι όροι που επιλέχθηκαν για κάθε προσέγγιση εντός καθενός πλαισίου ήταν εκείνοι που θεωρήθηκαν ότι έχουν την ευρύτερη αναγνώριση και αποδοχή στη βιβλιογραφία και οι οποίοι αποτελούν το σημαντικότερο μέρος της κάθε προσέγγισης, όπως περιγράφεται από τα χαρακτηριστικά της παραπάνω. Από πραγματιστική άποψη, είναι χρήσιμο για τη στατιστική επεξεργασία και την ολοκλήρωση να υπάρχει μόνο μία διαθεματική μεταβλητή με ένα κοινό όνομα που να αντιπροσωπεύει κάθε προσέγγιση σε όλες τις θεωρητικές συνιστώσες (έμφαση στα ΑΠΣ, γενικές εκπαιδευτικές πεποιθήσεις και υποκείμενες επιστημολογικές οπτικές). Αυτό δεν μπορεί να ισχύει για τις εναλλακτικές λύσεις που αναφέρθηκαν παραπάνω, οι οποίες χρησιμοποιούν διαφορετικά ονόματα στο εκπαιδευτικό και στο επιστημολογικό πλαίσιο. Μία τέτοια ολοκλήρωση μπορεί να θεωρείται θεμιτή αφού κάθε εκπαιδευτική θεώρηση βασίζεται σε μία μαθησιακή θεωρία και η τελευταία έχει αναπόφευκτα ένα επιστημολογικό υπόβαθρο (Matthews 1993, 1994, 1997a,b). Κατά

συνέπεια, αυτό καθιστά το προτεινόμενο ερευνητικό σύστημα συνεπές και με εσωτερική συνοχή. Είναι σίγουρο ότι η επιλογή μίας συγκεκριμένης έμφασης στο πρόγραμμα σπουδών έχει μια υποκείμενη και υπόρρητη επιστημική βάση και επηρεάζει αναπόφευκτα και τις σχετικές ρυθμίσεις στο σχολικό πρόγραμμα.



Εικόνα 4.2: Σχηματική αναπαράσταση του σχεδιασμού της έρευνας που απεικονίζει τα πλαίσια προσέγγισης σε όλες τις θεωρητικές συνιστώσες

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο:

ΣΤΟΧΟΙ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

5.1 ΤΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Το αντικείμενο της έρευνας είναι μία έγκυρη, κατά το δυνατόν, προβολή στο μέλλον των ζητημάτων σχετικά με τη θεμελίωση μιας Διδακτικής προσέγγισης εξειδικευμένης στη Χημεία και βασισμένης στη δική της φιλοσοφία και επιστημολογία, όπως αναφέρθηκαν στον Πρόλογο -Κίνητρα της Έρευνας, το Κεφάλαιο 1 και το Κεφάλαιο 4.3 - Θεωρητικό πλαίσιο. Σκοπός είναι να προσδιοριστεί με ποιόν τρόπο η Χημεία στην Εκπαίδευση στην Ελλάδα (και μάλιστα στο ανώτερο μετα-υποχρεωτικό κομμάτι της με επίκεντρο το Γενικό Λύκειο), μπορεί να συνεισφέρει στον επιστημονικό Αλφαριθμητισμό/Εγγραμματισμό και στη διαμόρφωση της Ιδιότητας του Πολίτη του 21^{ου} αιώνα.

Το πλαίσιο αρχών της Εκπαίδευσης είναι λίγο πολύ δεδομένο και προσδιορίζεται από το Σύνταγμα της Χώρας, τους Νόμους και την Ευρωπαϊκή νομοθεσία. Η διεθνής θέση της Χώρας στην Ευρώπη και την Παγκόσμια Κοινότητα επίσης, καθορίζει το ευρύτερο πλαίσιο, αν και μία ανάλυση και προοπτική πιθανώς πολύ κατάλληλη για την Μαλαισία π.χ., προφανώς δεν είναι η προσφορότερη για την Ελληνική πραγματικότητα, παρά την απολύτως αναγκαία πολυπολιτισμικότητα που απαιτείται στις προσεγγίσεις και τη διευρυνόμενη παγκοσμιοποίηση.

Το υπόβαθρο της έρευνας είναι η σημερινή θέση της Χημείας στην Εκπαίδευση και ο προβληματισμός που έχει αναπτυχθεί, επί του οποίου υπάρχει πλούτος αναφορών από την ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία σχετικά με το πού και πώς πρέπει να κινηθούμε οσον αφορά :

- στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (ΑΠΣ)
- στην Ύλη
- στην Πειραματική διαδικασία
- στη Διδακτική προσέγγιση

Τα γνωρίσματα που καθορίζουν την Ιδιότητα του Πολίτη του 21^{ου} αιώνα έχουν αρχίσει να διαμορφώνονται από τη διεθνή Κοινωνιολογική και Εκπαιδευτική έρευνα. Η μελέτη “Citizenship for the 21st Century: An International Perspective on Education” (Cogan and Derricot 1998) στην οποία συμμετείχαν 182 ειδικοί από όλον

τον κόσμο (Ιαπωνία 43, Ταϊλάνδη 51, Ευρώπη 43, Β. Αμερική 45) έθεσε ένα πλαίσιο αναφοράς, το οποίο αξιολογείται στην έρευνα αυτή (βλ. Κεφ.6).

Με τη μελλοντική διάσταση της έρευνας γίνεται μια απόπειρα «φυγής προς τα εμπρός», για προβολή στο μέλλον ερωτημάτων όπως:

1. Μήπως στα πλαίσια μιας διαθεματικής/διεπιστημονικής προσέγγισης των Φ.Ε. σε συνάρτηση με την κοινωνική πραγματικότητα στα πλαίσια της Γενικής Παιδείας, πρέπει να τολμήσουμε να μιλήσουμε σε όλους τους μαθητές για όλα τα θέματα με έναν απλό ποιοτικό/ημιποσοτικό τρόπο σε μεγάλο εύρος και μικρό βάθος;

Να απευθυνθούμε στον αυριανό πολίτη -δικηγόρο, εργαζόμενο, δημοσιογράφο, πολιτικό, διαφημιστή, στέλεχος, οικονομολόγο, διαμορφωτή πολιτικής ή/και κοινής γνώμης- και να τον ενημερώσουμε για: το περιβάλλον και τη βιώσιμη ανάπτυξη, την οικονομία, την ενέργεια, τη ρύπανση, τη μόλυνση, τις μεταφορές, τις επικοινωνίες, τη διάσωση του φυσικού πλούτου, την παραγωγικότητα, την υγεία, τη φτώχεια, την πείνα, τις κοινωνικές ανισότητες; Όλα αυτά και πολλά άλλα ζητήματα θεωρούνται ότι είναι πλέον απαραίτητος «Αλφαριθμητισμός για τον 21^ο αιώνα».

2. Μήπως στους μαθητές της Θετικής κατεύθυνσης/ Προσανατολισμός Θετικών-Τεχνολογικών Επιστημών, στο δύσκολο δρόμο της ποσοτικής Επιστήμης, πρέπει να τολμήσουμε να συμπεριλάβουμε όλα τα ζητήματα και τα θέματα Χημείας που αντιμετωπίζουν οι συνομήλικοί τους στις πιο αναπτυγμένες χώρες; Δηλαδή με εύρος, μικρό βάθος και περιορισμένη ασκησιολογία, αλλά με τρόπο επιστημονικά άρτιο, σύγχρονο, ενημερωμένο και τεκμηριωμένο;

3. Μήπως πρέπει να φροντίσουμε να διερευνήσουμε το πώς θα δώσουμε στους μαθητές κίνητρο να ακολουθήσουν τις Φυσικές Επιστήμες και την έρευνα, όπως περιγράφεται στην Απόφαση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την «ΠΡΟΑΓΩΓΗ ΤΗΣ ΕΠΙΘΥΜΙΑΣ ΤΩΝ ΝΕΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΠΙΣΤΗΜΗ» COM(2000)6 «Ξεκινώντας από τη διπλή διαπίστωση ότι η έρευνα όπως και η τεχνολογία παράγουν από 25 έως 50% της οικονομικής ανάπτυξης, αλλά και το ότι σε όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης παρατηρείται μια αποστροφή των νέων απέναντι στις επιστημονικές σπουδές...» ;

4. Θα συνεχίσουν οι μαθητές της χώρας να σπουδάζουν Φ.Ε. και ειδικότερα Χημεία ή οδεύουμε σε καταστάσεις όπως στην Αγγλία που η συμμετοχή στο GCE A level Chemistry είναι 5,7% και μόλις το 4,8% παίρνει βαθμό τουλάχιστον Ε. «Standards in Public Examinations 1975 to 1995» (OFSTED report 2000);

5.2 ΤΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Το ερωτηματολόγιο της έρευνας σκόπευε στη διερεύνηση των απόψεων τόσο στο επίπεδο της απαιτούμενης έμφασης στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών της Χημείας (περιεχόμενο αλλά και διαδικασία διδασκαλίας και μάθησης), όσο και στις γενικότερες εκπαιδευτικές πεποιθήσεις και στις υποκείμενες επιστημολογικές προσεγγίσεις. Οι προτάσεις που περιλήφθηκαν στο ερωτηματολόγιο επιλέχθηκαν μετά από συστηματική παρακολούθηση και μελέτη των διεθνών τάσεων με σημαντική επιρροή, αφού το ζητούμενο ήταν οι απόψεις των Χημικών και Χημικών Μηχανικών να διερευνηθούν σε σχέση με ό,τι είναι σύγχρονο και σημαντικό. Η λογική που βρίσκεται πίσω από την επιλογή των συγκεκριμένων προτάσεων και των κατηγοριοποιήσεών τους σε ενότητες βασίστηκε στο θεωρητικό πλαίσιο και τα εξής κεντρικά ερωτήματα:

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

5.3 ΤΟ ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Πραγματοποιήθηκε επί δύο χρόνια (2005-2007) έρευνα με σκοπό τη διερεύνηση των απόψεων των επιστημόνων Χημικών και Χημικών Μηχανικών στις σύγχρονες τάσεις στη Διδακτική της Χημείας. Η σύνθεση του σώματος των συμμετεχόντων στην έρευνα καθορίστηκε από την ερευνητική ομάδα, προφανώς με ιδιαίτερη βαρύτητα στα στελέχη της εκπαίδευσης σύμφωνα και με τους στόχους της έρευνας. Η συμμετοχή στην έρευνα ήταν επώνυμη και η κοινωνική σύνθεση του σώματος των συμμετεχόντων ανακοινώσιμη, αλλά οι απαντήσεις ανώνυμες. Δηλαδή είναι γνωστό ποιοι συμμετείχαν στην έρευνα καθώς και η επαγγελματική τους ταυτότητα, αλλά όχι ποιος προσωπικά διατύπωσε ποια άποψη. Παρόλα αυτά, η έρευνα δεν απευθύνθηκε αποκλειστικά σε εκπαιδευτικούς αλλά σε όλους, τους ενδιαφερόμενους να συμμετάσχουν με την ιδιότητα του Χημικού και Χημικού Μηχανικού. Η επιλογή αυτή ήταν συνειδητή και σύμφωνη με τη γενικότερη προοπτική αυτής της εργασίας. Η πλατφόρμα Φ.Ε./Χημεία-Τεχνολογία-Κοινωνία-Περιβάλλον πρότεινε ότι πρέπει να ενταχθούν και να αφομοιωθούν στα επιστημονικά μαθήματα οι κοινωνικές τους διαστάσεις, κατά συνέπεια όλα τα ενδιαφερόμενα μέρη στην κοινωνία πρέπει να εμπλακούν στην όποια πρωτοβουλία, αλλιώς οι ίδιες αντινομίες και αντιξοότητες θα επαναληφθούν. Αυτό έγινε έτσι ώστε να εντοπιστούν ομοιότητες και διαφορές στις απόψεις που κατέχονται από όσους εργάζονται εντός και εκτός του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος, και συνεπώς να συμβάλουν στην τρέχουσα συζήτηση σχετικά με το τι μπορεί να γίνει για να παραχθεί ένα επιτυχημένο πρόγραμμα σπουδών Χημείας (Gilbert 2006). Ο Gilbert υποστήριξε ότι το θέμα αυτό θα πρέπει να συζητηθεί πλήρως και να καταγραφεί από μια ομάδα που πρέπει να είναι αντιπροσωπευτική του συνόλου των φορέων στο νέο πρόγραμμα σπουδών συμπεριλαμβανομένων χημικών της παραγωγής, στελεχών της διαχείρισης της εκπαιδευτικής πολιτικής σε εθνικό επίπεδο, στελεχών των οργανισμών αξιολόγησης, καθηγητών που διδάσκουν εκπαιδευτικούς της Χημείας, και εκπαιδευτικών της Χημείας από το πλήρες φάσμα όλων των τύπων και των επιπέδων των σχολείων τα οποία πιθανόν να εμπλέκονται.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο:

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

6.1 Ο ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η επισκόπηση των απόψεων επιστημόνων Φ.Ε. εκπαιδευτικών ή μη είναι μία συνήθης ερευνητική πρακτική (Cohen and Manion 1994, Φίλιας κ.ά. 1996). Ενδεικτικά αναφέρονται μερικές μόνο μελέτες που έχουν διεξαχθεί από έλληνες ερευνητές στη χώρα μας ή στο εξωτερικό (επιπρόσθετα στις διεθνείς έρευνες οι οποίες αναφέρθηκαν στην εισαγωγή) όπως έρευνα σε

1. Φυσικούς διδάσκοντες Φ.Ε. (Βλάχος 2002),
2. 84 διδάσκοντες Χημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση σε Γυμνάσια και Λύκεια δύο Νομών της Βόρειας Ελλάδας (Καραγιάννη και Χατζημιχαήλ 2004 -μεταπτυχιακή εργασία του ΔΠΜΣ ΔΙΧΗΝΕΤ),
3. διδάσκοντες Φ.Ε. στην Αγγλία (Κουλαϊδής και Ogborn 1988, 1989) με ερωτήματα Διδακτικής αλλά και Επιστημολογίας,
4. 106 διδάσκοντες Φ.Ε. στην Ελληνική Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση (Κουλαϊδής, Αποστόλου 2002),
5. 84 συμμετέχοντες -25 Φυσικούς διδάσκοντες Φ.Ε., 49 φοιτητές Φυσικής, 10 ερευνητές και καθηγητές Α.Ε.Ι., και σε 10 άτομα της Φιλοσοφικής (Δεβελάκη 2003) στη Γερμανία σε ερωτήματα κυρίως Επιστημολογικά,
6. και τέλος, τη μελέτη συσχετίσεων ανάμεσα σε φιλοσοφικές και παιδαγωγικές αντιλήψεις εκπαιδευτικών Φυσικών Επιστημών (Αποστόλου & Κουλαϊδής 2008).

Η διαφορά στη διατριβή αυτή έγκειται στο ότι το υποκείμενο δεν αποτελείται αποκλειστικά από εκπαιδευτικούς (παρότι προφανώς οι καθηγητές Δευτεροβάθμιας και Τριτοβάθμιας εκπαίδευσης είναι οι ομάδες με τη μεγαλύτερη συμμετοχή στην έρευνα), αλλά και από Χημικούς και Χημικούς Μηχανικούς που απασχολούνται και εκτός εκπαίδευσης, π.χ. στην έρευνα (στα Α.Ε.Ι. και τα Ερευνητικά Ιδρύματα), ή είναι στελέχη στον ευρύτερο Δημόσιο τομέα ή στον Ιδιωτικό τομέα, ελεύθεροι επαγγελματίες κλπ.

Η ερευνητική μέθοδος που επιλέχτηκε, εκτός από την επισκόπηση απόψεων, έχει μία διάσταση που βασίζεται στην έρευνα τύπου «Δελφοί» (Linstone and Turrof (Eds.) 2002). Η κεντρική ιδέα είναι ότι η ερευνητική ομάδα καταρτίζει ένα ερωτηματολόγιο

με τις κυρίαρχες τάσεις, τις εγκυρότερες απόψεις και θέσεις, τα σημαντικότερα ευρήματα ερευνών κ.λ.π. για ευρεία ζητήματα και τα δίνει σε μία αντιπροσωπευτική ομάδα κατά τεκμήριο ειδικών για αξιολόγηση, κατάταξη σε θεματικές ενότητες και βαθμολόγηση ως προς τη συμφωνία. Η όλη διαδικασία είναι παρόμοια με μία έρευνα επισκόπησης απόψεων με κάποιες όμως σημαντικές διαφορές:

1. Η πιλοτική εφαρμογή δεν γίνεται σε τυχαίο δείγμα, αλλά σε μία ομάδα κατά τεκμήριο ειδικών με σύνθεση, κατά πρόβλεψη μόνο, ανάλογη με το τελικό δείγμα συμμετεχόντων.
2. Οι θεματικές ενότητες και οι προτάσεις του ερωτηματολογίου είναι έγκυρες αποφάνσεις για ευρεία ζητήματα με σκοπό να διερευνηθεί σε ποιες από αυτές υπάρχει ικανοποιητική σύγκλιση των απόψεων των ειδικών, και άρα προοπτική να έχουν αξία και ως μελλοντικοί άξονες πολιτικής. Σε μία άλλου τύπου έρευνα οι επιμέρους προτάσεις διερευνούν, απολογιστικά συνήθως, όψεις και διαστάσεις ενός σχετικά στενού κεντρικού ζητούμενου.
3. Η αξιολόγηση των προτάσεων είναι ποσοτική και κλειστή με αριθμητική βαθμολόγηση σε τακτική (ordinal scale) συνήθως κλίμακα, όπως και στην έρευνα επισκόπησης. Στην μεθοδολογία όμως τύπου «Δελφοί» εκτός από την επιλογή τους οι συμμετέχοντες μπορούν να διατυπώσουν και μια δική τους εναλλακτική πρόταση, σχόλιο, παρατήρηση κλπ. Όσες προτάσεις από αυτές, οι οποίες διατυπώνονται ανεξάρτητα από τον κάθε συμμετέχοντα, συγκεντρώνουν μια αξιόλογη συναίνεση προστίθενται στην έρευνα. Σε κάθε περίπτωση πάντως παρατίθενται και σχολιάζονται στα ευρήματα της έρευνας, συμβάλλοντας στον πλούτο των απόψεων. Δηλαδή, παρότι η μεθοδολογία είναι δομημένη και ποσοτική με τα πλεονεκτήματα της δυνατότητας στατιστικής επεξεργασίας, συνδυάζει μερικά από τα προτερήματα των ανοικτού τύπου ερευνών με συνεντεύξεις.
4. Το ερωτηματολόγιο, όπως διαμορφώνεται από την ομάδα των κριτών-αξιολογητών, δίνεται στους συμμετέχοντες στην έρευνα. Εάν είναι δυνατόν και σε δεύτερο και τρίτο γύρο μετά την παρέλευση αρκετά μεγάλου χρονικού διαστήματος, ώστε να διερευνηθούν οι πιθανές αλλαγές στις απόψεις των συμμετεχόντων, αλλά κυρίως η σταθερότητα των προτάσεων που παρουσιάζουν μεγάλη σύγκλιση στη συμφωνία (ή τη διαφωνία). Αυτές οι προτάσεις με τη μεγάλη σταθερότητα στη σύγκλιση των απόψεων θεωρούνται στις ερευνητικές μεθοδολογίες τύπου «Δελφοί» το κύριο αποτέλεσμα, αφού

θεωρούνται «ανθεκτικές» στο μέλλοντα χρόνο και ότι υποδεικνύουν κατά το δυνατόν προοπτικές με έγκυρη προβλεψιμότητα.

Η ιδέα πίσω από την επιλογή μιας τέτοιας μεθοδολογίας για αυτήν την έρευνα προέρχεται από το θεωρητικό μέρος της μεθόδου «Δελφοί» και την εμπειρία πολλών χρόνων παρακολούθησης των τεκταινομένων στο χώρο της Διδακτικής των Φ.Ε. και της Χημείας. Υπάρχουν πολλές εκπαιδευτικές θεωρίες και οι περισσότερες συνοδεύονται από μία θεωρία μάθησης, με το αντίστοιχο κάθε φορά επιστημολογικό υπόβαθρο. Στα διάφορα άρθρα που δημοσιεύονται, στις παρουσιάσεις σε συνέδρια ακόμα και στις ανοικτές συζητήσεις καθένας ακολουθεί λίγο ή πολύ μία προσέγγιση. Παρότι η ποικιλία των απόψεων και των διαφορετικών προσεγγίσεων που διατυπώνονται εμπλουτίζει την εμπειρία του κάθε μελετητή ατομικά, εξακολουθεί να είναι ζητούμενο η δυνατότητα σύγκλισης σε *μια κοινά αποδεκτή βάση*, έστω και ελάχιστη. Η μεθοδολογία τύπου «Δελφοί» επιτρέπει έναν έμμεσο «διάλογο» μεταξύ των συμμετεχόντων, δομημένο, γραπτό, χωρίς τον πλατειασμό του προφορικού λόγου και τους περιορισμούς της αμεσότητας, αλλά και τη δυνατότητα μετρήσιμης ποσοτικής αξιολόγησης (Cogan and Derricot 1998, Osborne et al. 2003, Leonie 2004).

Τα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι πολλά και θεωρείται κατ' εξοχήν επιτυχημένο εργαλείο επισκόπησης και προβλέψεων σε διάφορες κοινωνιολογικές έρευνες και ειδικότερα στην εκπαίδευση. Σχετικά πρόσφατα χρησιμοποιήθηκε σε Πανευρωπαϊκή έρευνα για την εκπαίδευση, στην οποία τον συντονισμό για τη χώρα μας είχε το Παρατηρητήριο της Εκπαίδευσης και το Ίδρυμα Μελετών Λαμπράκη. Τα έτη 1992 – 1996 κατά παραγγελία του Υπουργείου Βιομηχανίας και Ανάπτυξης σε διάφορους φορείς, μεταξύ των οποίων και το Ε.Μ.Π., χρησιμοποιήθηκε σε έρευνες πρόβλεψης σε τομείς της παραγωγής και της τεχνολογίας ενόψει της έλευσης του 21^{ου} αιώνα.

Στα μειονεκτήματα της μεθοδολογίας έχουν καταγραφεί η έλλειψη αμεσότητας, αφού δεν χρησιμοποιεί ανοικτές συνεντεύξεις, η έλλειψη συγκεκριμένου προσανατολισμού σε λίγα ερευνητικά ερωτήματα-στόχους, αλλά κυρίως το εγγενές πρόβλημα εγκυρότητας στην απαίτηση για προβλεψιμότητα.

Στον σχεδιασμό του ερωτηματολογίου της έρευνας όλες οι προτάσεις είχαν προσανατολισμό από τη σημερινή κατάσταση προς το μέλλον. Ερωτήματα απολογιστικά ή αξιολογητικά αποφεύχθηκαν κατά το δυνατόν. Το ερωτηματολόγιο

αυτό δεν αξιολογεί, δεν μετράει για να βρει απαντήσεις σε ένα κεντρικό ερώτημα. Καταγράφει και διερευνά τις απόψεις των συμμετεχόντων Χημικών και Χημικών Μηχανικών στα Επιστημονικά-Κοινωνιολογικά-Τεχνολογικά-Περιβαλλοντικά-Εκπαιδευτικά-Διδακτικά και Επιστημολογικά ζητήματα που περιλαμβάνονται στις προτάσεις. Δεν υπάρχουν ερωτήματα που να αξιολογούν και να μετρούν συγκεκριμένα, π.χ. τα Α.Π.Σ., τα διδακτικά βιβλία της Χημείας, τη συμβολή της Χημικής Εκπαίδευσης στην Παιδεία των μαθητών, τις στάσεις των μαθητών απέναντι στο μάθημα της Χημείας, ούτε το απαραίτητο για τέτοιου είδους μελέτες ζήτημα φύλου (άλλωστε το 70% των φοιτητών στα Χημικά τμήματα των Α.Ε.Ι. στην Ελλάδα είναι γυναίκες). Ο λόγος που τέτοια ζητήματα δεν συμπεριλαμβάνονται δεν είναι γιατί υποτιμάται η αξία τους, το αντίθετο. Για όλα αυτά τα ζητήματα και πολλά άλλα υπάρχουν ήδη πολλές και αξιόλογες διεθνείς έρευνες καθώς και στη χώρα μας.

Τα κυριότερα ερευνητικά συμπεράσματα, μαζί με τις κυρίαρχες διεθνώς θεωρητικές τάσεις και διαμορφωμένες θέσεις της βιβλιογραφίας, καταγράφονται στο ερωτηματολόγιο της έρευνας της διατριβής αυτής. Ειδικότερα, χρησιμοποιήθηκαν πηγές σχετικές με μελέτες απόψεων εκπαιδευτικών η/και επιστημόνων, όπως Κουλαϊδής και Ogborn (1988, 1989, 1995), Millar (1996), Millar και Osborne (1998), Famhy και Lagowski (1999), Sears και Sorensen (2000), Osborne (2003), Bennet (2003) και μελέτες με χρήση της μεθοδολογίας "Δελφοί" όπως Cogan και Derricot (1998) και η μελέτη για τη Μάθηση στην Ευρώπη: Παρατηρητήριο των Εθνικών και Διεθνών Εξελίξεων (LEONIE 2004).

Η πλειοψηφία των χαρακτηριστικών του θεωρητικού πλαισίου που περιγράφονται στην ενότητα 4.3.2 σχετικά με την έμφαση στο πρόγραμμα σπουδών, στις γενικές εκπαιδευτικές πεποιθήσεις και στις υποκείμενες επιστημολογικές οπτικές σαφώς αντανακλώνεται στο ερωτηματολόγιο, παρόλο που δεν ήταν δυνατόν, στην πράξη, στην έρευνα να περιλαμβάνονται στοιχεία σχετικά με κάθε χαρακτηριστικό. Οι προτάσεις/δηλώσεις αυτές δεν ήταν, κατά μια Καντιανή έννοια, a priori αναλυτικές, αλλά εκ των υστέρων συνθετικές. Δηλαδή, ήταν προτάσεις/δηλώσεις λογικά προερχόμενες και εξαγόμενες από αρχικά ευρήματα έρευνας και ζητείται από τους συμμετέχοντες να πουν με τι από όλα αυτά τα σημαντικά συμφωνούν και σε ποιο βαθμό. Διαμορφώθηκε έτσι, ένα ερωτηματολόγιο κατανεμημένο σε τρεις θεματικές ενότητες.

Συγκεκριμένα:

Θεματική ενότητα Α)

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

Θεματική ενότητα Β)

Θέματα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και της Χημείας.

Θεματική ενότητα Γ)

Θέματα Μεθοδολογίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών και της Χημείας.

Όπως φαίνεται ανωτέρω η πρώτη θεματική ενότητα, της κυρίως έμφασης στα ΑΠΣ, είναι αφιερωμένη στο Science, Technology, Society and Environment (STSE), του οποίου η βαρύτητα στη Διδακτική των Φ.Ε. είναι γνωστή για περισσότερο από δύο δεκαετίες και θα αναλυθεί ιδιαιτέρως παρακάτω. Η δεύτερη ενότητα, της κυρίως Διδακτικής των Φ.Ε. και της Χημείας, είναι αφιερωμένη στα ζητήματα εκπαιδευτικών/παιδαγωγικών πεποιθήσεων και θα αναλυθεί στη συνέχεια αφού αποτελεί τον πυρήνα της έρευνας. Η τρίτη ενότητα είναι η μόνη κατά κάποιο τρόπο απολογιστική που διερευνά τις επιστημολογικές θεωρήσεις των συμμετεχόντων, κάτι που κρίθηκε χρήσιμο αν όχι απαραίτητο για συσχετίσεις συγκλίσεων (ή διαφορών) απόψεων αφού, όπως προαναφέρθηκε, κάθε εκπαιδευτική θεώρηση συνοδεύεται από μία θεωρία μάθησης με το αντίστοιχο κάθε φορά επιστημολογικό υπόβαθρο.

6.2 ΟΙ ΦΑΣΕΙΣ ΚΑΙ Η ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Αρχικά σχηματίστηκε μια «δεξαμενή» περίπου εβδομήντα προτάσεων (Μάρτιος 2005) από τις οποίες επιλέχτηκαν οι σαράντα δύο. Το ερωτηματολόγιο της έρευνας καταρτίστηκε με τις προτάσεις αυτές ενταγμένες στις τρεις ήδη αναφερθείσες θεματικές ενότητες. Μετά σχηματίστηκε το ενιαίο ερωτηματολόγιο της πιλοτικής εφαρμογής (Απρίλιος 2005), στο οποίο οι προτάσεις κατανεμήθηκαν με τυχαία σειρά, όπως παρουσιάζεται στο Παράρτημα Ι. Από τους κριτές-αξιολογητές ζητήθηκε να τοποθετήσουν τις προτάσεις στις τρεις θεματικές ενότητες, να τις χαρακτηρίσουν ως προς το ενδιαφέρον, να τις βαθμολογήσουν ως προς τη συμφωνία σε πενταβάθμια κλίμακα Likert (1: καθόλου 2: λίγο 3: αρκετά 4: πολύ 5: πλήρως -με τον ίδιο τρόπο ακριβώς όπως και στην τελική φάση, ώστε να είναι αξιοποιήσιμα τα στοιχεία) και να μετρήσουν τον χρόνο που απαιτήθηκε μόνο για τη βαθμολόγηση. Στο τέλος, υπήρχε ειδική φόρμα για τη συνολική αξιολόγηση του ερωτηματολογίου, τις επιμέρους

παρατηρήσεις και τα σχόλια σε προτάσεις, την προσθήκη προτάσεων, την αλλαγή των κατηγοριοποιήσεων και γενικά ανοικτού τύπου δυνατότητα στον κριτή-αξιολογητή να ανατέμνει το ερωτηματολόγιο. Επίσης, οι κριτές συμπλήρωσαν ανώνυμα δημογραφικά στοιχεία και προαιρετικά, σε ξεχωριστή φόρμα αρκετά επιπλέον ατομικά στοιχεία για στατιστικούς λόγους. Η διαδικασία επίδοσης των ερωτηματολογίων και συλλογής των απαντήσεων των κριτών διήρκεσε από το Μάιο έως τον Οκτώβριο του 2005.

6.3 Η ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ

Η πιλοτική εφαρμογή (α' γύρος «Δελφοί») του ερωτηματολογίου έγινε σε μία ομάδα κριτών-αξιολογητών, κατά τεκμήριο ειδικών (ανταποκρίθηκαν 27 από τους 42 συνολικά στους οποίους δόθηκε). Δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή ώστε η δημογραφική σύνθεση της ομάδας να είναι, κατά πρόβλεψη μόνο, ανάλογη με το τελικό δείγμα των συμμετεχόντων.

Η ομάδα των κριτών-αξιολογητών περιελάμβανε:

- α) καθηγητές Α.Ε.Ι. όλων των βαθμίδων με ενασχόληση στο επιστημονικό αντικείμενο, αλλά και εμπλεκόμενους με διάφορους τρόπους στο πεδίο της Διδακτικής της Χημείας,
- β) καθηγητές Α.Ε.Ι. με κύρια ενασχόληση τη Διδακτική της Χημείας ή/και την Ιστορία και τη Φιλοσοφία των Φ.Ε.,
- γ) καθηγητές Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης με αυξημένα τυπικά προσόντα (μεταπτυχιακά ή/και διδακτορικά), με πολύχρονη διδακτική εμπειρία και εμπλοκή σε πρωτοβουλίες, επιτροπές εξετάσεων, συγγραφή βιβλίων κλπ,
- δ) στελέχη της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Κ.Ε.Ε., Σύμβουλοι, Υπεύθυνοι Εργαστηριακών Κέντρων Φ.Ε.),
- στ) νέους επιστήμονες που κάνουν έρευνα ή μεταπτυχιακές σπουδές και ασχολούνται και με τη Χημεία στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση (ενισχυτική διδασκαλία, φροντιστήρια/ιδιαίτερα) και τέλος,
- στ) μικρό αριθμό από υψηλόβαθμα στελέχη επιχειρήσεων χωρίς καμία άλλη σχέση με τη διδασκαλία της Χημείας, εκτός του γεγονότος ότι τη σπούδασαν στο Πανεπιστήμιο.

Η σύνθεση αυτή απεδείχθη τελικά αρκετά αντιπροσωπευτική και του τελικού δείγματος των συμμετεχόντων με τη διαφορά ότι εκεί διογκώνεται, όπως είναι φυσικό, το ποσοστό των καθηγητών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και προστίθεται ένας μικρός αλλά σημαντικός αριθμός συμμετοχών από τα ερευνητικά Ιδρύματα της χώρας.

Ακολούθησε η διαδικασία στάθμισης των αποτελεσμάτων της αξιολόγησης. Η βαθμολογία των προτάσεων από τους κριτές (26 και 1 ακόμη του οποίου οι απαντήσεις έφτασαν με χρονική καθυστέρηση και απλώς επιβεβαίωσαν τις ήδη διαμορφωθείσες) δεν αποτέλεσε σημαντικό κριτήριο σε αυτήν τη φάση, παρά αξιοποιήθηκε κυρίως για την παρακολούθηση της διαμόρφωσης της τάσης. Όμως, χρησιμοποιήθηκε για τα τελικά αποτελέσματα της έρευνας. Τα κύρια κριτήρια ελέγχου ήταν: η κατάταξη από τους κριτές των προτάσεων στις θεματικές ενότητες και ο βαθμός συμφωνίας τους με τον αρχικό σχεδιασμό, καθώς και το μέσο ποσοστιαίο ενδιαφέρον για κάθε πρόταση. Προτάσεις που δεν συγκέντρωσαν μέσο ποσοστιαίο ενδιαφέρον μεγαλύτερο από το κάτω όριο της διακύμανσης (Μ.Ο. - σταθερά απόκλισης) απορρίφθηκαν. Το ίδιο συνέβη και για τις προτάσεις που απέτυχαν να καταταχθούν από τους κριτές σε μία θεματική ενότητα και παρουσίασαν μέση συμφωνία μικρότερη από το κάτω όριο της διακύμανσης. Η απόρριψη έγινε ανεξάρτητα από το αν η πρόταση είχε πολύ μεγάλο βαθμό αποδοχής ή μεγάλο μέσο ποσοστιαίο ενδιαφέρον. Οριακές περιπτώσεις κρίθηκαν συνολικά με κριτήριο την εσωτερική ισορροπία των θεματικών ενότητων και του όλου ερωτηματολογίου. Πολύ μεγάλη σημασία δόθηκε σε παρατηρήσεις και σχόλια των κριτών. Με βάση αυτές τις υποδείξεις κάποιες προτάσεις διορθώθηκαν, διευκρινίστηκαν περαιτέρω, ενοποιήθηκαν ή διαχωρίστηκαν.

Το αποτέλεσμα της όλης διαδικασίας ήταν η μείωση του αριθμού των προτάσεων από *σαράντα δύο* σε *τριάντα δύο* στο τελικό ερωτηματολόγιο της έρευνας (βλέπε Παράρτημα Ι). Αυτή η μείωση του αριθμού των προτάσεων κατά σχεδόν 25% ήταν σε συμφωνία και με μία άλλη παράμετρο της έρευνας. Οι κριτές ανέφεραν μέσο χρόνο βαθμολόγησης των προτάσεων σχεδόν *σαράντα λεπτά* με μεγάλη διακύμανση από *είκοσι λεπτά* έως *πάνω από δύο ώρες*. Η μείωση του αριθμού των προτάσεων έφερε τον προσδοκώμενο μέσο χρόνο βαθμολόγησης κάτω από τα *τριάντα λεπτά* της

ώρας, το οποίο ήταν επιθυμητό ώστε να είναι σχετικά εύκολα εφικτή η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου.

Στο Παράρτημα I παρατίθενται:

- το ενιαίο ερωτηματολόγιο της πιλοτικής εφαρμογής,
- η βαθμολογία των προτάσεων από τους κριτές και ο απαιτούμενος χρόνος συμπλήρωσης του ερωτηματολογίου,
- η κατάταξη των προτάσεων στις θεματικές ενότητες, ο βαθμός συμφωνίας τους με τον αρχικό σχεδιασμό και το μέσο ποσοστιαίο ενδιαφέρον,
- τα αναλυτικά δεδομένα των απαντήσεων,
- όλα τα γραφήματα των αποτελεσμάτων με τις τάσεις και τις διακυμάνσεις,
- μερικά από τα κυριότερα σχόλια των κριτών, και
- δημογραφικά στατιστικά στοιχεία των κριτών.

6.4 Η ΚΥΡΙΑ ΦΑΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Μετά την προηγηθείσα επεξεργασία της πιλοτικής φάσης το ερωτηματολόγιο πήρε την τελική του μορφή και τον Δεκέμβριο του 2005 ξεκίνησε η κύρια φάση (β' γύρος «Δελφοί») της έρευνας, η οποία ολοκληρώθηκε τον Σεπτέμβριο του 2006. Παράλληλα (Μάιος-Ιούνιος 2006) πραγματοποιήθηκε μία επαναληπτική απαντητική διαδικασία από τους αρχικούς κριτές (ανταποκρίθηκε το ένα τρίτο του συνόλου, 9 από τους 27). Ένα περίπου χρόνο μετά την αρχική τους συμμετοχή κλήθηκαν να απαντήσουν ξανά (γ' γύρος «Δελφοί»), αλλά αυτή τη φορά στο τελικό ερωτηματολόγιο που παρουσιάζει διαφορές από το αρχικό. Το τελικό ερωτηματολόγιο της κύριας φάσης περιλαμβάνει 32 προτάσεις αντί για 42, κάποιες είναι τροποποιημένες και το κυριότερο, στο αρχικό ερωτηματολόγιο όλες οι προτάσεις των διαφόρων θεματικών ενοτήτων ήταν τοποθετημένες σε τυχαία σειρά ενώ στο τελικό κατά θεματική ενότητα. Παρόλα αυτά και παρά τις μικρές επιμέρους διαφορές, η συνολική τάση της επαναληπτικής βαθμολόγησης των κριτών ήταν σε πολύ μεγάλο βαθμό ίδια με την αρχική, αλλά ακόμα περισσότερο με την κεντρική τάση του συνόλου των απαντήσεων όλων των συμμετεχόντων (βλέπε Παράρτημα II).

Χρησιμοποιήθηκαν διάφοροι τρόποι για την προώθηση περίπου 1200 ερωτηματολογίων σε Χημικούς και Χημικούς Μηχανικούς, ανάλογα με την

περίπτωση και τις αντικειμενικές δυσκολίες (απόσταση-διαθέσιμος χρόνος-οικονομικά μέσα):

- 1) άμεση προσωπική επίδοση απαντητικού φακέλου με τη διεύθυνση αποστολής και τα γραμματόσημα, ο οποίος περιείχε την ενημερωτική επιστολή, τις έντυπες φόρμες του ερωτηματολογίου και των δημογραφικών δεδομένων αλλά και cd ή δισκέτα για ηλεκτρονική συμμετοχή,
- 2) έμμεση προσωπική επίδοση του προαναφερθέντος υλικού (Στελέχη της Εκπαίδευσης όπως Σύμβουλοι, Υπεύθυνοι Ε.Κ.Φ.Ε., εκπαιδευτικοί, ερευνητές κλπ αναλάμβαναν να προωθήσουν κάποιο αριθμό ερωτηματολογίων),
- 3) ηλεκτρονική αλληλογραφία με προσωπικά απευθυνόμενο μήνυμα e-mail,
- 4) ηλεκτρονική αλληλογραφία με e-mail απευθυνόμενο ανώνυμα προς τους Χημικούς και Χημικούς Μηχανικούς του φορέα στον οποίο αποστέλταν.

Με τον 1^ο και τον 2^ο τρόπο μοιράστηκαν συνολικά 300 περίπου απαντητικοί φάκελοι με ερωτηματολόγια. Με το 3^ο τρόπο στάλθηκαν περίπου 200 ερωτηματολόγια, και με τον 4^ο τρόπο στάλθηκαν περίπου 700 ερωτηματολόγια. Στον Πίνακα 6.1 παρουσιάζονται οι τρόποι διακίνησης των ερωτηματολογίων και τα δεδομένα αποστολής και απάντησης. Στον Πίνακα 6.2 συγκεντρώνονται τα συνολικά στοιχεία συμμετοχής και τα ποσοστά ανταπόκρισης ανά περίπτωση. Από τα στοιχεία προκύπτει σαφώς ένα γεγονός, διαπιστωμένο και από άλλες παρόμοιες έρευνες, δηλαδή ότι το ποσοστό ανταπόκρισης είναι ικανοποιητικό (πάνω από 15 έως 25%) μόνο στην περίπτωση προσωποποιημένης επίδοσης των ερωτηματολογίων (Robson 1993). Η έρευνα αυτή θα μπορούσε να περιοριστεί στο δείγμα των 500 (και των 42 κριτών,) οι οποίοι παρέλαβαν το ερευνητικό υλικό είτε με απαντητικό φάκελο είτε με προσωπικά e-mail και ανταποκρίθηκαν οι 107 (και 27 κριτές) σε ποσοστό μεγαλύτερο του 20%. Τα 700 απρόσωπα e-mail απέφεραν μόνο 14 απαντήσεις σε ποσοστό ανταπόκρισης μόλις 2%, αλλά συνεισέφεραν στον πλούτο των στοιχείων της έρευνας. Αξίζει να σημειωθεί η περίπτωση 8 απαντήσεων από εκπαιδευτικούς, οι οποίοι έλαβαν ένα e-mail απευθυνόμενο γενικά προς τους Χημικούς και Χημικούς Μηχανικούς του σχολείου, τύπωσαν το ερωτηματολόγιο, το απάντησαν και το έστειλαν ταχυδρομικά με δικά τους έξοδα.

Πίνακας 6.1: Διακίνηση ερωτηματολογίων και δεδομένα απαντήσεων

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ			
ΤΡΟΠΟΙ ΚΑΙ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΑΠΟΣΤΟΛΗΣ ΚΑΙ ΑΠΑΝΤΗΣΗΣ			
Α. ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΑΚΕΛΩΝ ΑΛΛΗΛΟΓΡΑΦΙΑΣ		Β. ΑΡΙΘΜΟΣ Ε-MAIL ΑΛΛΗΛΟΓΡΑΦΙΑΣ	
ΕΠΙΔΟΘΗΚΑΝ ΠΡΟΣΩΠΙΚΑ ΣΕ:		ΣΤΑΛΘΗΚΑΝ ΠΡΟΣΩΠΙΚΑ ΣΕ:	
ΣΧΜ ΕΜΠ, ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ ΕΚΠΑ, ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΙΔΡΥΜΑΤΑ, 15ο ΣΕΜ. ΔΧ, 3ο ΣΥΝ. ΕΔΙΦΕ, ΗΜΕΡΙΔΕΣ & ΔΙΑΛΕΞΕΙΣ ΕΙΕ - ΠΕΒ - ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ κλπ, ΓΧΚ, ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΑ, ΕΚΦΕ ΚΑΙ ΣΧΟΛΕΙΑ ΝΟΜΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ .		ΧΗΜΙΚΑ ΤΜΗΜΑΤΑ & ΣΧΜ ΑΕΙ	130
		ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΙΔΡΥΜΑΤΑ	40
		ΣΧΟΛΕΙΑ ΕΚΤΟΣ ΑΤΤΙΚΗΣ	23
		ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ	4
		ΠΟΛΙΤΙΚΟΥΣ & ΚΑΛΛΙΤΕΧΝΕΣ	3
ΣΥΝΟΛΟ Α	300	ΣΥΝΟΛΟ Β	200
ΚΡΙΤΕΣ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΤΕΣ	42		
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ Α	342		
		Γ. ΣΤΑΛΘΗΚΑΝ ΑΝΩΝΥΜΑ ΣΕ:	
		ΔΗΜΟΣΙΟΥΣ ΦΟΡΕΙΣ & ΔΕΚΟ	20
		ΕΤΑΙΡΕΙΕΣ & ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΕΣ	15
		ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΙΔΡΥΜΑΤΑ	5
		ΤΕΙ & ΟΕΕΚ	25
		ΜΕΓΑΛΑ ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΑ ΑΤΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΜΕΓΑΛΩΝ ΝΟΜΩΝ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ	10
		ΛΥΚΕΙΑ & ΠΡΟΤΥΠΑ -ΠΙΛΟΤΙΚΑ ΓΥΜΝΑΣΙΑ ΑΤΤΙΚΗΣ ΚΑΙ ΜΕΓΑΛΩΝ ΝΟΜΩΝ ΤΗΣ ΧΩΡΑΣ	625
		ΣΥΝΟΛΟ Γ	700
ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΘΗΚΑΝ:		ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΘΗΚΑΝ:	
ΕΠΙΣΤΡΟΦΗ ΙΔΙΟΧΕΙΡΩΣ	17	ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΑΠΟ ΣΧΟΛΕΙΑ ΤΥΠΩΜΕΝΩΝ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ	8
ΑΠΟΣΤΟΛΗ ΜΕ ΤΑ ΕΛΤΑ	37		
ΑΠΑΝΤΗΣΗ ΜΕ Ε-MAIL	20		
ΣΥΝΟΛΟ	74	<i>ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΜΕ Ε-MAIL:</i>	
ΚΡΙΤΕΣ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΤΕΣ	27	ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ ΜΕ Ε-MAIL	1
		ΣΕ ΠΡΟΣΩΠΙΚΑ ΣΤΑΛΘΕΝΤΑ Ε-MAIL	32
		ΣΕ ΑΝΩΝΥΜΑ ΣΤΑΛΘΕΝΤΑ Ε-MAIL	6
		ΣΥΝΟΛΟ	47

Πίνακας 6.2: Στοιχεία συμμετοχής στην έρευνα και ποσοστά ανταπόκρισης.

ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ ΣΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΠΟΣΟΣΤΑ ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΗΣ ΣΤΙΣ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΔΙΑΚΙΝΗΣΗΣ ΤΩΝ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ					
ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΣΥΜΜΕΤΟΧΗΣ		ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΝΤΑΠΟΚΡΙΣΗΣ:		Αρ.	%
ΣΥΝΟΛΟ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ	121	επί 300 ΦΑΚΕΛΩΝ ΑΛ/ΦΙΑΣ περίπου		74	25
ΚΡΙΤΕΣ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΤΕΣ	27	επί 200 ΠΡΟΣΩΠΙΚΩΝ E-MAIL περίπου		33	17
ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΝΟΛΟ	148	επί 700 ΑΝΩΝΥΜΩΝ E-MAIL περίπου		14	2
ΕΠΑΝ/ΚΕΣ ΑΠΑΝΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΤΩΝ	9	επί 1200 ΣΥΝΟΛΟΥ περίπου		121	10
ΓΕΝ. ΣΥΝΟΛΟ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ	130	επί 500 ΣΥΝ. ΠΡ.ΑΛ/ΦΙΑΣ περίπου		107	21
		επί 542 ΣΥΝ. ΠΡ. ΑΛ.&ΚΡΙΤΩΝ περίπου		134	25

Στο Παράρτημα II παρατίθενται σε πίνακες, σχήματα και γραφήματα:

- το τελικό ερωτηματολόγιο και σχετικό υλικό της έρευνας,
- τα αναλυτικά δεδομένα των απαντήσεων,
- όλα τα γραφήματα των αποτελεσμάτων με τις τάσεις και τις διακυμάνσεις και
- τα δημογραφικά στατιστικά στοιχεία των συμμετεχόντων.

6.5 ΤΟ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Το τελικό ερωτηματολόγιο τριάντα δύο (32) προτάσεων (P01...P32) διαμορφώθηκε, με τη διαδικασία που παρουσιάστηκε αναλυτικά παραπάνω, κατανεμημένο σε τρεις θεματικές ενότητες. Συγκεκριμένα:

Θεματική ενότητα Α)

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

(P01A1...P07A07, συνολικά 7 προτάσεις),

Θεματική ενότητα Β)

Θέματα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και της Χημείας

(P08B01...P21B14, συνολικά 14 προτάσεις),

Θεματική ενότητα Γ)

Θέματα Μεθοδολογίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών και της Χημείας

(P22Γ01...P32Γ11, συνολικά 11 προτάσεις)

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

Οι προτάσεις του ερωτηματολογίου κατηγοριοποιήθηκαν σε τρεις διαθεματικές ενότητες και παραμετροποιήθηκαν στις εξής συνολικές μεταβλητές:

- ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ = Μέσος Όρος 12 προτάσεων (P01A01, P04A04, P0A05, P09B02, P10B03, P11B04, P13B06, P17B10, P23Γ02, P24Γ03, P28Γ07, P30Γ09)
- ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ = Μέσος Όρος 8 προτάσεων (P08B01, P12B05, P14B07, P15B08, P16B09, P26Γ05, P27Γ06, P29Γ08)
- ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ = Μέσος Όρος 12 προτάσεων (P02A02, P03A03, P06A06, P07A07, P18B11, P19B12, P20B13, P21B14, P22Γ01, P25Γ04, P31Γ10, P32Γ11)

Πρέπει να σημειωθεί ότι οι συμμετέχοντες κλήθηκαν να βαθμολογήσουν τις προτάσεις των θεματικών ενότητων και όχι τις προσεγγίσεις. Τα πλαίσια προσεγγίσεων είναι διαθεματικές ενότητες του θεωρητικού πλαισίου και του σχεδιασμού της έρευνας και τα οποία παραμετροποιήθηκαν και ποσοτικοποιήθηκαν σε συνολικές μεταβλητές της στατιστικής εκ των υστέρων επεξεργασίας.

Οι προτάσεις που δίδονται ως παραδείγματα στον Πίνακα 6.3 καταδεικνύουν τον τρόπο με τον οποίο τα χαρακτηριστικά της κάθε συνιστώσας του θεωρητικού πλαισίου αντικατοπτρίζονται στο ερωτηματολόγιο της έρευνας. Για παράδειγμα η P05A05 θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει την ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ, δεδομένου ότι εκφράζει επιστημονική και τεχνολογική αισιοδοξία, ενώ η P03A03 θεωρείται ότι εκφράζει την προσέγγιση ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ, δεδομένου ότι αντιπροσωπεύει μια συστημική προσέγγιση. Με τον ίδιο τρόπο η P23Γ02 και η P24Γ03 θεωρούνται ότι αντιπροσωπεύουν την ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ, αφού περιλαμβάνουν την επαγωγή και την παραγωγή.

Πίνακας 6.3: Παραδείγματα της οργάνωσης του ερωτηματολογίου

ΠΛΑΙΣΙΟ	ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ Α	ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ Β	ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ Γ
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	P05A05 Η επιστημονική και τεχνολογική εξέλιξη μπορεί να οδηγήσει στην επίλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, παράλληλα με την οικονομική ανάπτυξη.	P10B03 Στις τελευταίες τάξεις του Λυκείου στη Θετική/ Τεχνολογική Κατεύθυνση είναι καλύτερο να διδάσκονται οι Φ.Ε. αναλυτικά ανά αντικείμενο από έμπειρους καθηγητές ειδικότητας.	P23Γ02 Η επιστημονική μέθοδος συνίσταται στη συλλογή παρατηρήσεων και πειραματικών δεδομένων για ένα πρόβλημα και την διατύπωση γενικευμένων υποθέσεων.
ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	ΚΑΜΙΑ ΠΡΟΤΑΣΗ	P14B07 Η σχολική Χημεία πρέπει να περιλαμβάνει κυρίως επιστημονική μεθοδολογία, τεχνικές/δεξιότητες πειραματισμού και τον χειρισμό/αξιολόγηση παρατηρήσεων και πειραματικών δεδομένων.	P29Γ08 Η νέα επιστημονική γνώση είτε εντάσσεται στο υπάρχον πλαίσιο, γνωστό και ως «Παράδειγμα», είτε παράγει ένα νέο πλαίσιο ασύμμετρο και ασύμβατο με το παλιό.
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	P03A03 Τα ζητήματα της ενέργειας, του περιβάλλοντος και των καυσίμων είναι αλληλένδετα κι έχουν κοινωνικές, πολιτικές και οικονομικές προεκτάσεις.	P18B11 Η χρήση υπολογιστών στη διδασκαλία της Χημείας επιτρέπει στους μαθητές να αποκτήσουν εποπτεία για φαινόμενα που η κλίμακα μεγέθους (μικρόκοσμος, μακρόκοσμος), η χρονική διάρκεια ή η επικινδυνότητα δεν επιτρέπουν την αναπαράστασή τους στην τάξη ή στο σχολικό εργαστήριο.	P22Γ01 Η σχετική με τις Φ.Ε. γνώση έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και αξία, με την έννοια ότι οδηγεί σε ένα συστηματικό τρόπο σκέψης που αποπειράται μια αντικειμενική περιγραφή της Φύσης.

Η πρόταση P18B11 θεωρείται ότι εκφράζει την προσέγγιση ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΠΕΑΛΙΣΜΟΥ, δεδομένου ότι εκφράζει την πεποίθηση ότι οι επιστημονικές θεωρίες μπορούν να παρουσιάζονται στις προσομοιώσεις των υπολογιστών όπου η άμεση εμπειρία δεν είναι δυνατή. Η πρόταση P14B07 θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει την ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ προσέγγιση, καθώς αναφέρεται σε έρευνες που διεξάγονται από τους μαθητές, αν και αυτό το στοιχείο θα μπορούσε να ανατεθεί σε οποιοδήποτε άλλο πλαίσιο προσέγγισης και θα αναμενόταν μια ομόφωνη αποδοχή. Παρόλα αυτά έλαβε μια μέτρια βαθμολογία ίση με το Μ.Ο. όλων των προτάσεων (βλ. Αποτελέσματα στον Πίνακα 7.2).

Η *εγκυρότητα* ενός ερωτηματολογίου κρίνεται από τη συνολική προσέγγιση στη μεθοδολογία της έρευνας, από την ύπαρξη ανάλογων μεθόδων και ερωτηματολογίων στη βιβλιογραφία και από την κρίση-αξιολόγησή του από την ομάδα των κριτών κατά την πιλοτική εφαρμογή, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται κατά το δυνατόν ότι το ερωτηματολόγιο επιτυγχάνει τον σκοπό για τον οποίο είχε σχεδιασθεί. Η *αξιοπιστία* ενός ερωτηματολογίου κρίνεται από το αν παράγει τα ίδια αποτελέσματα μετρώντας το ίδιο πράγμα επανειλημμένα (Κατσίλλης 2000). Έχουν ήδη αναφερθεί παραδείγματα εφαρμογής της επισκόπησης απόψεων επιστημόνων εκπαιδευτικών στην εκπαιδευτική έρευνα (Koulaidis and Ogborn 1987, 1988, 1989, van Driel et al. 2005, Shwartz et al. 2005) καθώς και της μεθοδολογίας «Δελφοί» στην κοινωνιολογική αλλά και στην εκπαιδευτική έρευνα (διεθνής εκπαιδευτική έρευνα των Cogan and Derricot 1998). Η αξιοπιστία του εργαλείου της έρευνας αυτής αποδείχτηκε υψηλή, αφού σε όλες τις φάσεις της έρευνας υπήρχε επαναληψιμότητα των τιμών. Τα στοιχεία από τα διάφορα στάδια της έρευνας, με αποκορύφωση την επαναληπτική απαντητική διαδικασία από τους αρχικούς κριτές, έδειξαν ότι η κεντρική τάση των μέσων όρων της βαθμολογίας των προτάσεων έχει διαμορφωθεί με μεγάλη αξιοπιστία (reliability, Cronbach $\alpha > 0.80$), δηλαδή είναι πολύ πιθανόν και στα 100 επόμενα απαντημένα ερωτηματολόγια τα 80 να έχουν ίδια στατιστική. Θεωρήθηκε λοιπόν ότι τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί είναι αντιπροσωπευτικά του δείγματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο:

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

7.1 ΑΡΧΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Τα στοιχεία της έρευνας έδειξαν ότι η κεντρική τάση έχει διαμορφωθεί με μεγάλη αξιοπιστία (reliability, Cronbach's $\alpha=0,818 > 0,80$) όπως φαίνεται στον Πίνακα 7.1. Θεωρήθηκε λοιπόν, ότι τα δεδομένα που έχουν συλλεχθεί είναι αντιπροσωπευτικά του δείγματος. Ο συντελεστής συσχέτισης στην πλειονότητα των προτάσεων ήταν ικανοποιητικός, κυμαινόμενος σε μέτρια επίπεδα σημαντικότητας (0,2-0,4), σύμφωνα με τα δεδομένα του Πίνακα 7.2 (Robson 1993). Η εγκυρότητα υποστηρίχθηκε από την επαναληψιμότητα των αποτελεσμάτων σε όλες τις φάσεις της έρευνας και ειδικά από τα αποτελέσματα της επαναληπτικής απάντησης των κριτών, όπως αναφέρθηκε ήδη (Φίλιας κ.ά. 1996, Ψαρρού, Ζαφειρόπουλος 2001, Μακράκης 2005).

Πίνακας 7.1: Αξιοπιστία κατά Cronbach

Cronbach's Alpha	N of Items
,818	32

Case Processing Summary		N	%
Cases	Valid	148	100,0
	Excluded(a)	0	,0
	Total	148	100,0

Μόνο σε δύο περιπτώσεις από τις 32 προτάσεις, στις προτάσεις P17B10 και P32Γ11, οι συσχετίσεις δεν ήταν σημαντικές και, κατά συνέπεια, το συνολικό alpha του Cronbach θα ήταν ελαφρώς μεγαλύτερο (0.822 και 0.823 αντί 0.818), εάν αυτά τα στοιχεία είχαν διαγραφεί. Η αναμενόμενη αύξηση της τιμής των alpha του Cronbach όμως ήταν μικρή, και έτσι για να μη διαταραχθεί η συνολική ισορροπία του ερωτηματολογίου σε όλες τις θεματικές ενότητες, τα στοιχεία παρέμειναν στη συνολική αξιολόγηση. Μια προσεκτική ματιά στα αποτελέσματα σύμφωνα με τα δεδομένα του Πίνακα 7.2 έδειξε ότι έντεκα προτάσεις είχαν πολύ υψηλές μέσες βαθμολογίες (πάνω από 4,0) υποδεικνύοντας υψηλό βαθμό συμφωνίας στις απόψεις των ερωτώμενων με τις σχετικές δηλώσεις. Από την άλλη πλευρά, τέσσερις προτάσεις είχαν πολύ μικρές μέσες βαθμολογίες (<2.5).

Πίνακας 7.2: Ο Μ.Ο. βαθμολόγησης όλων των προτάσεων και η αξιοπιστία κατά Cronbach's alpha.

ΚΩΔΙΚΟΙ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση Std. Dev.	N	Συσχέτιση Corrected Item-Total Correlation	Διόρθωση Cronbach's Alpha if Item Deleted
P01A01	4,14	,997	148	,361	,812
P02A02	4,22	,961	148	,430	,810
P03A03	4,69	,746	148	,442	,811
P04A04	3,28	1,365	148	,287	,814
P05A05	3,59	1,365	148	,398	,810
P06A06	4,59	,816	148	,417	,812
P07A07	4,26	1,169	148	,400	,810
P08B01	2,40	1,384	148	,228	,817
P09B02	3,32	1,385	148	,255	,816
P10B03	4,47	1,084	148	,231	,816
P11B04	2,48	1,286	148	,275	,815
P12B05	4,05	,985	148	,229	,816
P13B06	1,97	,969	148	,351	,813
P14B07	3,49	1,301	148	,342	,812
P15B08	2,05	1,266	148	,295	,814
P16B09	3,18	1,355	148	,461	,808
P17B10	3,03	1,304	148	,080	,822
P18B11	4,26	,891	148	,126	,818
P19B12	3,39	1,469	148	,246	,816
P20B13	3,95	1,200	148	,362	,812
P21B14	4,00	1,113	148	,505	,807
P22Γ01	4,25	,947	148	,269	,815
P23Γ02	3,15	1,274	148	,387	,811
P24Γ03	3,45	1,300	148	,446	,808
P25Γ04	3,51	1,248	148	,438	,809
P26Γ05	2,88	1,329	148	,278	,815
P27Γ06	2,63	1,382	148	,303	,814
P28Γ07	3,30	1,323	148	,428	,809
P29Γ08	3,22	1,529	148	,404	,810
P30Γ09	2,53	1,372	148	,305	,814
P31Γ10	2,91	1,637	148	,347	,812
P32Γ11	4,05	1,308	148	,040	,823

Αυτά τα αποτελέσματα καταδεικνύουν μια σημαντική συνοχή μεταξύ των ερωτηθέντων να διαφωνούν με αυτές τις δηλώσεις. Έτσι, οι προτάσεις/δηλώσεις αυτές μπορούν να θεωρηθούν πολύτιμες κατά την εξέταση μελλοντικών εκπαιδευτικών στρατηγικών σχεδιασμών, αφού με συνέπεια συγκεντρώνουν τη συναίνεση ή την απόρριψη αντίστοιχα (βλέπε προτάσεις ερωτηματολογίου στο Παράρτημα II και τις αναλύσεις των αποτελεσμάτων των επιμέρους θεματικών ενότητων Α, Β, Γ, οι οποίες έπονται).

Εξετάζοντας τα αποτελέσματα με περισσότερη λεπτομέρεια διαπιστώθηκε ότι παρουσίαζαν *πολύ υψηλές* μέσες βαθμολογίες οι παρακάτω προτάσεις:

1) Οι P01A01, P02A02, P03A03, P06A06 και P07A07 από την θεματική ενότητα **A**. Αυτές αφορούσαν θέματα όπως η σημασία της επιστημονικής γνώσης για τον εικοστό αιώνα, η σχέση μεταξύ της περιβαλλοντικής κρίσης και των οικονομικών, κοινωνικών και πολιτικών παραγόντων, η ανάγκη για την ανάπτυξη εναλλακτικών και ανανεώσιμων ενεργειακών πηγών/πόρων, καθώς και την ανάγκη να παρέχεται στους πολίτες του αύριο η ικανότητα να κατανοήσουν τις περίπλοκες αλληλεπιδράσεις μεταξύ Επιστήμης-Χημείας, Τεχνολογίας, Κοινωνίας και του Περιβάλλοντος.

2) Οι P10B03, P12B05, P18B11 και P21B14 από τη θεματική ενότητα **B** της διδακτικής της Χημείας. Αυτές αφορούσαν θέματα όπως, η ανάγκη να αντιμετωπιστούν οι προσδοκίες των μαθητών με στόχο την επιστημονική σταδιοδρομία και τη διατήρηση υψηλού ακαδημαϊκού επιπέδου, το ζήτημα των μαθητικών παρανοήσεων στην επιστήμη, το πλήθος και τον πλουραλισμό των προοπτικών που παρέχονται από τις Τεχνολογίες της Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) στη χημική εκπαίδευση, καθώς και η ανάγκη για μια «συστημική» προσέγγιση η οποία αναφέρεται και σχετίζεται με τα ενδιαφέροντα των μαθητών, στα μαθήματα Χημείας στη γενική παιδεία.

3) Οι P22Γ01 και P32Γ11 από τη θεματική ενότητα **Γ** της Επιστημολογίας των Φ.Ε και της Χημείας. Αυτές αφορούσαν επιστημολογικά ζητήματα όπως η ειδική θέση και το κύρος των επιστημονικών γνώσεων και ο αντι-αναγωγισμός.

Από την άλλη πλευρά, *πολύ μικρές* μέσες βαθμολογίες παρουσιάζουν οι προτάσεις:

1) Οι P08B01, P11B04, P13B06 και P15B08 από τη θεματική ενότητα **B** της διδακτικής της Χημείας. Κάθε μία από αυτές τις δηλώσεις προσέλευσε τη διαφωνία.

Η P08B01 αφορούσε την εισαγωγή της επιστήμης στο σχολείο ως ένα ενιαίο μάθημα, το αποτέλεσμα της έρευνας είναι αντίθετο προς τις προσδοκίες (Τσαπαρλής 2008). Η P11B04 περιέχει το ζήτημα της μη παρουσίας της ιστορικής διάστασης της επιστήμης στην εκπαίδευση, και το αποτέλεσμα εδώ ήταν σύμφωνο με τα αναμενόμενα. Παρόλα αυτά η Κιντή (2005) πρότεινε ότι μπορεί να υπάρχουν θέματα ανοικτά προς συζήτηση σε αυτό το ζήτημα βάσει των σχετικών προβληματισμών του Kuhn σε αντίθετη κατεύθυνση. Η P13B06 πρότεινε ότι το περιεχόμενο της Χημείας του σχολείου θα πρέπει να περιλαμβάνει μόνο νόμους και θεωρίες, και τέλος η P15B08 αναφέρεται στο θέμα της μάθησης και της διδασκαλίας της Χημείας μόνο μέσω ανοικτών διερευνήσεων.

Οι υπόλοιπες προτάσεις (17) είχαν μέτριες μέσες βαθμολογίες (3,5 ήταν ο συνολικός μέσος όρος) και σχετικά υψηλές τυπικές αποκλίσεις, παρουσιάζουν δηλαδή μεγάλη διακύμανση στις απόψεις των συμμετεχόντων. Χαρακτηριστικά, η πρόταση P14B07 σχετικά με τη σημασία της επιστημονικής μεθοδολογίας και των ερευνητικών και πειραματικών δεξιοτήτων στη σχολική Χημεία, όπου αναμενόταν ομόφωνη αποδοχή με βάση τις σχετικές παρατηρήσεις από μερικούς εμπειρογνώμονες στην πιλοτική μελέτη, παρήγαγε μια μέτρια μέση βαθμολογία (3,5) ακριβώς ίδια με τη συνολική μέση τιμή και μία υψηλή Τυπική Απόκλιση (1.3).

Τα ερευνητικά αποτελέσματα των δια-θεματικών συνολικών μεταβλητών, οι οποίες αντιπροσωπεύουν και παραμετροποιούν τα αντίστοιχα πλαίσια προσέγγισης, παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.3.

Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι:

- Η προσέγγιση ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΙΣΜΟΥ συγκέντρωσε σημαντικά υψηλότερο Μ.Ο. βαθμολογίας (4.008) σχετικά με τα άλλα πλαίσια προσέγγισης, σημαντικά μεγαλύτερο από το γενικό Μέσο Όρο (3,46).
- Ακολούθησε η ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ προσέγγιση με μέτρια αποτελέσματα (3,226) κάτω από το γενικό Μ.Ο.
- Η ΚΟΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ προσέγγιση ήταν τελευταία με μέτρια αποτελέσματα (2,988) σημαντικά χαμηλότερα από το γενικό Μ.Ο.

Πίνακας 7.3: Μ.Ο. των συνολικών δια-θεματικών μεταβλητών.

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

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

7.2 ΠΑΡΑΓΟΝΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Οι συσχετίσεις μεταξύ των προτάσεων αναζητήθηκαν με τη διενέργεια παραγοντικής ανάλυσης (Factor analysis) με τη χρήση του λογισμικού πακέτου SPSS 13. Ο σκοπός αυτής της διερεύνησης ήταν να απαντηθεί κατά το δυνατόν το δεύτερο κεντρικό ερώτημα της έρευνας (Cohen and Manion 1994), το οποίο αναζητά συσχετίσεις στις απόψεις των συμμετεχόντων. Οι πρώτοι πέντε κύριοι παράγοντες που εξήχθησαν (Eigenvalues >1,0), οι οποίοι συνολικά εξηγούσαν περίπου το 45,5% της ολικής διακύμανσης των τιμών, χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία αντίστοιχων Υπερ-μεταβλητών. Οι Υπερ-μεταβλητές είναι ανεξάρτητες από κάθε αρχικό σχεδιασμό και προκύπτουν μόνο από την στατιστική ανάλυση των δεδομένων και των συσχετίσεων μεταξύ των τιμών των μεταβλητών. Από τις προτάσεις που απαρτίζουν κάθε Υπερ-μεταβλητή, είναι φανερό ότι οι απόψεις των συμμετεχόντων δεν εντάσσονται με αυστηρότητα σε ένα πλαίσιο προσέγγισης με εσωτερική συνέπεια και συνεκτικότητα.

Παρατίθεται παρακάτω η σύνθεση κάθε Υπερ-μεταβλητής που προκύπτει από τις προτάσεις που την αποτελούν. Σημειώνεται ότι ο τρόπος γραφής κάθε πρότασης υποδεικνύει σε ποια προσέγγιση έχει ταξινομηθεί, όπου η ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ παρουσιάζεται με *πλάγια γραφή*, η ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ παρουσιάζεται με υπογραμμισμένη γραφή και τέλος η ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ παρουσιάζεται με κανονική όρθια γραφή.

Υπερ-μεταβλητή 1 = Μ.Ο. 8 προτάσεων (P03A03, P06A06, P02A02, *P01A01*, P20B13, P07A07, *P04A04*, *P0A05*) και εξηγεί περίπου 12.5% της ολικής διακύμανσης. Συνίσταται από το σύνολο της θεματικής ενότητας Α και την αναγκαιότητα για «συστημική» προσέγγιση (πρόταση P20B13) στη διδασκαλία της Χημείας, βασισμένη στη διαθεματικότητα.

Υπερ-μεταβλητή 2 = Μ.Ο. 8 προτάσεων (*P23Γ02*, *P24Γ03*, P16B09, *P11B04*, P26Γ05, *P28Γ07*, P21B14, P27Γ06) και εξηγεί περίπου 10% της ολικής διακύμανσης. Συνίσταται από προτάσεις σχετικές με την επιστημονική μέθοδο, την επιστημονική πρόοδο, την ιστορική διάσταση της διδακτικής των Φ.Ε., τη διερευνητική φύση της διδασκαλίας της Χημείας και την ανάγκη για ένα μάθημα Χημείας Γενικής Παιδείας, σύμφωνα με τα ενδιαφέροντα των μαθητών.

Υπερ-μεταβλητή 3 = Μ.Ο. 6 προτάσεων (*P30Γ09*, P31Γ10, P29Γ08, *P10B03*, *P09B02*, P25Γ04) και εξηγεί περίπου 9% της ολικής διακύμανσης. Συνίσταται από κεντρικά επιστημολογικά ζητήματα, όπως τα κατάλληλα κριτήρια για επιλογή μεταξύ θεωριών, την αλλαγή «Παραδειγμάτων», τον αναγωγισμό και την ανάδυση καθώς και την ανάγκη διατήρησης υψηλών ακαδημαϊκών απαιτήσεων για τους μαθητές που προσβλέπουν σε επιστημονική σταδιοδρομία.

Υπερ-μεταβλητή 4 = Μ.Ο. 5 προτάσεων (P15B08, P08B01, P14B07, *P13B06*, *P17B10*) και εξηγεί περίπου 7.5% της ολικής διακύμανσης. Συνίσταται από εκπαιδευτικά ζητήματα, όπως το ενιαίο μάθημα Φ.Ε., το κατάλληλο περιεχόμενο του μαθήματος Χημείας, την εποικοδομητική διδασκαλία και μάθηση, τις ανοικτές διερευνήσεις καθώς και τους περιορισμούς των ΤΠΕ στη χημική εκπαίδευση.

Υπερ-μεταβλητή 5 = Μ.Ο. 5 προτάσεων (P32Γ11, P22Γ01, P18B11, P19B12, P12B05) και εξηγεί περίπου 6.5% της ολικής διακύμανσης. Συνίσταται από επιστημολογικά θέματα, όπως το ειδικό κύρος της επιστημονικής γνώσης και ο αντι-

αναγωγισμός καθώς και από εκπαιδευτικά θέματα όπως οι δυνατότητες που παρέχουν οι ΤΠΕ στη χημική εκπαίδευση, η διδακτέα ύλη για ένα περιεκτικό μάθημα Χημείας και οι παρανοήσεις των μαθητών στην κατανόηση της επιστήμης.

Τα συνολικά αποτελέσματα των Υπερ-μεταβλητών παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.4.

Πίνακας 7.4: Μ.Ο. των συνολικών Υπερ-μεταβλητών.

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

Οι **Υπερ-μεταβλητές 1 και 5** αποτελούνται κυρίως από προτάσεις της προσέγγισης ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΠΡΑΛΙΣΜΟΥ μαζί με συσχετισμένες προτάσεις από τις άλλες προσεγγίσεις και έχουν σημαντικά μεγαλύτερο Μ.Ο. βαθμολογίας. Οι **Υπερ-μεταβλητές 2 και 3** αποτελούνται κυρίως από ακαδημαϊκές προτάσεις και λίγες κonstrouκτιβιστικές και έχουν μέτριο Μ.Ο. βαθμολογίας. Η **Υπερ-μεταβλητή 4** αποτελείται κυρίως από κonstrouκτιβιστικές και ακαδημαϊκές εκπαιδευτικές θέσεις και έχει πολύ μικρό Μ.Ο. βαθμολογίας.

Η **Υπερ-μεταβλητή 1**, η οποία περιέχει όλη τη θεματική ενότητα Α (Θέματα Εκπαίδευσης σε σχέση με την Επιστήμη, την Τεχνολογία, την Κοινωνία και το Περιβάλλον) και την αναγκαιότητα για «συστημική» προσέγγιση (πρόταση P20B13) στη διδασκαλία της Χημείας, παρουσιάζει τον μεγαλύτερο Μ.Ο. βαθμολογίας και εξηγεί μόνη της περίπου το 12,5% της ολικής διακύμανσης των τιμών.

Το ερευνητικό αυτό αποτέλεσμα δικαιολογεί την εξαγωγή του συμπεράσματος ότι:

Η διαθεματική προσέγγιση, με βάση την πλατφόρμα Φ.Ε./Χημεία-Τεχνολογία-Κοινωνία-Περιβάλλον προβάλλεται ως η επικρατέστερη άποψη για την απαιτούμενη έμφαση στο Πρόγραμμα Σπουδών.

7.3 ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΩΝ ΑΝΑ ΣΥΣΤΑΔΕΣ

Στη συνέχεια, οι απαντήσεις εισήλθαν σε μια ιεραρχική ανάλυση διασποράς για να διερευνηθεί κατά πόσον είναι δυνατόν να προσδιοριστούν υποομάδες που

αντιστοιχούν στα προαναφερθέντα πλαίσια προσέγγισης και τις δομές πεποιθήσεων (Howitt και Cramer 2005). Σε μια τέτοια ανάλυση, δεν υπάρχει εκ των προτέρων κριτήριο το οποίο χρησιμοποιείται για να κατατάξει τους συμμετέχοντες. Αντίθετα, οι ομοιότητες μεταξύ των απαντήσεων των ερωτηθέντων αναλύονται ώστε να ομαδοποιηθούν οι μεμονωμένοι συμμετέχοντες σε συστάδες (clusters). Η Μέθοδος του Ward, η οποία έχει σχεδιαστεί για να βελτιστοποιήσει την ελάχιστη διακύμανση εντός των συστάδων, χρησιμοποιήθηκε και, με επίκεντρο την αύξηση του τετράγωνου της ευκλείδειας απόστασης στο στάδιο συσσώρευσης, επιλέχθηκε μία λύση τριών συστάδων. Οι απαντήσεις των συμμετεχόντων κατανεμήθηκαν μεταξύ αυτών των τριών συστάδων ως εξής: 70 απαντήσεις ταξινομήθηκαν ως συστάδα Ward's method 1, 38 σχημάτισαν τη συστάδα Ward's method 2, και 40 ταξινομήθηκαν στη συστάδα Ward's method 3. Η μέση βαθμολογία των τριών συστάδων σχετικά με τις τρεις καθολικές μεταβλητές-πλαίσια προσεγγίσεων και τις πέντε Υπερ-μεταβλητές παρουσιάζονται στους Πίνακες 7.5 και 7.6.

Πίνακας 7.5: Βαθμολόγηση των πλαισίων προσεγγίσεων ανά συστάδα

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑ ΣΥΣΤΑΔΕΣ		ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ
1	M.O.	3,500	3,384	4,3333
	N	70	70	70
	Τυπική Απόκλιση	,4430	,5171	,38280
2	M.O.	3,171	2,842	3,9693
	N	38	38	38
	Τυπική Απόκλιση	,5352	,4452	,34843
3	M.O.	2,798	2,434	3,4750
	N	40	40	40
	Τυπική Απόκλιση	,5633	,6156	,59082
ΣΥΝΟΛΟ	M.O.	3,226	2,988	4,0079
	N	148	148	148
	Τυπική Απόκλιση	,5786	,6629	,56572

Οι τιμές στους Πίνακες 7.5 και 7.6 αποκαλύπτουν ότι οι μέσες βαθμολογήσεις μειώνονται σημαντικά από τη συστάδα 1 προς τη συστάδα 3, με μία μόνο εξαίρεση στην **Υπερ-μεταβλητή 3**, όπου η συστάδα παρουσίασε μια υψηλότερη μέση βαθμολόγηση από τη συστάδα 2. Η προσέγγιση ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ έδειξε σταθερά υψηλότερη μέση βαθμολογία, ακολουθούμενη από την

ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ προσέγγιση, με τελευταία την ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ προσέγγιση.

Πίνακας 7.6: Βαθμολόγηση των Υπερ-μεταβλητών ανά συστάδα

ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΤΑ ΣΥΣΤΑΔΕΣ		Υπερ-μεταβλητή 1	Υπερ-μεταβλητή 2	Υπερ-μεταβλητή 3	Υπερ-μεταβλητή 4	Υπερ-μεταβλητή 5
1	M.O.	4,398	3,471	3,826	2,837	4,203
	N	70	70	70	70	70
	Τυπική Απόκλιση	,3960	,4964	,4943	,6094	,6209
2	M.O.	4,118	3,280	2,750	2,426	4,063
	N	38	38	38	38	38
	Τυπική Απόκλιση	,4221	,4645	,6641	,7699	,6258
3	M.O.	3,525	2,403	2,963	2,310	3,590
	N	40	40	40	40	40
	Τυπική Απόκλιση	,9491	,8676	,8799	,9170	,7059
ΣΥΝΟΛΟ	M.O.	4,090	3,133	3,316	2,589	4,001
	N	148	148	148	148	148
	Τυπική Απόκλιση	,6998	,7581	,8197	,7772	,6914

Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν με τις **Υπερ-μεταβλητές 1 και 5** που συνδέονται στενά με τη προσέγγιση ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ, και τις **Υπερ-μεταβλητές 2 και 3**, οι οποίες σχετίζονται κυρίως με την ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ προσέγγιση. Η **Υπερ-μεταβλητή 4**, η οποία συνίσταται μόνο από τα εκπαιδευτικά ζητήματα που σχετίζονται με την ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ προσέγγιση, παρουσίασε πολύ χαμηλές μέσες βαθμολογίες και στις τρεις συστάδες, σημαντικά χαμηλότερες από το συνολικό μέσο όρο. Εκτός από την στατιστικώς σημαντική διαφορά στις μέσες βαθμολογίες, οι τρεις συστάδες δεν εμφανίζουν διαφοροποιήσεις στις δομές πεποιθήσεων, με συνέπεια καμία συστάδα να μην μπορεί να συσχετισθεί διακριτά με ένα συγκεκριμένο πλαίσιο προσέγγισης.

Επίσης, πραγματοποιήθηκαν μία σειρά *t*-tests που περιλαμβάνουν στατιστικά Levene για την ομοιογένεια των διακυμάνσεων, έτσι ώστε να ελεγχθούν αφενός η δημογραφική σύνθεση των συστάδων και αφετέρου οι στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις υποομάδες του δείγματος με σκοπό να απαντηθεί το τρίτο κεντρικό ερώτημα της έρευνας (βλέπε ενότητα 5.2). Ο έλεγχος για την ύπαρξη συσχετίσεων έγινε μεταξύ της βαθμολογίας των προτάσεων και των σχετικά μεγάλων σε πλήθος δημογραφικών υποομάδων του δείγματος (βασικό πτυχίο, επίπεδο και

είδος μεταπτυχιακών σπουδών, φύλο, τύπος επαγγελματικής δραστηριότητας, ηλικία, επαγγελματική δραστηριότητα στην εκπαίδευση ή εκτός κ.ά.) έτσι ώστε να τηρούνται οι προϋποθέσεις κανονικότητας ($N \geq 30$, Γιαλαμάς 2004). Τα κύρια δημογραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων παρουσιάζονται στους Πίνακες 7.7.

Οι δημογραφικές υποομάδες των συμμετεχόντων και η αντίστοιχη μέση βαθμολογία των πλαισίων προσέγγισης παρουσιάζονται στους Πίνακες 7.8 και 7.9.

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης είναι ενδιαφέροντα και παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω. Μεγάλες υποομάδες του δείγματος δεν δίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (άνδρες-γυναίκες, Χημικοί-Χημικοί Μηχανικοί, Τριτοβάθμια-Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, Αττική-υπόλοιπη Ελλάδα κ.ά.), παρά μόνο σε κάποιες επιμέρους περιπτώσεις, οι οποίες όμως δεν επηρεάζουν σημαντικά τη διαμόρφωση των συνολικών προσεγγίσεων. Οι μόνοι παράγοντες που δίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές, είναι το επίπεδο και το είδος των μεταπτυχιακών σπουδών, η επαγγελματική δραστηριότητα εντός του εκπαιδευτικού τομέα ή εκτός, και η ηλικιακή κατάταξη.

Πίνακας 7.7: Γενικά δημογραφικά χαρακτηριστικά συμμετεχόντων

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΕΠΙΠΕΔΟ/ΕΙΔΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ		ΕΙΔΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧ. ΣΠΟΥΔΩΝ	
		ΑΡΙΘΜΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ	ΑΡΙΘΜΟΣ
ΧΗΜΙΚΟΣ	108	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	42	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	25
				ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ	17
		ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ	26	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	6
				ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ	20
ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ	40	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	16	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	15
				ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ	1
		ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ	17	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	17
ΑΝΔΡΑΣ	94				
ΓΥΝΑΙΚΑ	54				
ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	58	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	40		
		ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ	18		
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ/ Υ.Δ.	43	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	23		
		ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ	20		
ΠΤΥΧΙΟ/ΔΙΠΛΩΜΑ	47				
ΤΡΙΤΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠ/ΣΗ (49) ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΙΔΡΥΜΑΤΑ (9)	58	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	38	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	33
				ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ	5
		ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ	16	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	16
				ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ	
ΠΤΥΧΙΟ/ΔΙΠΛΩΜΑ	4	ΜΕΤΑΠΤΥΧ. ΦΟΙΤΗΤΕΣ			
ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠ/ΣΗ (73) ΚΑΙ ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΑ (5)	78	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	17	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	4
				ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ	13
		ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ	22	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	4
				ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ	18
ΠΤΥΧΙΟ/ΔΙΠΛΩΜΑ	39				
ΙΔΙΩΤΙΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ	9	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	2	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	2
		ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ	4	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	3
				ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ	1
ΔΗΜΟΣΙΟΣ ΤΟΜΕΑΣ	3	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	1	ΕΠΙΣΤΗΜΗ	1
		ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ	1	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ	1
ΗΛΙΚΙΑ	148	22-29	26		
		30-39	21		
		40-49	65		
		50-59	32		
		60+	4		

Πίνακας 7.8: Βαθμολόγηση των πλαισίων προσεγγίσεων από την υποομάδα των Χημικών

ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑ ΒΑΣΙΚΟ ΠΤΥΧΙΟ ΚΑΙ ΑΝΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ							N	M.O.
ΒΑΣΙΚΟ ΠΤΥΧΙΟ	ΧΗΜΙΚΟΣ	ΗΛΙΚΙΑ	ΑΠΟ 22 - 29	ΦΥΛΟ	ΑΝΔΡΑΣ	ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΗ	6	3,5
						ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	6	2,9
						ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	6	3,9
					ΓΥΝΑΙΚΑ	ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΗ	2	2,9
						ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	2	2,2
						ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	2	3,6
			ΑΠΟ 30 - 39	ΦΥΛΟ	ΑΝΔΡΑΣ	ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΗ	8	3,4
						ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	8	3,1
						ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	8	4,1
					ΓΥΝΑΙΚΑ	ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΗ	5	3,6
						ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	5	3,2
						ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	5	4,3
		ΑΠΟ 40 - 49	ΦΥΛΟ	ΑΝΔΡΑΣ	ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΗ	37	3,2	
					ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	37	3,0	
					ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	37	4,0	
				ΓΥΝΑΙΚΑ	ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΗ	23	2,9	
					ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	23	2,8	
					ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	23	4,0	
		ΑΠΟ 50 - 59	ΦΥΛΟ	ΑΝΔΡΑΣ	ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΗ	22	3,3	
					ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	22	3,2	
					ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	22	3,9	
ΓΥΝΑΙΚΑ	ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΗ			4	3,7			
	ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ			4	3,2			
	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ			4	4,2			
ΑΠΟ 60 -	ΦΥΛΟ	ΑΝΔΡΑΣ	ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΗ	1	3,8			
			ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	1	3,9			
			ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	1	4,6			

Πίνακας 7.9: Βαθμολόγηση των πλαισίων προσεγγίσεων από την υποομάδα των Χημικών Μηχανικών

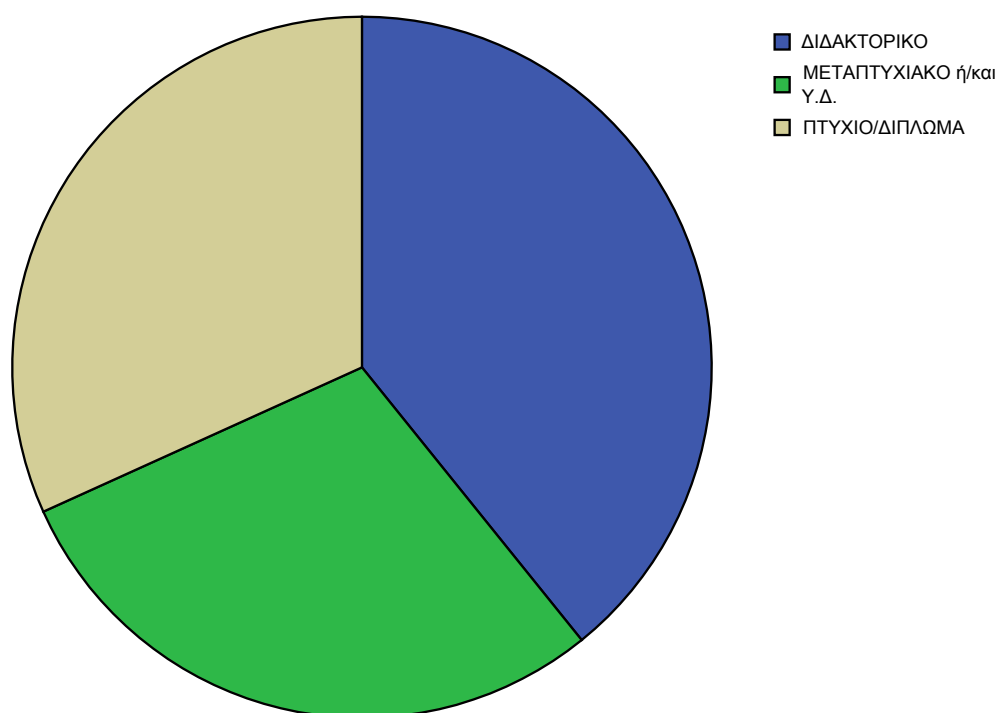
ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΝΑ ΒΑΣΙΚΟ ΠΤΥΧΙΟ ΚΑΙ ΑΝΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ							N	M.O.
ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ	ΗΛΙΚΙΑ	ΑΠΟ 22 - 29	ΦΥΛΟ	ΑΝΔΡΑΣ	ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΗ	7	3,5	
					ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	7	2,8	
					ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	7	3,8	
				ΓΥΝΑΙΚΑ	ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΗ	11	3,5	
					ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	11	3,3	
					ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	11	4,2	
		ΑΠΟ 30 - 39	ΦΥΛΟ	ΑΝΔΡΑΣ	ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΗ	4	3,1	
					ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	4	2,8	
					ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	4	4,0	
				ΓΥΝΑΙΚΑ	ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΗ	4	3,1	
					ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	4	3,4	
					ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	4	3,9	
		ΑΠΟ 40 - 49	ΦΥΛΟ	ΑΝΔΡΑΣ	ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΗ	4	3,0	
					ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	4	3,0	
					ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	4	3,9	
				ΓΥΝΑΙΚΑ	ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΗ	1	3,3	
					ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	1	3,1	
					ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	1	4,0	
		ΑΠΟ 50 - 59	ΦΥΛΟ	ΑΝΔΡΑΣ	ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΗ	2	3,4	
					ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	2	2,6	
					ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	2	4,1	
				ΓΥΝΑΙΚΑ	ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΗ	4	2,9	
					ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	4	2,4	
					ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	4	3,8	
ΑΠΟ 60 -	ΦΥΛΟ	ΑΝΔΡΑΣ	ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΗ	3	3,3			
			ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	3	2,9			
			ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	3	4,1			

Στον Πίνακα 7.10 και στο Διάγραμμα 7.1 παρουσιάζονται τα στατιστικά δεδομένα για το επίπεδο σπουδών των συμμετοχών.

Πίνακας 7.10: Κατανομή του δείγματος των συμμετεχόντων βάσει σπουδών

ΠΤΥΧΙΟ/ ΔΙΠΛΩΜΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΑ ενιαία		N	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	58	39,2	39,2	39,2
	ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ή/και Υ.Δ.	43	29,1	29,1	68,2
	ΠΤΥΧΙΟ/ΔΙΠΛΩΜΑ	47	31,8	31,8	100,0
	Total	148	100,0	100,0	

ΠΤΥΧΙΟ/ ΔΙΠΛΩΜΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΑ ενιαία



Διάγραμμα 7 1: Κατανομή του δείγματος των συμμετεχόντων βάσει σπουδών.

Στον Πίνακα 7.11 παρουσιάζονται τα δεδομένα για το πεδίο απασχόλησης των συμμετεχόντων στην εκπαίδευση και την έρευνα. Παρατηρείται μία ισορροπημένη αναλογικά συμμετοχή με προέλευση από τη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση (78), από τα Α.Ε.Ι. και τα Ερευνητικά Ιδρύματα (58).

Πίνακας 7.11: Κατανομή του δείγματος των συμμετεχόντων βάσει της Εκπαιδευτικής βαθμίδας στην οποία απασχολούνται.

ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ / ΕΡΕΥΝΑ ενιαία	N
Α.Ε.Ι. ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΙΔΡΥΜΑΤΑ	58
ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΤΕΛΕΧΗ/ΦΟΡΕΙΣ	78

Δεν υπήρχαν σημαντικές στατιστικά διαφορές μεταξύ των συμμετεχόντων με επαγγελματική απασχόληση στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση και αυτών με επαγγελματική απασχόληση στα Α.Ε.Ι. και στα Ερευνητικά Ιδρύματα. Αυτό το αποτέλεσμα ήταν μη αναμενόμενο έχοντας ως δεδομένο ότι εκπαιδευτικοί που επικεντρώνουν στην παιδαγωγική, λογικά θα παρουσίαζαν διαφορετικές δομές πεποιθήσεων από τους επιστήμονες που επικεντρώνονται στην έρευνα. Μία πιθανή ερμηνεία μπορεί να είναι η έλλειψη καλά οργανωμένης και συστηματικής εν υπηρεσία μετεκπαίδευσης των καθηγητών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (Tsapralis 2008).

Η ηλικία των συμμετεχόντων επιλέχτηκε ως μεταβλητή στη στατιστική επεξεργασία αντί της επαγγελματικής εμπειρίας, παρόλα αυτά συνδέεται προφανώς με αυτήν. Επίσης, συνδέεται περίπλοκα με την τρέχουσα κάθε φορά επαγγελματική τους θέση, το σύνολο της σταδιοδρομίας τους, τις μεταπτυχιακές τους σπουδές κ.ά. με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται, δύσκολα διευκρινίσιμες στατιστικά, τριγωνικές και πιθανά «νόθες» συσχετίσεις. Η επαγγελματική εμπειρία ήταν αδύνατον να ποσοτικοποιηθεί/παραμετροποιηθεί ως μία μεταβλητή εξαιτίας της ποικιλίας των επαγγελματικών απασχολήσεων των συμμετεχόντων. Επιπλέον, η επαγγελματική εμπειρία των χημικών που κατά τη διάρκεια της έρευνας υπηρετούσαν ως καθηγητές Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ήταν περίπλοκη μια και αρκετοί είχαν εμπλακεί σε άλλου είδους επαγγελματική δραστηριότητα στο παρελθόν. Από τους 70 καθηγητές Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης που συμμετείχαν στην έρευνα, περισσότεροι από 15 δήλωσαν (και ήταν προαιρετικό πεδίο για συμπλήρωση) ότι έχουν δουλέψει στο παρελθόν στη βιομηχανία και τις επιχειρήσεις του ιδιωτικού τομέα. Στο σύνολο του δείγματος της έρευνας (δηλαδή στους 148), 39 συμμετέχοντες δήλωσαν μία διαφορετική απασχόληση στο παρελθόν και 34 μία ενεργή παράλληλη απασχόληση.

Τα αποτελέσματα που δείχνουν την επίδραση του επιπέδου και του είδους των μεταπτυχιακών σπουδών στο Μ.Ο. της βαθμολογίας των πλαισίων προσέγγισης, παρουσιάζονται στους Πίνακες 7.12, 7.13 και 7.14, όπου συμπεριλαμβάνεται και η ηλικιακή κατάταξη. Οι μεγαλύτερες τιμές παρουσιάζονται με έντονη γραφή και οι μικρότερες με πλάγια γραφή.

Πίνακας 7.12: Μ.Ο. βαθμολογίας των πλαισίων προσέγγισης ανάλογα με το επίπεδο/είδος των μεταπτυχιακών σπουδών.

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

Πίνακας 7.13: Μ.Ο. βαθμολογίας των πλαισίων προσέγγισης ανάλογα με το επίπεδο/είδος των μεταπτυχιακών σπουδών.

ΕΙΔΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΑΝΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ				N	Μ.Ο.	
ΠΤΥΧΙΟ/ ΔΙΠΛΩΜΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΠΤΥ- ΧΙΑΚΑ ενιαία	ΔΙΔΑΚΤΟ- ΡΙΚΟ	ΕΙΔΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥ- ΧΙΑΚΩΝ	ΕΠΙΣΤΗΜΟ- ΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙ- ΜΕΝΟ	ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ	40	3,2
				ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	40	2,8
				ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	40	4,0
			ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟ- ΛΟΓΙΑ	ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ	18	3,0
				ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	18	2,9
				ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	18	4,0
	ΜΕΤΑΠΤΥ- ΧΙΑΚΟ ή/και Υ.Δ.	ΕΙΔΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥ- ΧΙΑΚΩΝ	ΕΠΙΣΤΗΜΟ- ΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙ- ΜΕΝΟ	ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ	23	3,4
				ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	23	3,1
				ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	23	4,1
			ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟ- ΛΟΓΙΑ	ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ	20	3,1
				ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	20	3,0
				ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	20	3,9

Πίνακας 7.14: Μ.Ο. βαθμολογίας των πλαισίων προσέγγισης ανάλογα με το επίπεδο/είδος των σπουδών και την ηλικιακή κατάταξη.

ΠΤΥΧΙΟ/ ΔΙΠΛΩΜΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΑ ενιαία	ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	Μ.Ο. 22-29	Μ.Ο. 30-39	Μ.Ο. 40-49	Μ.Ο. 50-59	Μ.Ο. 60+
ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ / ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ	-	3,2	2,9	2,9	-
	ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	-	3,6	2,7	2,8	-
	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	-	4,0	3,9	4,1	-
ΣΥΝΟΛΟ: N=18		-	2	12	4	-
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ή/και Υ.Δ. ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ / ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ	2,9	3,4	2,9	3,8	-
	ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	2,1	3,9	2,9	3,5	-
	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	3,6	3,9	4,1	3,8	-
ΣΥΝΟΛΟ: N=20		3	2	11	4	-
ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ	3,4	3,5	3,0	3,3	3,8
	ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	2,6	3,0	2,7	2,9	3,9
	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	3,7	4,3	4,0	4,1	4,6
ΣΥΝΟΛΟ: N=40		3	8	17	11	1
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ή/και Υ.Δ. ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ	ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ	3,5	2,8	4,0	2,9	-
	ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	3,1	2,9	3,8	3,1	-
	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	4,1	3,5	4,2	4,7	-
ΣΥΝΟΛΟ: N=23		17	3	1	2	-
			Μ.Ο.			
ΠΤΥΧΙΟ/ΔΙΠΛΩΜΑ	ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ	3,3				
	ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	3,1				
	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ	4,0				
ΣΥΝΟΛΟ: N=47						

Στον Πίνακα 7.15 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα *t*-tests με τη συγκριτική βαθμολογία των πλαισίων προσέγγισης ανάλογα με το επίπεδο των σπουδών, όπου φαίνεται η διαφορά μεταξύ των κατόχων διδακτορικού διπλώματος και των άλλων υποομάδων του δείγματος.

Οι συμμετέχοντες με διδακτορικό στο Επιστημονικό αντικείμενο αλλά και στη Διδακτική/Επιστημολογία παρουσιάζουν σημαντικά μικρότερο Μ.Ο. βαθμολογίας στην ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ. Το μεγαλύτερο Μ.Ο. βαθμολογίας στην ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ παρουσιάζουν οι συμμετέχοντες που έχουν μεταπτυχιακό ή είναι Υ.Δ. στο Επιστημονικό αντικείμενο (είναι συνήθως και νεώτεροι ηλικιακά –βλέπε Πίνακα 7.14).

Πίνακας 7.15: Συγκριτική βαθμολόγηση ανάλογα με το επίπεδο των σπουδών.

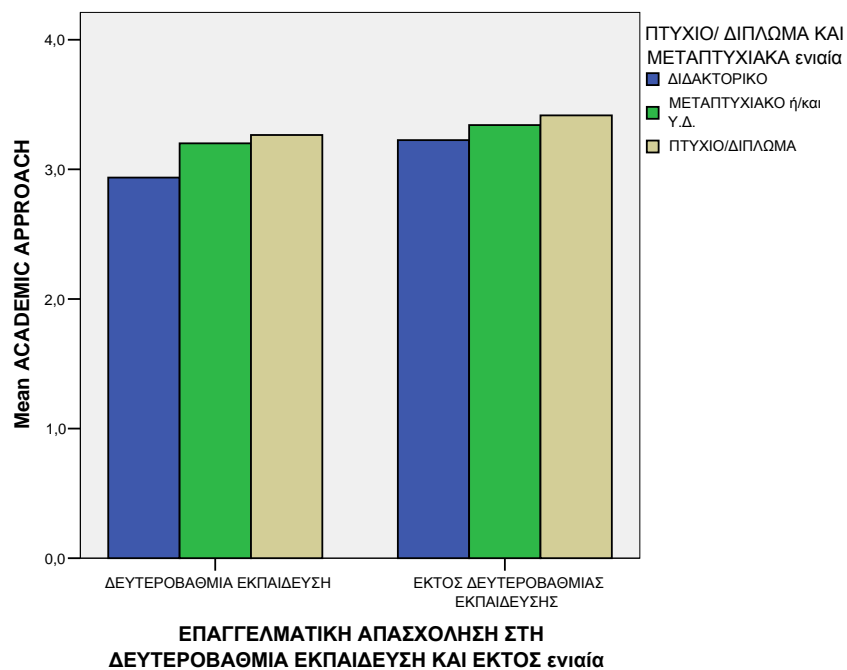
ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	ΠΤΥΧΙΟ/ ΔΙΠΛΩΜΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΑ ενιαία	N	M.O.	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	58	3,141	,6221	,0817
	ΠΤΥΧΙΟ/ΔΙΠΛΩΜΑ	47	3,291	,4347	,0634
ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	58	2,838	,6344	,0833
	ΠΤΥΧΙΟ/ΔΙΠΛΩΜΑ	47	3,088	,6062	,0884
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΠΡΑΛΙΣΜΟΥ	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	58	4,0216	,52370	,06876
	ΠΤΥΧΙΟ/ΔΙΠΛΩΜΑ	47	3,9823	,62165	,09068
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΗ	ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ή/και Υ.Δ.	43	3,269	,6503	,0992
	ΠΤΥΧΙΟ/ΔΙΠΛΩΜΑ	47	3,291	,4347	,0634
ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ	ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ή/και Υ.Δ.	43	3,081	,7339	,1119
	ΠΤΥΧΙΟ/ΔΙΠΛΩΜΑ	47	3,088	,6062	,0884
ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΠΡΑΛΙΣΜΟΥ	ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ή/και Υ.Δ.	43	4,0174	,56886	,08675
	ΠΤΥΧΙΟ/ΔΙΠΛΩΜΑ	47	3,9823	,62165	,09068

Το πλαίσιο προσέγγισης ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΠΡΑΛΙΣΜΟΥ παρουσιάζει σταθερά, με μικρές διακυμάνσεις, το μεγαλύτερο M.O. βαθμολογίας στις περισσότερες κατηγορίες. Λεπτομερειακή ανάλυση των τάσεων παρατίθενται στις αυτόνομες παρουσιάσεις της καθεμιάς θεματικής ενότητας ξεχωριστά. Πάντως οι στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των κατόχων διδακτορικού διπλώματος, οι οποίοι αποτελούν μια πολυπληθή υποομάδα, και των άλλων υποομάδων του δείγματος επηρέασαν τη διαμόρφωση του συνολικού αποτελέσματος των πλαισίων προσέγγισης.

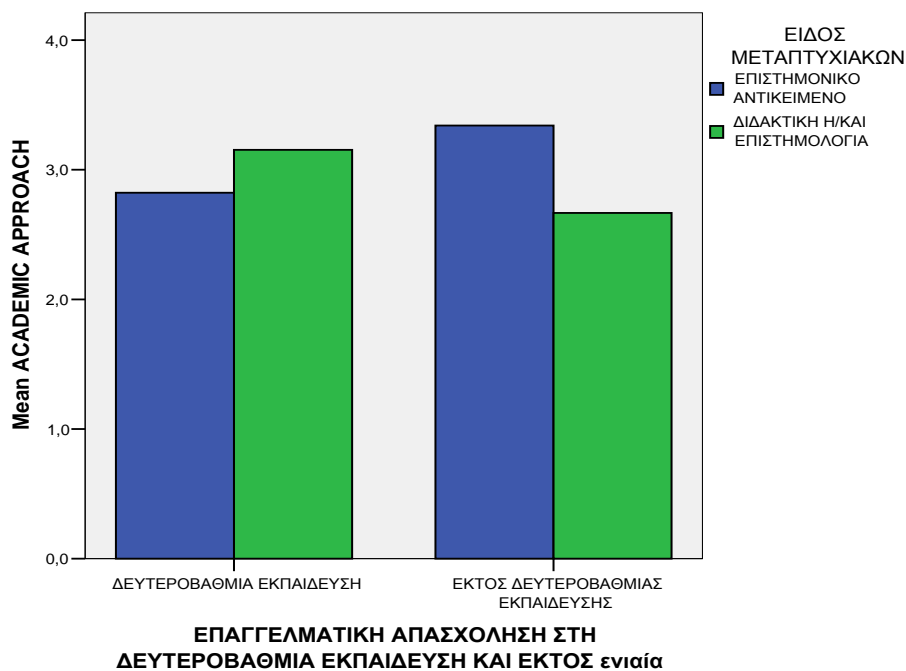
Στους πίνακες 7.12, 7.13 και 7.14 διακρίνεται σαφώς ότι η υποομάδα των συμμετεχόντων με μεταπτυχιακά στο επιστημονικό αντικείμενο (και οι Υ.Δ.) παρουσιάζουν το μεγαλύτερο M.O. βαθμολογίας και στα τρία πλαίσια προσέγγισης. Αυτό οφείλεται πιθανά και στο γεγονός ότι η πλειοψηφία τους είναι νεώτεροι από τους κατόχους διδακτορικού, οι οποίοι είναι γενικά μεγαλύτεροι ηλικιακά και έχουν τάση να βαθμολογούν με μικρότερες τιμές. Από τα ανωτέρω αποτελέσματα και την αντίστοιχη συζήτησή τους εξηγείται επαρκώς το αποτέλεσμα (βλέπε Πίνακα 7.12) να παρουσιάζει η υποομάδα των συμμετεχόντων με μεταπτυχιακά στο επιστημονικό αντικείμενο (και οι Υ.Δ.) μεγαλύτερο M.O. βαθμολογίας στο πλαίσιο ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗΣ προσέγγισης, από ότι οι κάτοχοι διδακτορικού διπλώματος στη Διδακτική/ Επιστημολογία. Αυτή η εξήγηση όμως αφήνει ανοικτό το κεντρικό ερώτημα γιατί οι κάτοχοι διδακτορικού διπλώματος στην Διδακτική/Επιστημολογία, οι οποίοι είναι γνώστες και εξοικειωμένοι με τις

σύγχρονες εκπαιδευτικές θωρήσεις και τον εποικοδομητισμό/κονστρουκτιβισμό παρουσίασαν τόσο μικρό Μ.Ο. σε αυτή την προσέγγιση. Αν ληφθεί υπόψη και η ηλικιακή κατάταξη των συμμετεχόντων, διαπιστώθηκε από τα ευρήματα (βλέπε και ανάλυση αποτελεσμάτων της θεματικής ενότητας Γ για την επιστημολογία) ότι υπάρχει μία αλλαγή στις πεποιθήσεις ειδικά μεταξύ των πτυχιούχων στη νεώτερη ηλικιακή κατάταξη (22-29) και της επόμενης ηλικιακής κατάταξης (32-39) όταν οι συμμετέχοντες είναι κάτοχοι μεταπτυχιακού στη Διδακτική/Επιστημολογία. Όμως, αυτή η μεταστροφή οπτικών και πεποιθήσεων δεν είναι ισχυρή ούτε συνεχίζεται σε μεγαλύτερες ηλικιακά ομάδες ή στους κατόχους διδακτορικού (βλέπε Πίνακα 7.14). Ως αποτέλεσμα η συνολική μέση τιμή στο πλαίσιο ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗΣ προσέγγισης είναι χαμηλή. Πάντως η νεώτερη ηλικιακά υποομάδα (22-29) παρουσιάζει διαφορά στην ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ, με μεγαλύτερο Μ.Ο. από άλλες ηλικιακές υποομάδες (βλέπε Πίνακες 7.8, 7.9, 7.14) και το γεγονός αυτό είναι ενδεικτικό της επίδρασης που έχει στις απόψεις των επιστημόνων η περίοδος της μόρφωσής τους, η οποία διαμορφώνει σε μεγάλο βαθμό τις πεποιθήσεις τους που είναι επίμονες και ανθεκτικές σε αλλαγές.

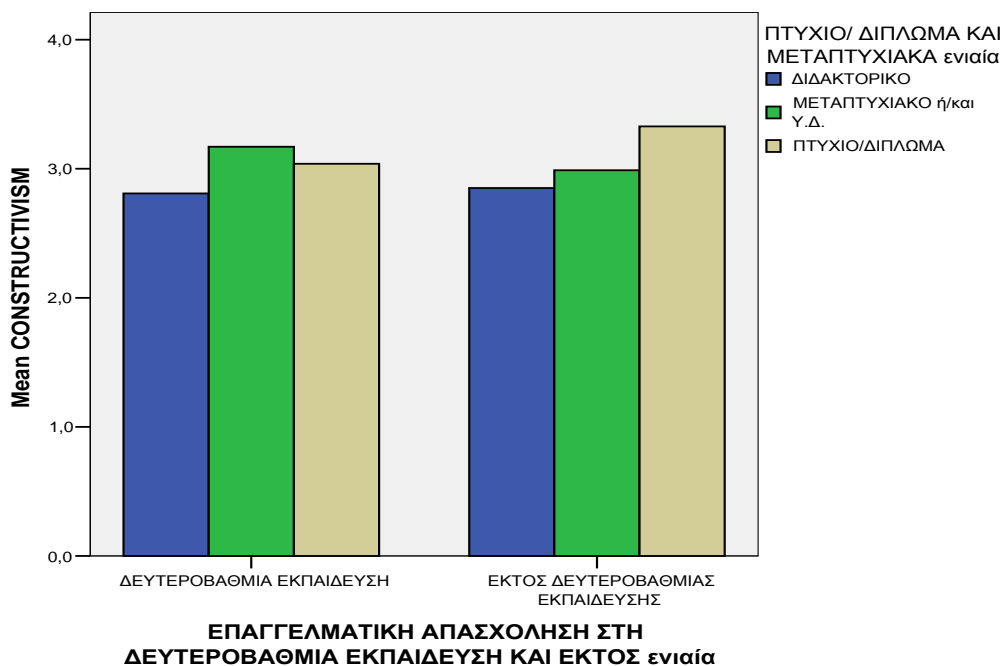
Πολύ μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η σύγκριση της βαθμολογίας των πλαισίων προσέγγισης ανάλογα με την επαγγελματική απασχόληση εντός ή εκτός της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, σε συνδυασμό με το επίπεδο και το είδος των μεταπτυχιακών σπουδών. Παρουσιάζονται παρακάτω έξι ραβδογραφήματα (Διάγραμματα 7.2-7.7), δύο για κάθε ένα πλαίσιο προσέγγισης δηλαδή την ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ, την ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ και την ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ, αντίστοιχα.



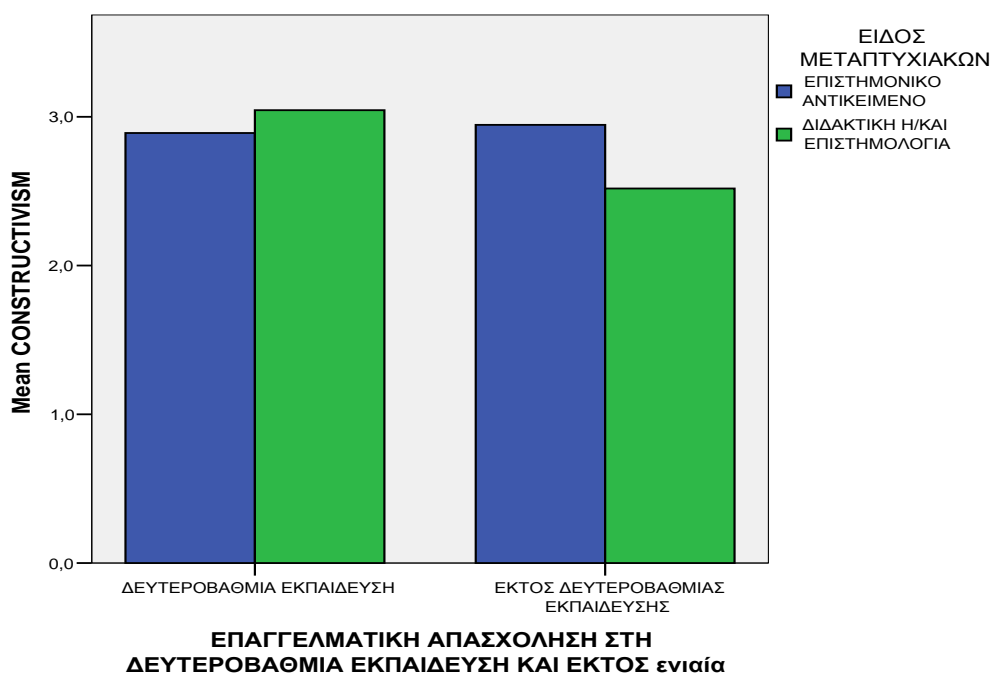
Διάγραμμα 7.2: Μ.Ο. της ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ προσέγγισης ανά επίπεδο σπουδών εντός ή εκτός Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.



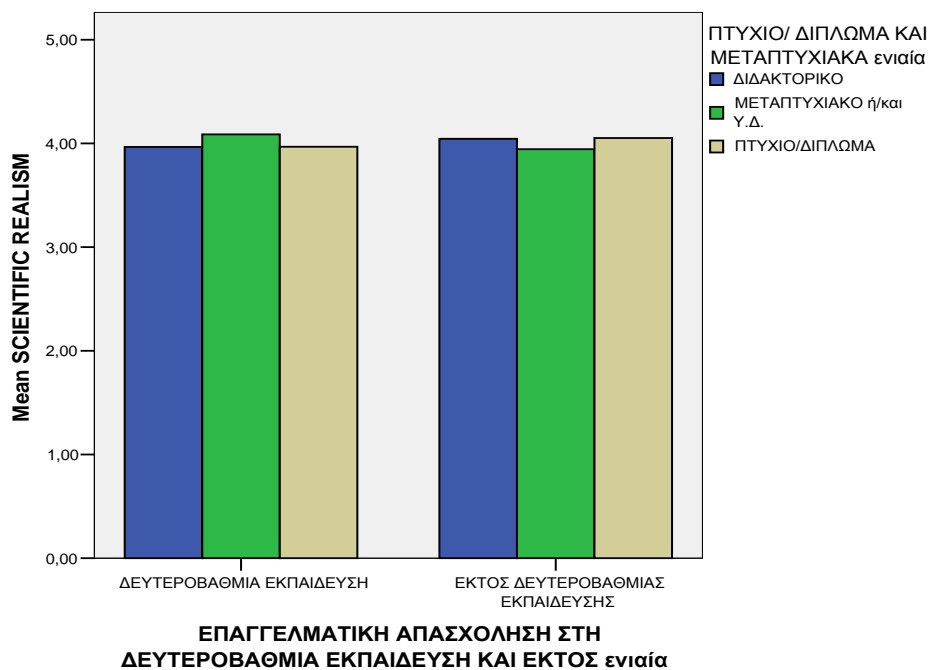
Διάγραμμα 7.3: Μ.Ο. της ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ προσέγγισης ανά είδος μεταπτυχιακών σπουδών εντός ή εκτός Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.



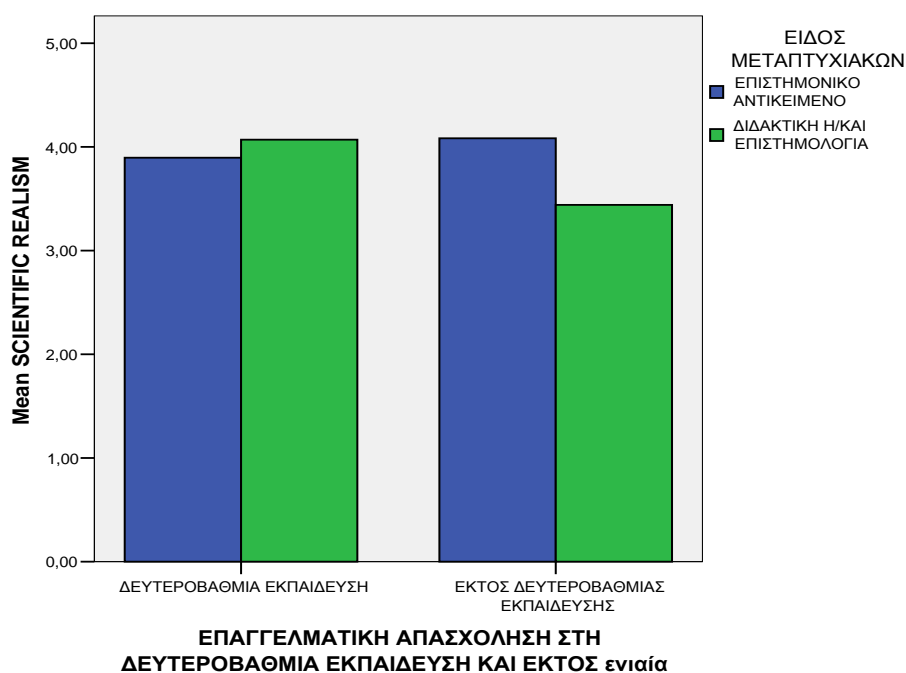
Διάγραμμα 7.4: Μ.Ο. της ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗΣ προσέγγισης ανά επίπεδο σπουδών εντός ή εκτός Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.



Διάγραμμα 7.5: Μ.Ο. της ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗΣ προσέγγισης ανά είδος μεταπτυχιακών σπουδών εντός ή εκτός Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.



Διάγραμμα 7.6: Μ.Ο. της προσέγγισης ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ ανά επίπεδο σπουδών εντός ή εκτός Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.



Διάγραμμα 7.7: Μ.Ο. της προσέγγισης ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ ανά είδος μεταπτυχιακών σπουδών εντός ή εκτός Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Μετά από προσεκτική παρατήρηση των παραπάνω ραβδογραφημάτων διακρίνονται μερικές σαφείς τάσεις. Στο πλαίσιο της ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ οι κάτοχοι πτυχίου/διπλώματος παρουσιάζουν μεγαλύτερο Μ.Ο. βαθμολογίας και μάλιστα όταν απασχολούνται επαγγελματικά εκτός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Στα πλαίσια της ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ και του ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ αυτό δεν ισχύει εντός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, όπου οι κάτοχοι μεταπτυχιακών τίτλων παρουσιάζουν μεγαλύτερο Μ.Ο. βαθμολογίας. Στην περίπτωση των κατόχων μεταπτυχιακών τίτλων, οι τάσεις μεταξύ επιστημονικού αντικειμένου και διδακτικής *αντιστρέφονται* με την απασχόληση εντός και εκτός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (βλ. Διάγραμμα 7.5).

Οι συμμετέχοντες που απασχολούνται επαγγελματικά εκτός του ευρύτερου εκπαιδευτικού τομέα (στη βιομηχανία/επιχειρήσεις, στον δημόσιο τομέα και στα Ερευνητικά Ιδρύματα, συνολικά 21 - βλέπε και δημογραφικά δεδομένα στον Πίνακα 7.7 σελ. 137 και ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ σελ 297-298), παρουσιάζουν σημαντικά χαμηλότερο Μ.Ο. στην ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ επηρεάζοντας, παρά το σχετικά μικρό αριθμό τους στο δείγμα, τη διαμόρφωση των συνολικών προσεγγίσεων. Πρέπει να σημειωθεί επίσης, ότι οι ερευνητές από τα Ερευνητικά Ιδρύματα της χώρας, οι συγγραφείς βοηθητικών/φροντιστηριακών βιβλίων, όπως και οι συμμετέχοντες που διδάσκουν εντατικά μαθήματα Χημείας σε φροντιστήρια, - φαινόμενο που εμφανίζεται και σε άλλα μέρη του κόσμου, ειδικά στην ανατολική Ασία (Wei and Thomas 2005)-, παρουσίασαν τον χαμηλότερο Μ.Ο. βαθμολογίας στην ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ.

Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν διάφορες υποομάδες ειδικής σημασίας που είναι σε θέση να επηρεάζουν πολιτικές στη χημική εκπαίδευση, μεταρρυθμιστικές πρωτοβουλίες και να διαμορφώνουν τάσεις στη Διδακτική της Χημείας. Στις υποομάδες αυτές, συνολικά περίπου 45 συμμετέχοντες, (βλέπε Παράρτημα ΙΙ σελ.299-301) συγκαταλέγονται στελέχη από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο και το Κ.Ε.Ε. (γνωστό τώρα ως ΙΕΠ), Εκπαιδευτικοί Σύμβουλοι, επιστήμονες εκπαιδευτικοί επικεφαλής των Ε.Κ.Φ.Ε. (N=6), μέλη των Δ.Σ. της Ε.Ε.Χ. και του Π.Σ.ΧΜ., συγγραφείς σχολικών (N=10) και βοηθητικών εγχειριδίων Χημείας, διδακτικό προσωπικό του ΔΠΜΣ-ΔΗΧΙΝΕΤ (N=8), και ερευνητές από τα Ερευνητικά Ιδρύματα της χώρας (N=9). Τα στατιστικά τους δεδομένα είναι δύσκολο να

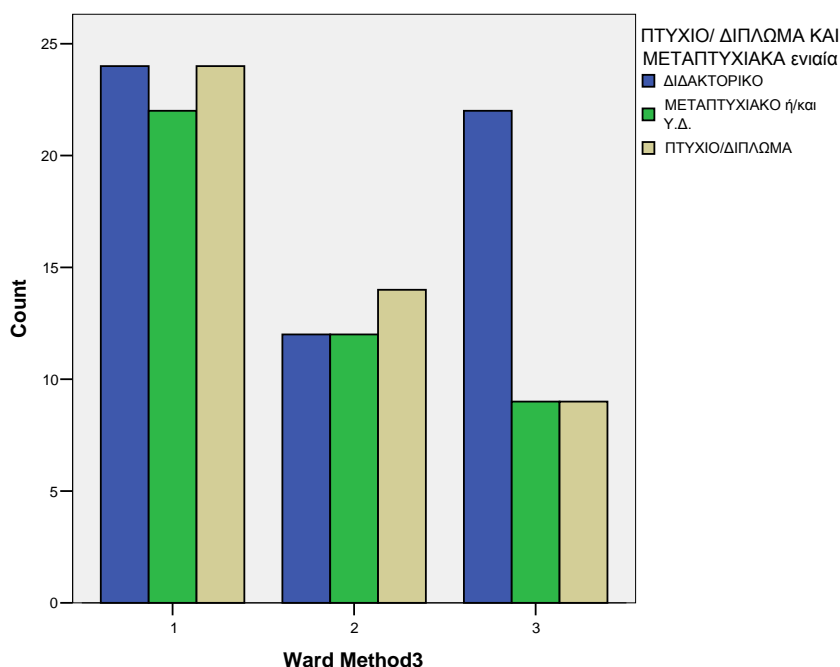
εκτιμηθούν γιατί κάποιες υποομάδες είναι μικρές σε πλήθος. Πάντως, επισημάνθηκαν σημαντικές διαφορές με την έννοια ότι τα στελέχη από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο και το Κ.Ε.Ε καθώς και οι συγγραφείς σχολικών εγχειριδίων Χημείας παρουσιάζουν συγκριτικά μεγαλύτερο Μ.Ο. στην ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ, ενώ οι επικεφαλής Ε.Κ.Φ.Ε., οι Εκπαιδευτικοί Σύμβουλοι και οι διδάσκοντες στο ΔΗΧΙΝΕΤ παρουσιάζουν συγκριτικά μεγαλύτερο Μ.Ο. στην ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ. Το πλαίσιο προσέγγισης ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΠΡΑΛΙΣΜΟΥ παρουσιάζει σταθερά, με μικρές διακυμάνσεις, το μεγαλύτερο Μ.Ο. βαθμολογίας στις περισσότερες κατηγορίες.

Τα αποτελέσματα των *t*-tests έδειξαν ότι οι υποομάδες με βάση τα διαφορετικά δημογραφικά χαρακτηριστικά θα μπορούσαν να αναπαράγουν και να ερμηνεύσουν, σε ορισμένο βαθμό, τα αποτελέσματα για τις διάφορες κατηγορίες αλλά και εκείνων των τριών συστάδων που παράγονται στην ανάλυση Ward. Για να ελεγχτεί αν οι υποομάδες του δείγματος κατανεμήθηκαν ομοιόμορφα στις τρεις συστάδες, διεξήχθησαν μια σειρά από διασταυρώσεις. Η κατανομή των διαφόρων υποομάδων στην κάθε συστάδα και τα *chi-square* tests έδειξαν, σε αρκετές περιπτώσεις, σημαντικές διαφορές μεταξύ της παρατηρούμενης και της αναμενόμενης συχνότητας, ειδικά για τα δημογραφικά χαρακτηριστικά που όπως προαναφέρθηκε, επηρεάζουν την απόκλιση από το αναμενόμενο και παράγουν διαφοροποιήσεις. Συγκεκριμένα, σε αυτά περιλαμβάνονται: το επίπεδο των μεταπτυχιακών σπουδών, ο τύπος/είδος των μεταπτυχιακών σπουδών, ο τύπος της επαγγελματικής απασχόλησης, η ηλικία ή εμπειρία, και το αν η επαγγελματική ενασχόληση ήταν εντός ή εκτός του ευρύτερου εκπαιδευτικού χώρου. Όσον αφορά τις μέσες βαθμολογίες για τις τρεις συστάδες, οι υποομάδες μέσα σε καθεμία συστάδα, ανέδειξαν μια σαφή διαφοροποίηση στα αποτελέσματα για αυτές τις μεταβλητές. Μια πιο προσεκτική ματιά, για παράδειγμα, στη συστάδα 3 αποκαλύπτει ότι το ποσοστό των κατόχων διδακτορικών τίτλων ήταν σχετικά, έστω και με ασυνέχεια, υψηλό (55%, ενώ ήταν 34,3% στη συστάδα 1 και 31,6% στη συστάδα 2). Η συστάδα 3 παρήγαγε επίσης υψηλότερα ποσοστά για τους συμμετέχοντες με μεταπτυχιακές σπουδές στην εκπαίδευση (30%, ενώ ήταν 24,3% στη συστάδα 1 και 23,7% στη συστάδα 2).

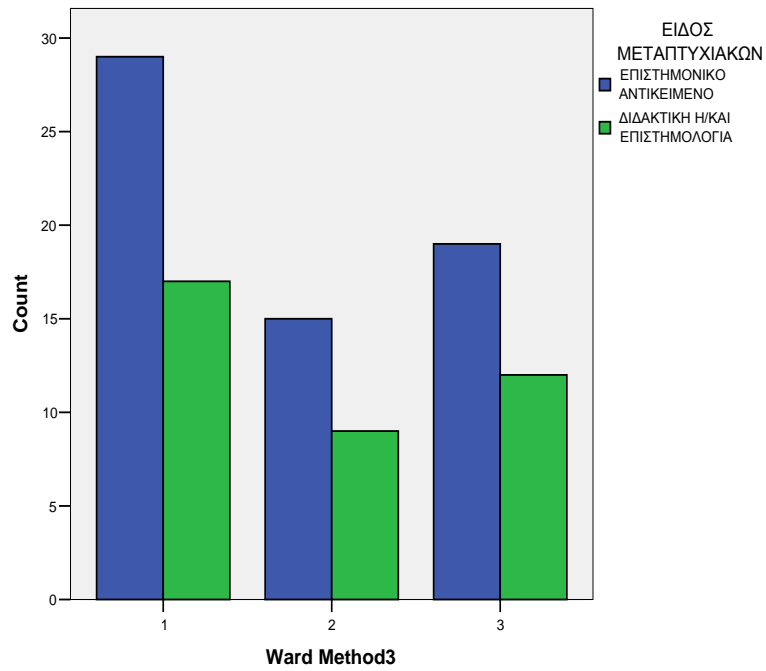
Επιπλέον, το ποσοστό των συμμετεχόντων των οποίων το υψηλότερο προσόν ήταν ένα πανεπιστημιακό πτυχίο ήταν το χαμηλότερο (22,5%) του συνόλου των συστάδων, καθώς και το ποσοστό της μεγαλύτερης ηλικιακής υποομάδας (40-49) ήταν το υψηλότερο (52,5%, ενώ ήταν 44,3% στη συστάδα 1 και 34,2% στο συστάδα

2). Τέλος, το ποσοστό των συμμετεχόντων που ασχολούνται επαγγελματικά εκτός του ευρύτερου εκπαιδευτικού τομέα ήταν πολύ υψηλότερο στη συστάδα 3 (17,5%) και στη συστάδα 2 (18,4%) από ότι στην συστάδα 1 (10%). Κατά συνέπεια, η πληθυσμιακή σύνθεση της κάθε συστάδας συνδέεται με το γεγονός ότι η μέση τιμή βαθμολόγησης σε όλες τις κατηγορίες μειώνεται σταθερά πηγαίνοντας από τη συστάδα 1 προς τη συστάδα 3. Η ιεραρχική κατά συστάδες (cluster) ανάλυση κατέταξε τις υποομάδες σύμφωνα με τις ομοιότητες μεταξύ των απαντήσεων των ερωτηθέντων και των προτάσεων/δηλώσεων τονίζοντας ποιά βασικά δημογραφικά χαρακτηριστικά επηρεάζουν τα μοτίβα πεποιθήσεων.

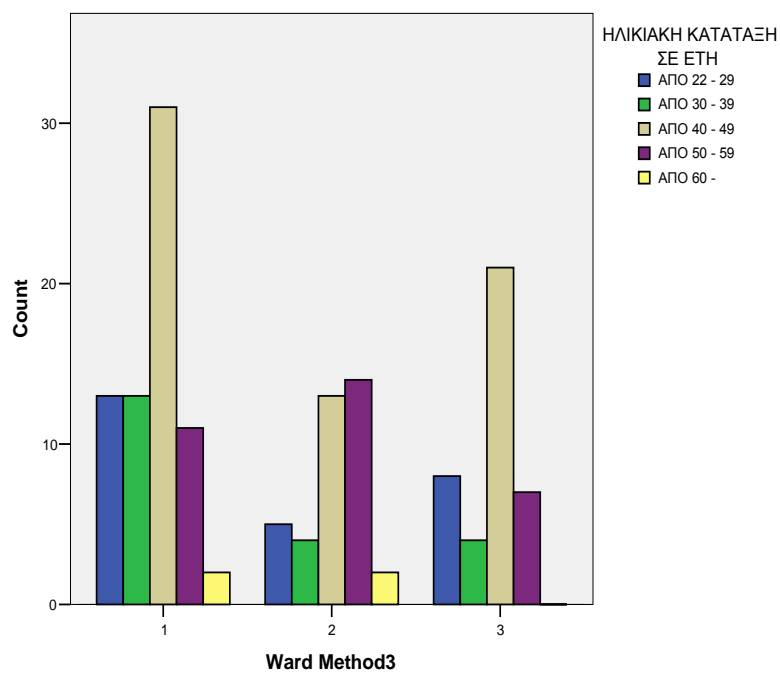
Παρατίθενται παρακάτω μία σειρά ραβδογραφημάτων στα Διαγράμματα 7.16 - 7.20, τα οποία αναπαριστούν τη πληθυσμιακή σύνθεση κάθε συστάδας από τις διαφορετικές υποομάδες του δείγματος, οι οποίες με τη σειρά τους επηρεάζουν τις διαφοροποιήσεις στα αποτελέσματα (για περισσότερα στατιστικά δεδομένα σχετικά με τις συστάδες με τη μέθοδο Ward, βλέπε στο σχετικό μέρος στο ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II).



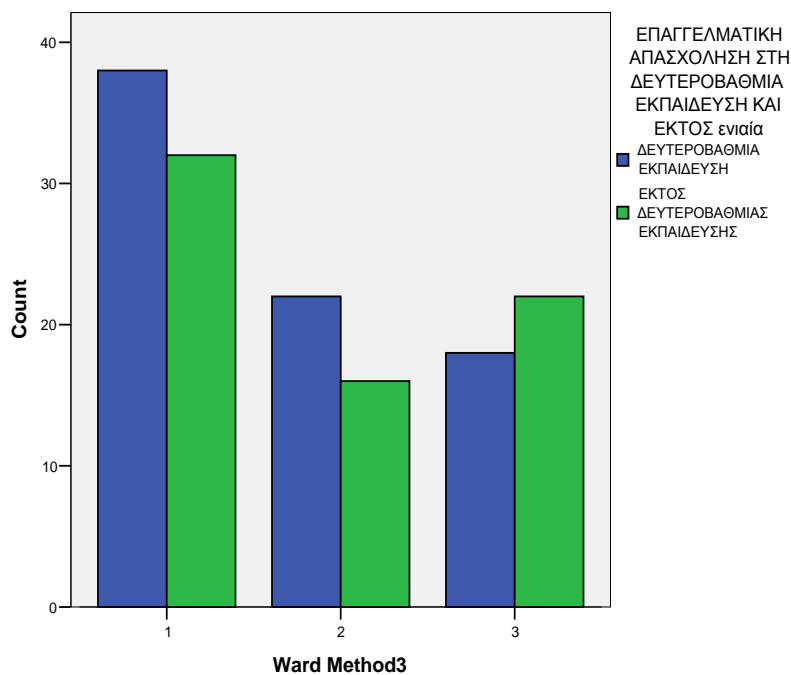
Διάγραμμα 7.16: Αριθμητική συμμετοχή ανά επίπεδο σπουδών σε κάθε συστάδα (cluster).



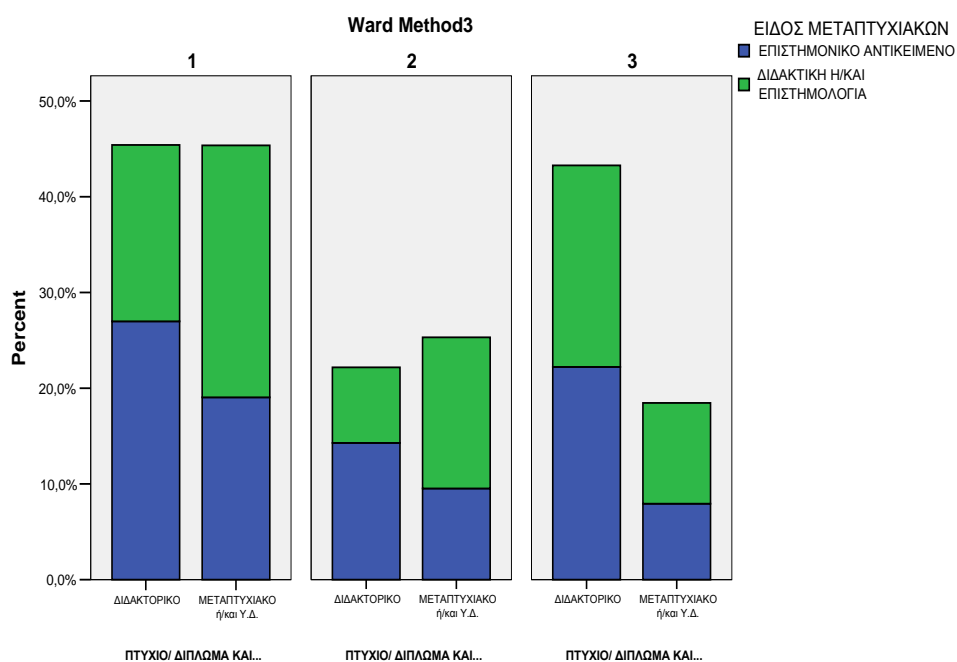
Διάγραμμα 7.17: Αριθμητική συμμετοχή ανά είδος μεταπτυχιακών σπουδών σε κάθε συστάδα (cluster).



Διάγραμμα 7.18: Αριθμητική συμμετοχή ανά ηλικία σε κάθε συστάδα (cluster).



Διάγραμμα 7.19: Αριθμητική συμμετοχή εντός και εκτός Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε κάθε συστάδα (cluster).



Διάγραμμα 7.20: Ποσοστιαία συμμετοχή ανά επίπεδο και ανά είδος μεταπτυχιακών σπουδών για κάθε συστάδα (cluster).

Από τη μελέτη των ραβδογραφημάτων προκύπτει σαφώς η διαφορετική πληθυσμιακή σύνθεση της συστάδας 3, η οποία μπορεί να ερμηνεύσει σε κάποιο βαθμό και τη διαφοροποίηση των αποτελεσμάτων της σε όλες τις κατηγορίες (προτάσεις, πλαίσια προσεγγίσεων και Υπερ-μεταβλητές).

7.4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΝΑ ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ

7.4.1 Αποτελέσματα από τη θεματική ενότητα Α

Παρουσιάζονται τα ερευνητικά αποτελέσματα των προτάσεων της θεματικής ενότητας Α σχετικά με την Επιστήμη, την Τεχνολογία, την Κοινωνία και το Περιβάλλον. Η πλατφόρμα STSE (Science, Technology, Society and Environment) είναι η πρωτοβουλία στα πλαίσια της οποίας προσπαθεί να συνδεθεί και η διδασκαλία της Χημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση με το ευρύτερο κοινωνικό πλαίσιο (Chemistry in context). Η επιμόρφωση των μαθητών στους στόχους της Πράσινης Χημείας μπορεί να ενταχθεί σε αυτόν τον θεματικό άξονα.

Οι πρώτες επτά προτάσεις του ερωτηματολογίου με κωδικούς (P01A01-P07A07), αξιολογήθηκαν από τους συμμετέχοντες ως προς τον βαθμό συμφωνίας τους και τα ερευνητικά αποτελέσματα των προτάσεων αυτών παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.16.

Μία απλή παρατήρηση των τιμών διακρίνει τις προτάσεις σε δύο υποκατηγορίες:

- α) Οι προτάσεις P01A01, P02A02, P03A03, P06A06 και P07A07 έχουν πολύ μεγάλο Μ.Ο. βαθμολογίας πάνω από 4, δηλαδή ο μέσος βαθμός συμφωνίας των συμμετεχόντων ξεπερνά το 80% και στις προτάσεις P03A03 και P06A06 ξεπερνά το 90%.
- β) Οι προτάσεις P04A04 και P05A05 έχουν ένα μέσο βαθμό συμφωνίας (Μ.Ο. βαθμολογίας). Η διακύμανση τιμών είναι μεγάλη που σημαίνει ότι οι συμμετέχοντες είχαν διαφορετικές απόψεις αλλά δεν υπήρχε σαφής σύγκλιση της τάσης προς τη συμφωνία.

Σύμφωνα με τις απαντήσεις των συμμετεχόντων στην έρευνα διαπιστώνεται ότι:

- Συμφωνούν σε μεγάλο βαθμό (Μ.Ο. βαθμού συμφωνίας >80%) με τα γνωσιακά και εκπαιδευτικά ζητήματα που θέτουν οι προτάσεις P01A01 και P07A07, χωρίς καμία στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση.
- Οι απόψεις των συμμετεχόντων συγκλίνουν εντυπωσιακά (Μ.Ο. βαθμού συμφωνίας >90%) στη θέση ότι σχετίζονται στενά και αλληλεπιδρούν η Επιστήμη και η Τεχνολογία με την Πολιτική και την Οικονομία στις ενεργειακές επιλογές και επομένως, έχουν και τη σχετική συνυπευθυνότητα για τις κοινωνικές, οικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις. (P03A03).

Πίνακας 7.16: Βαθμολογία Προτάσεων θεματικής ενότητας Α.

A/A	ΠΡΟΤΑΣΗ	M.O.	Τυπική Απόκλιση
P01A01	Ανάπτυξη της οικονομίας της γνώσης: Η γνώση αποτελεί βασικό πλουτοπαραγωγικό πόρο. Η ικανότητα κατάκτησης, διαχείρισης και εμπλουτισμού της γνώσης θα αποτελέσει την αιχμή του ανταγωνισμού για τη νέα χιλιετία.	4,14	,997
P02A02	Τα κρίσιμα ζητήματα του 21ου αιώνα είναι συνδεδεμένα με τις Φ.Ε. και την Τεχνολογία. Ενδεικτικός είναι ο πολυσχιδής ρόλος της Χημείας στην υγεία, στη διατροφή, στο περιβάλλον, στην ποιότητα της ζωής, στην έρευνα και την ανάπτυξη, στην παραγωγή και την ενέργεια.	4,22	0,961
P03A03	Τα ζητήματα της ενέργειας, του περιβάλλοντος και των καυσίμων είναι αλληλένδετα κι έχουν κοινωνικές, πολιτικές και οικονομικές προεκτάσεις.	4,69	0,746
P04A04	Ο κόσμος θα συνεχίσει τις προσεχείς δεκαετίες να δίνει έμφαση στην οικονομική ανάπτυξη και στη δημιουργία νέων θέσεων απασχόλησης ακόμα κι αν αυτό επιβαρύνει την περιβαλλοντική ισορροπία.	3,28	1,365
P05A05	Η επιστημονική και τεχνολογική εξέλιξη μπορεί να οδηγήσει στην επίλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, παράλληλα με την οικονομική ανάπτυξη.	3,59	1,365
P06A06	Το πρόβλημα των εναλλακτικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ένα από τα κυριότερα ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπίσει η ανθρωπότητα τις προσεχείς δεκαετίες.	4,59	0,816
P07A07	Η ανώτερη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση οφείλει να παρέχει στους αυριανούς πολίτες τη δυνατότητα κατανόησης των πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων μεταξύ της Επιστήμης, της Τεχνολογίας, της Κοινωνίας και του Περιβάλλοντος, ώστε να μπορούν να παίρνουν θέση σε ζητήματα κοινωνικού, οικονομικού και περιβαλλοντικού προβληματισμού.	4,26	1,169

- Οι απόψεις των συμμετεχόντων συγκλίνουν (M.O. βαθμού συμφωνίας >90%) και στην παρέμβαση που απαιτείται για την προώθηση των εναλλακτικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας ώστε να μειωθούν οι εκπομπές ρύπων που δημιουργούν την πιθανότητα επικίνδυνης κλιματικής αλλαγής αλλά και για να απεξαρτηθεί η ανάπτυξη από τα ορυκτά καύσιμα (P06A06).

- Συμφωνούν σε μεγάλο βαθμό (Μ.Ο. βαθμού συμφωνίας >80%) ότι η αντιμετώπιση των κρίσιμων ζητημάτων του 21ου αιώνα είναι συνδεδεμένη με τις Φ.Ε. και την Τεχνολογία, οι οποίες ως κοινωνικοί θεσμοί πρέπει να ενεργοποιηθούν σε μία κατεύθυνση που να υποστηρίζει εναλλακτικές λύσεις βιώσιμης ανάπτυξης (P02A02).
- Αντίθετα στις θέσεις για την οικονομική ανάπτυξη, τις αμέσως προσεχείς δεκαετίες και την προσήλωση στην επιστημονική και τεχνολογική αισιοδοξία (προτάσεις P04A04 και P05A05), η αποδοχή είναι μέτρια με μεγάλη διακύμανση των απόψεων. Στις απαντήσεις εμφανίζονται εναλλακτικές προτάσεις, αυξημένα ποσοστά άρνησης τοποθέτησης (ΔΓ/ΔΑ) και διαφωνίας (καθόλου, λίγο). Επίσης, διαφοροποίηση απόψεων για γυναίκες και άντρες αποκαλύπτεται στην επομενη στατιστική ανάλυση και στα σχετικά Διαγράμματα 7.21 και 7.22. Ακόμα οι συμμετέχοντες (σε πολλές περιπτώσεις μέτριας συμφωνίας), εκτός από τη βαθμολογία, σημειώνουν και κάποιο διευκρινιστικό σχόλιο ή παρατήρηση και διατυπώνουν επιφυλάξεις. Από τις απαντήσεις και από συζητήσεις με συμμετέχοντες φαίνεται ότι αξιολόγησαν αυτές τις δύο προτάσεις με «πολιτικά» κριτήρια. Κάποιοι συμφώνησαν «ρεαλιστικά», ανεξάρτητα από τις προσωπικές τους ενστάσεις, ότι τα πράγματα στο προσεχές χρονικό διάστημα θα εξελιχθούν λίγο ή πολύ όπως καθορίζουν οι προτάσεις του ερωτηματολογίου, και άλλοι τοποθετήθηκαν «βολονταριστικά», δηλαδή με κριτήριο τη θέληση για μία βιώσιμη ανάπτυξη με οικολογική συνείδηση και περιβαλλοντική ευαισθησία, διατυπώνοντας τη διαφωνία τους ή/και εναλλακτικές προτάσεις.

7.4.1.1 Αποτελέσματα και στατιστική ανάλυση

Ο έλεγχος για την ύπαρξη συσχετίσεων έγινε μεταξύ της μέσης βαθμολογίας των προτάσεων και των μεγάλων σε πλήθος υποομάδων του δείγματος (κατανομή βάσει πτυχίου, φύλου, επιπέδου μεταπτυχιακών σπουδών, τύπου επαγγελματικής δραστηριότητας, κ.ά.) έτσι ώστε να τηρούνται οι προϋποθέσεις κανονικότητας (πλήθος $N > 30$) του Κεντρικού Οριακού Θεωρήματος (Γιαλαμάς 2004). Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης είναι ενδιαφέροντα. Αναζητήθηκαν παράμετροι κατανομής του δείγματος των συμμετεχόντων σε υποομάδες που δίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (Κατσίλλης 2000). Χαρακτηριστικά το παραμετρικό Kruskal-Wallis Test για πέντε προτάσεις και για την κατανομή με

βάση το πτυχίο (Πίνακας 7.17) δίνει στατιστικά σημαντική διαφορά (Asymp. Sig. $p=0,028 < 0,05$) στην πρόταση P06A06, η οποία όμως δεν κινείται αντίθετα προς την κεντρική τάση. Δηλαδή, η συνολική βαθμολογία της πρότασης τείνει προς την αποδοχή της και η δημογραφική κατανομή εντοπίζει την υποομάδα συμμετεχόντων, οι οποίοι δίνουν μεγαλύτερο Μ.Ο. βαθμολογίας (Πίνακας 7.18).

Πίνακας 7.17: Kruskal-Wallis Test για πέντε προτάσεις για την κατανομή με βάση το πτυχίο

ΚΩΔ.	ΒΑΣΙΚΟ ΠΤΥΧΙΟ	N	Mean Rank
P02A02	ΧΗΜΙΚΟΣ	108	76,38
	ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ	40	69,41
	Total	148	
P03A03	ΧΗΜΙΚΟΣ	108	76,37
	ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ	40	69,46
	Total	148	
P04A04	ΧΗΜΙΚΟΣ	108	72,16
	ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ	40	80,83
	Total	148	
P05A05	ΧΗΜΙΚΟΣ	108	74,71
	ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ	40	73,94
	Total	148	
P06A06	ΧΗΜΙΚΟΣ	108	78,25
	ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ	40	64,39
	Total	148	

Test Statistics(a,b)

ΠΡΟΤΑΣΗ	P02A02	P03A03	P04A04	P05A05	P06A06
Chi-Square	,910	1,441	1,273	,010	4,821
df	1	1	1	1	1
Asymp. Sig.	,340	,230	,259	,920	,028

a Kruskal Wallis Test

b Grouping Variable: ΒΑΣΙΚΟ ΠΤΥΧΙΟ

Πίνακας 7.18: Μ.Ο. βαθμολογίας των υποομάδων βάσει πτυχίου της P06A06

ΒΑΣΙΚΟ ΠΤΥΧΙΟ	Mean	N	Std. Deviation
ΧΗΜΙΚΟΣ	4,64	108	,848
ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ	4,45	40	,714
Total	4,59	148	,816

Όμως, απαιτείται πάντοτε προσοχή στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων της στατιστικής ανάλυσης. Από τα προηγούμενα αποτελέσματα φαίνεται να διακρίνεται μια μεγαλύτερη ευαισθησία των Χημικών από τους Χημικούς Μηχανικούς απέναντι στην ανάγκη για εναλλακτικές και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. Μία προσεκτικότερη μελέτη αυτών των δεδομένων, όμως δείχνει ότι μία τέτοια γενίκευση είναι πιθανότατα βιαστική. Πρώτον, γιατί τα στοιχεία αυτά είναι αντιπροσωπευτικά του δείγματος μόνον και όχι όλου του πληθυσμού, και γιατί ακόμα και για το δείγμα η αποδοχή της πρότασης είναι τόσο μεγάλη (μέσος βαθμός συμφωνίας περίπου 92%) ώστε δύσκολα θεμελιώνεται σοβαρή διαφωνία μεταξύ του ~93% μέσου βαθμού συμφωνίας των Χημικών και του περίπου 89% μέσου βαθμού συμφωνίας των Χημικών Μηχανικών. Δεύτερον, γιατί μέσα στο δείγμα ο αριθμός των Χημικών είναι πολύ μεγαλύτερος από εκείνο των Χημικών Μηχανικών, γεγονός σημαντικό από μόνο του, παρότι το στατιστικό εργαλείο έχει κάνει τη σχετική ισοστάθμιση. Τέλος, η συσχέτιση πτυχίου και άποψης για τις εναλλακτικές και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας μπορεί να είναι «νόθα» και να οφείλεται σε (ή και σε) άλλους άδηλους εδώ παράγοντες όπως το φύλο, οι μεταπτυχιακές σπουδές, το είδος επαγγελματικής απασχόλησης κλπ (Φίλιας κ.ά. 1996).

Το ενδιαφέρον συμπέρασμα από τα αποτελέσματα των πέντε προτάσεων (P01A01, P02A02, P03A03, P06A06 και P07A07) που έχουν μεγάλο Μ.Ο. βαθμολογίας, δηλαδή συγκεντρώνουν υψηλό ποσοστό συμφωνίας, είναι ακριβώς η μεγάλη συναίνεση σε αυτές. Η «ομοφωνία» αυτή υποδηλώνει πιθανή ανάλογη συμπεριφορά του γενικού πληθυσμού και πιθανότατα στο μέρος του γενικού πληθυσμού που έχει ανάλογα χαρακτηριστικά με το δείγμα. Άλλωστε, σύμφωνα με τη μεθοδολογία "Δελφοί", προτάσεις που συγκεντρώνουν τόσο μεγάλη συναίνεση σε ένα δείγμα

συμμετεχόντων, οι οποίοι είναι ειδικοί επιστήμονες, αποτελούν και το ζητούμενο της έρευνας, αφού θεωρούνται έγκυρες και βάσιμες για μελλοντικές προβλέψεις.

Αντίθετα, στις προτάσεις P04A04 και P05A05 που παρουσιάζουν ένα μέσο βαθμό συμφωνίας (Μ.Ο. βαθμολογίας), αλλά δεν υπήρχε σαφής σύγκλιση της τάσης, το ενδιαφέρον εστιάζεται ακριβώς στη διερεύνηση των διαφορετικών απόψεων που επιτρέπει η στατιστική ανάλυση των στοιχείων.

Λαμβάνοντας πάντα υπόψη τα ανωτέρω, διερευνάται ο παράγοντας φύλο και η επίδρασή του στα αποτελέσματα του δείγματος. Η κατανομή του δείγματος είναι περίπου ΑΝΔΡΕΣ 63% και ΓΥΝΑΙΚΕΣ 37%. Από τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης (Πίνακας 7.19) φαίνεται ότι σε καμία πρόταση δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στις απόψεις ανδρών και γυναικών. Όμως, υπάρχουν διακυμάνσεις και η διαφορά των αποτελεσμάτων στην περίπτωση της πρότασης P04A04 *οριακά* δεν είναι στατιστικά σημαντική (Asymp. Sig. $P=0.065 > 0.05$). Η διαφορά των τιμών των Μ.Ο. (Πίνακας 7.20) είναι αρκετή και η διασπορά των τιμών όπως φαίνεται από την Τυπική Απόκλιση (Std. Dev.) και από το Γράφημα κατανομής (Διάγραμμα 7.21) μεγάλη. Ομοίως υπάρχουν αρκετές διαφορές και στην πρόταση P05A05, όπως φαίνεται στον Πίνακα 7.21 και στο Διάγραμμα 7.22. Αν ειπωθούν συνολικά οι διαφορές στα αποτελέσματα των προτάσεων P04A04 και P05A05 μεταξύ ανδρών και γυναικών ίσως υποδηλώνουν, χωρίς να υπάρχει καμία στατιστικά σημαντική διαφορά, ότι οι γυναίκες του δείγματος κρατούν συνολικά μία ελαφρά πιο "πραγματιστική" συμπεριφορά υποστηρίζοντας περισσότερο ότι τα πράγματα θα εξελιχθούν όπως τώρα στο προσεχές χρονικό διάστημα και αισιοδοξώντας ότι η τεχνολογική πρόοδος μπορεί να λύσει κάποια από τα σημερινά προβλήματα.

Πίνακας 7.19: Kruskal-Wallis Test για πέντε προτάσεις για την κατανομή με βάση το φύλο

ΚΩΔ.	ΦΥΛΟ	N	Mean Rank
P02A02	ΑΝΔΡΑΣ	94	75,29
	ΓΥΝΑΙΚΑ	54	73,13
	Total	148	
P03A03	ΑΝΔΡΑΣ	94	75,30
	ΓΥΝΑΙΚΑ	54	73,10
	Total	148	
P04A04	ΑΝΔΡΑΣ	94	69,73
	ΓΥΝΑΙΚΑ	54	82,81
	Total	148	
P05A05	ΑΝΔΡΑΣ	94	71,12
	ΓΥΝΑΙΚΑ	54	80,38
	Total	148	
P06A06	ΑΝΔΡΑΣ	94	77,34
	ΓΥΝΑΙΚΑ	54	69,56
	Total	148	

Test Statistics(a,b)

ΠΡΟΤΑΣΗ	P02A02	P03A03	P04A04	P05A05	P06A06
Chi-Square	,102	,172	3,403	1,711	1,781
df	1	1	1	1	1
Asymp. Sig.	,749	,678	,065	,191	,182

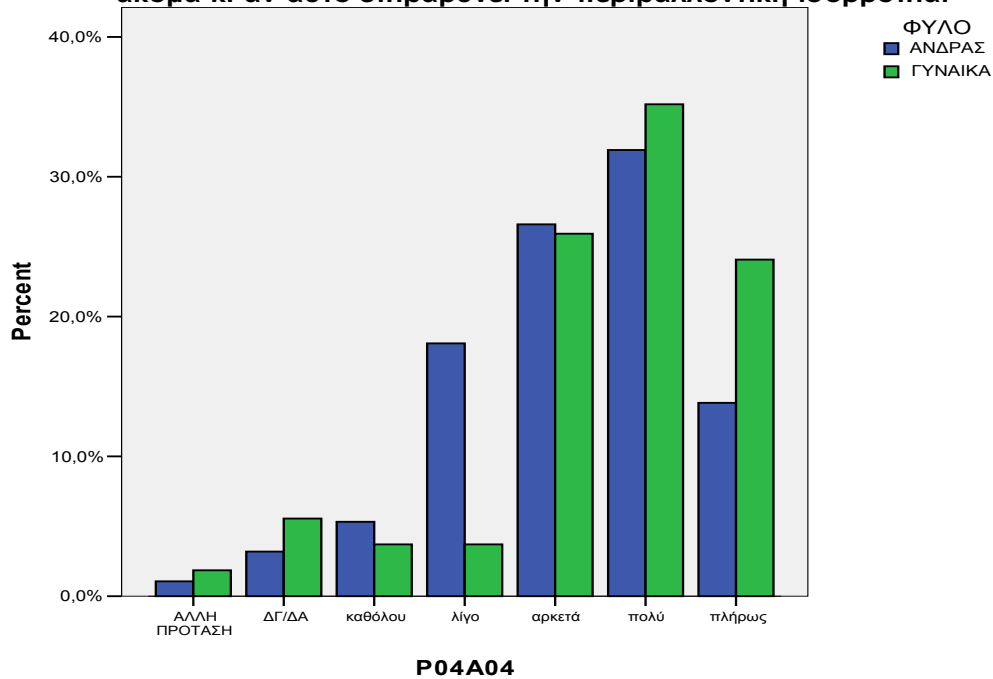
a Kruskal Wallis Test

b Grouping Variable: ΦΥΛΟ

Πίνακας 7.20: Μ.Ο. βαθμολογίας των υποομάδων βάσει φύλου της P04A04

ΦΥΛΟ		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
P04A04	ΑΝΔΡΑΣ	94	3,17	1,309	,135
	ΓΥΝΑΙΚΑ	54	3,48	1,450	,197

Ο κόσμος θα συνεχίσει τις προσεχείς δεκαετίες να δίνει έμφαση στην οικονομική ανάπτυξη και στη δημιουργία νέων θέσεων απασχόλησης ακόμα κι αν αυτό επιβαρύνει την περιβαλλοντική ισορροπία.

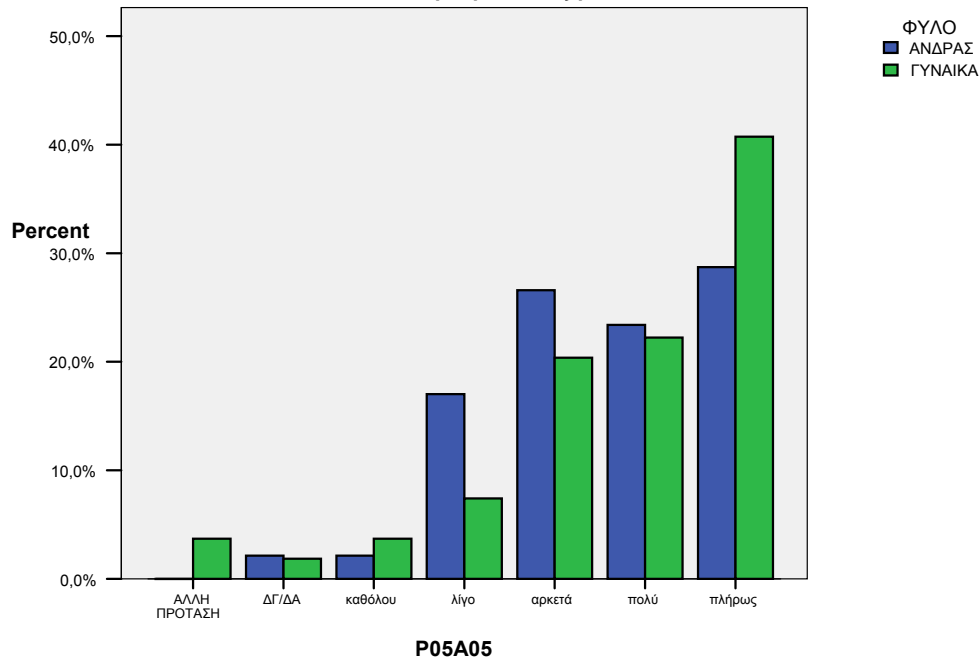


Διάγραμμα 7.21: Γράφημα κατανομής βαθμολογίας για την P04A04 βάσει φύλου

Πίνακας 7.21: Μ.Ο. βαθμολογίας των υποομάδων βάσει φύλου της P05A05

ΦΥΛΟ		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
P05A05	ΑΝΔΡΑΣ	94	3,53	1,250	,129
	ΓΥΝΑΙΚΑ	54	3,69	1,552	,211

Η επιστημονική και τεχνολογική εξέλιξη μπορεί να οδηγήσει στην επίλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, παράλληλα με την οικονομική ανάπτυξη.



Διάγραμμα 7.22: Γράφημα κατανομής βαθμολογίας για την P05A05 βάσει φύλου

Διερευνώντας περαιτέρω τους λόγους διασποράς των τιμών στις βαθμολογίες των προτάσεων P04A04 και P05A05 εξετάστηκαν τα στοιχεία και με άλλους τρόπους. Στον Πίνακα 7.22 παρουσιάζονται οι συντελεστές συνάφειας/συσχέτισης των προτάσεων μεταξύ τους κατά Pearson, οι οποίοι βρέθηκαν από μέτριοι έως σημαντικοί (Μακράκης 2005). Προκύπτει σαφώς η μεγαλύτερη συνάφεια των προτάσεων P02A02, P03A03 και P06A06 μεταξύ τους παρά με τις P04A04 και P05A05, οι οποίες αντίστοιχα έχουν μεγαλύτερη συσχέτιση μεταξύ τους παρά με τις άλλες τρεις.

Πίνακας 7.22: Τιμές συντελεστή συνάφειας μεταξύ των προτάσεων

ΠΡΟΤΑΣΗ	P02A02	P03A03	P04A04	P05A05	P06A06
P02A02	1,000	,506	,294	,273	,569
P03A03	,506	1,000	,308	,308	,683
P04A04	,294	,308	1,000	,308	,216
P05A05	,273	,308	,308	1,000	,305
P06A06	,569	,683	,216	,305	1,000

Χρησιμοποιήθηκαν και οι άλλοι παράγοντες δημογραφικής κατανομής σε υποομάδες του δείγματος των συμμετεχόντων. Η διαίρεση βάσει μεταπτυχιακών σπουδών παρουσιάζει μικρές διακυμάνσεις, αλλά όχι σημαντικές διαφορές. Ούτε η

παράμετρος της επαγγελματικής απασχόλησης στην Τριτοβάθμια σε σχέση με τη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση δίνει διαφορές που να μπορούν να δικαιολογήσουν τη μειωμένη αποδοχή των δύο από τις πέντε προτάσεις. Επομένως, όλες οι κύριες κατανομές του δείγματος (βάσει πτυχίου, φύλου, μεταπτυχιακών, εκπαιδευτικής βαθμίδας απασχόλησης κλπ) σε μεγάλες υποομάδες με πλήθος αρκετό για να καλύψει τις απαιτήσεις κανονικότητας του Κ.Ο.Θ. δεν δικαιολογούν επαρκώς τη σημαντικά χαμηλότερη αποδοχή των δύο προτάσεων. Κατά συνέπεια, μικρές ομάδες του δείγματος (με πλήθος το οποίο δεν επιτρέπει τη χρήση εργαλείων για την εύρεση στατιστικά σημαντικών διαφορών) δίνουν συγκριτικά μικρή βαθμολογία επηρεάζοντας προς τα κάτω τους Μ.Ο. των προτάσεων αυτών. Πράγματι, η διερεύνηση των αποτελεσμάτων της P05A05, με παράγοντα κατανομής τους συμμετέχοντες με επαγγελματική ιδιότητα εντός και εκτός εκπαίδευσης, παράγει στατιστικά σημαντικές διαφορές (Asymp. Sig. $p=0,004 < 0,05$) (Πίνακας 7.23 και Διάγραμμα 7.23).

Πίνακας 7.23: Ανάλυση διαφορών βαθμολογίας της πρότασης P05A05 βάσει επαγγελματικής απασχόλησης στην εκπαίδευση ή εκτός.

	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	10,406(a)	6	,109
Likelihood Ratio	8,750	6	,188
Linear-by-Linear Association	7,958	1	,005
N of Valid Cases	148		

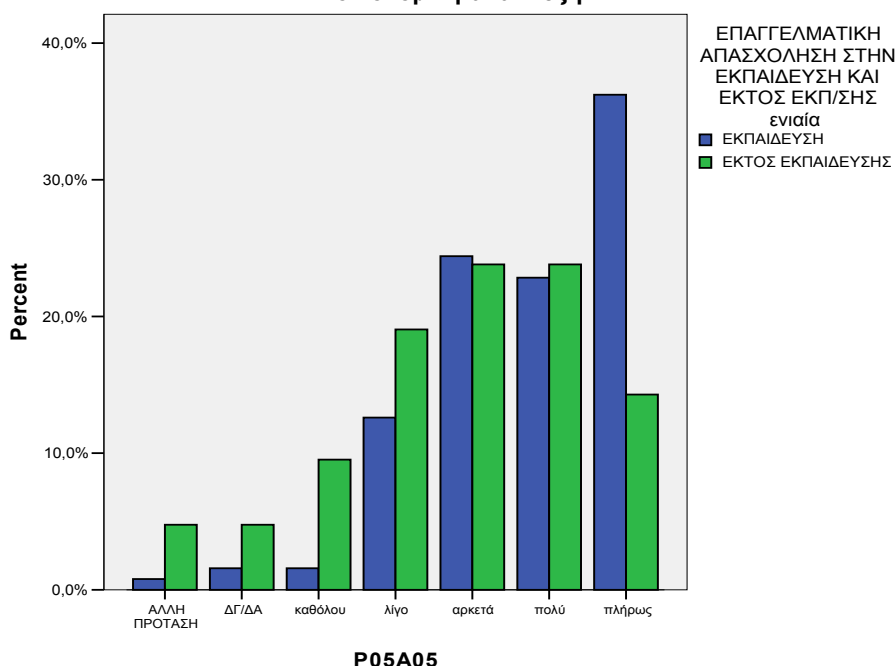
Crosstabulation		Value	Asymp. Std. Error(a)	Approx. T(b)	Approx. Sig.
Ordinal by Ordinal	Gamma	-,411	,144	-2,427	,015
	Spearman Correlation	-,208	,080	-2,571	,011(c)
Interval by Interval	Pearson's R	-,233	,091	-2,891	,004(c)
N of Valid Cases		148			

a Not assuming the null hypothesis.

b Using the asymptotic standard error assuming the null hypothesis.

c Based on normal approximation.

Η επιστημονική και τεχνολογική εξέλιξη μπορεί να οδηγήσει στην επίλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, παράλληλα με την οικονομική ανάπτυξη.



Διάγραμμα 7.23: Γράφημα κατανομής βαθμολογίας για την P05A045 βάσει επαγγελματικής απασχόλησης στην εκπαίδευση ή εκτός

Από τους Πίνακες 7.24 και 7.25 φαίνεται ότι οι Ερευνητές των Ερευνητικών Ιδρυμάτων, οι φροντιστές και οι απασχολούμενοι στη Βιομηχανία και τις Επιχειρήσεις του ιδιωτικού τομέα δίνουν αναλογικά μικρές βαθμολογίες σε αυτές τις προτάσεις. Δηλαδή, δεν αισιοδοξούν ιδιαίτερα για τη θετική εξέλιξη των μεγάλων προβλημάτων στις προσεχείς δεκαετίες, ούτε για την ικανότητα της επιστήμης και της τεχνολογίας να συμβάλουν στην επίλυση τους.

Όπως προκύπτει από τον Πίνακα 7.24 οι συμμετέχοντες ερευνητές σε Ερευνητικά Ιδρύματα βαθμολόγησαν με πλήρη συμφωνία την πρόταση P03A03 χωρίς καμία απόκλιση. Έστω και αν πρόκειται για ένα μικρό δείγμα (πλήθος 9), αυτή η απόλυτη ομοφωνία επιστημόνων υψηλής εξειδίκευσης σχετικά με τα ζητήματα της ενέργειας, του περιβάλλοντος και των καυσίμων που έχουν κοινωνικές, πολιτικές και οικονομικές προεκτάσεις, είναι ένα γεγονός που πρέπει να σημειωθεί.

Πίνακας 7.24: Αποτελέσματα βάσει επαγγελματικής απασχόλησης στην εκπαίδευση

ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ		P02A02	P03A03	P04A04	P05A05	P06A06
Α.Ε.Ι. & ΕΡΕΥΝΑ	Mean	4,18	4,78	3,47	4,06	4,53
	N	49	49	49	49	49
	Std. Deviation	,882	,468	1,101	1,049	,710
ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	Mean	4,33	4,67	3,20	3,61	4,66
	N	70	70	70	70	70
	Std. Deviation	,928	,756	1,461	1,311	,796
ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ	Mean	4,00	4,60	3,60	2,20	4,80
	N	5	5	5	5	5
	Std. Deviation	1,225	,894	,894	1,304	,447
ΣΥΜΒΟΥΛΟΣ, ΣΤΕΛΕΧΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ	Mean	3,67	4,67	3,00	3,00	4,33
	N	3	3	3	3	3
	Std. Deviation	1,155	,577	2,000	2,000	1,155
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ	Mean	4,11	5,00	3,56	3,11	4,78
	N	9	9	9	9	9
	Std. Deviation	,782	,000	1,590	1,453	,441
Total	Mean	4,24	4,73	3,33	3,68	4,62
	N	136	136	136	136	136
	Std. Deviation	,913	,638	1,334	1,293	,741

Πίνακας 7.25: Αποτελέσματα βάσει επαγγελματικής απασχόλησης στη βιομηχανία.

ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΑΙ ΣΤΙΣ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ		P02A02	P03A03	P04A04	P05A05	P06A06
Total	Mean	4,00	4,22	3,11	2,44	4,22
	N	9	9	9	9	9
	Std. Deviation	1,658	1,641	1,616	2,007	1,641

7.4.2 Αποτελέσματα από τη θεματική ενότητα Β

Η Θεματική Ενότητα Β της Διδακτικής των Φ.Ε. και της Χημείας περιλαμβάνει 14 προτάσεις από τις συνολικά 32 του ερωτηματολογίου (P08B01-P21B14). Τα ζητήματα προς διερεύνηση είναι από τα σημαντικότερα που έχουν αναδειχθεί από την Ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία. Καταβλήθηκε προσπάθεια να καλυφθούν οι διαφορετικές προσεγγίσεις με αποτέλεσμα να υπάρχουν ακόμη και συγκρουόμενες ή αλληλοαναιρούμενες προτάσεις, γεγονός που επισημάνθηκε από τους κριτές-

αξιολογητές. Θεωρήθηκε όμως, απαραίτητο να εκφραστούν όλες οι απόψεις και για όσες δεν έγινε δυνατόν να προβλεφθούν, υπήρχε η δυνατότητα να προστεθούν από τους συμμετέχοντες με την επιλογή «άλλη πρόταση».

Τα ποσοτικά αποτελέσματα της έρευνας στις 14 προτάσεις της θεματικής ενότητας Β. παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.26. Στην πρώτη στήλη αναγράφεται ο αριθμός της πρότασης, στη δεύτερη στήλη ο Μ.Ο. (mean) της βαθμολογίας των συμμετεχόντων, στην τρίτη στήλη η τυπική απόκλιση (Std.Dev.) και στη τέταρτη στήλη ο αριθμός (N) των απαντήσεων.

Πίνακας 7.26: Ο μέσος όρος βαθμολογίας των προτάσεων της θεματικής ενότητας Β.

Β. ΕΝΟΤΗΤΑ ΘΕΜΑΤΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΠΡΟΤΑΣΗ	Mean	Std. Deviation	N
P08B01	2,40	1,384	148
P09B02	3,32	1,385	148
P10B03	4,47	1,084	148
P11B04	2,48	1,286	148
P12B05	4,05	,985	148
P13B06	1,97	,969	148
P14B07	3,51	1,332	148
P15B08	2,05	1,266	148
P16B09	3,18	1,355	148
P17B10	3,03	1,304	148
P18B11	4,26	,891	148
P19B12	3,39	1,469	148
P20B13	3,95	1,200	148
P21B14	4,00	1,113	148

Μία απλή παρατήρηση των τιμών διακρίνει τις προτάσεις σε τρεις υποκατηγορίες:

- α) Οι προτάσεις P10B03, P12B05, P18B11, P20B13 και P21B14 έχουν πολύ μεγάλο Μ.Ο. βαθμολογίας πάνω από 4, δηλαδή ο μέσος βαθμός συμφωνίας των συμμετεχόντων ξεπερνά το 80% και στην πρόταση P10B03 φτάνει το 90%.
- β) Οι προτάσεις P13B06 και P15B08 έχουν πολύ μικρό Μ.Ο. βαθμολογίας μικρότερο ή ίσο με 2, δηλαδή ο μέσος βαθμός συμφωνίας των συμμετεχόντων είναι μικρότερος από το 40%. Μικρό βαθμό αποδοχής και μεγάλη διακύμανση έχουν και οι προτάσεις P08B01 και P11B04 γεγονός που σημαίνει ότι οι συμμετέχοντες είχαν διαφορετικές απόψεις, αλλά η τάση είναι απορριπτική.

γ) Οι υπόλοιπες πέντε προτάσεις κυμαίνονται γύρω από το 3, δηλαδή ένα μέσο βαθμό συμφωνίας. Η διακύμανση τιμών είναι μεγάλη που σημαίνει ότι οι συμμετέχοντες είχαν διαφορετικές απόψεις, αλλά δεν υπήρχε σύγκλιση της τάσης προς συμφωνία ή διαφωνία.

Οι προτάσεις των κατηγοριών α και β της θεματικής ενότητας Β. -στις οποίες υπάρχει σύγκλιση σε μεγάλο βαθμό συμφωνίας και διαφωνίας αντίστοιχα- παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.27.

Τα αποτελέσματα δείχνουν πού συγκλίνουν οι απόψεις των συμμετεχόντων σε μερικά από τα ζητήματα, τα οποία τους τέθηκαν μέσω των προτάσεων της θεματικής ενότητας Β. Αναλυτικά:

- Δεν συμφωνούν (<50%) με τη διδασκαλία των Φ.Ε. σαν ένα ενιαίο αντικείμενο (science) σε όλες της βαθμίδες της εκπαίδευσης.
- Οι απόψεις των συμμετεχόντων συγκλίνουν εντυπωσιακά (90%) στη θέση ότι στις τελευταίες τάξεις του Λυκείου στη Θετική/Τεχνολογική Κατεύθυνση είναι καλύτερο να διδάσκονται οι Φ.Ε. αναλυτικά ως διακριτά αντικείμενα. Από τη στατιστική ανάλυση φαίνεται ότι οι κάτοχοι διδακτορικού ή/και μεταπτυχιακών συμφωνούν σε μεγαλύτερο βαθμό με αυτήν τη θέση, όπως και αυτοί που απασχολούνται στα Α.Ε.Ι. και την Έρευνα. Οι διαφορές δεν είναι στατιστικά σημαντικές γιατί υπάρχει γενική ομοφωνία σε αυτήν τη θέση (βλέπε Διάγραμμα 7.24 και Πίνακα 7.28).
- Επιθυμούν να έχει ρόλο η Ιστορία των Επιστημών στη Διδακτική των Φ.Ε., αφού δεν συμφωνούν (<50%) με τη θέση της απόρριψης ιστορικών θεμάτων.
- Συμφωνούν σε μεγάλο βαθμό (>80%) με τον πυρήνα της Κονστρουκτιβιστικής προσέγγισης για την ανάγκη της διερεύνησης των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών στις Φ.Ε., και τη θέση ότι απαιτείται επιστημολογική ρήξη (Bachelard όπως αναφέρεται σε Tiles 1984) για την ανασκευή, την αναπλαισίωση και την αλλαγή τους.

Πίνακας 7.27: Οι προτάσεις των υποκατηγοριών α και β της θεματικής ενότητας Β.

A/A	ΠΡΟΤΑΣΗ	M.O.
P08B01	Οι Φ.Ε. είναι καλύτερο να διδάσκονται σαν ένα ενιαίο αντικείμενο σε όλες τις βαθμίδες της σχολικής (Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας) Εκπαίδευσης.	2,40
P10B03	Στις τελευταίες τάξεις του Λυκείου στη Θετική/Τεχνολογική Κατεύθυνση είναι καλύτερο να διδάσκονται οι Φ.Ε. αναλυτικά ανά αντικείμενο από έμπειρους καθηγητές ειδικότητας.	4,47
P11B04	Οι Φ.Ε. είναι καλύτερο να διδάσκονται στη σύγχρονη τους μορφή και περιεχόμενο και να μην επιβαρύνονται οι μαθητές με θέματα ιστορικής σημασίας.	2,48
P12B05	Για την αποτελεσματική διδασκαλία των Φ.Ε. πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι εναλλακτικές «ιδέες» των μαθητών και οι παρανοήσεις που έχουν ήδη διαμορφώσει και απαιτείται επιστημολογική ρήξη για την ανασκευή, την αναπλαισίωση και την αλλαγή τους.	4,05
P13B06	Το περιεχόμενο της σχολικής Χημείας πρέπει να περιλαμβάνει κυρίως θεωρίες και νόμους.	1,97
P15B08	Οι μαθητές είναι σε θέση να ελέγξουν διαφορετικές παραμέτρους και μεταβλητές σε μια ακαθοδήγητη από τη θεωρία πειραματική διαδικασία, να πραγματοποιήσουν συστηματική συλλογή παρατηρήσεων για ένα «ανοικτού τύπου» πρόβλημα χωρίς προσχεδιασμένη και αναμενόμενη κατάληξη και να προχωρήσουν στην εξαγωγή γενικών υποθέσεων στη βάση μόνον των πειραματικών δεδομένων.	2,05
P18B11	Η χρήση υπολογιστών στη διδασκαλία της Χημείας επιτρέπει στους μαθητές να αποκτήσουν εποπτεία για φαινόμενα που η κλίμακα μεγέθους (μικρόκοσμος, μακρόκοσμος), η χρονική διάρκεια ή η επικινδυνότητα δεν επιτρέπουν την αναπαράσταση τους στην τάξη ή στο σχολικό εργαστήριο.	4,26
P20B13	Η χρήση διαθεματικής και «συστημικής» προσέγγισης στη διδασκαλία και τη μάθηση της Χημείας, όπου όλα τα προς διερεύνηση αντικείμενα βρίσκονται μεταξύ τους σε στενή σχέση αλληλεπίδρασης και αλληλεξάρτησης, μπορεί να διευρύνει τον τρόπο σκέψης των μαθητών αυξάνοντας τις δυνατότητες τους να αντιμετωπίζουν σφαιρικά και ολιστικά τα ζητήματα.	3,95
P21B14	Το μάθημα της Χημείας στη Γενική Παιδεία της ανώτερης Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, με τη χρήση διαθεματικής και «συστημικής» προσέγγισης στη διδασκαλία και τη μάθηση, μπορεί να συγκλίνει με το ενδιαφέρον και τη διάθεση των παιδιών αυτής της ηλικίας για την επιστήμη και την τεχνολογία, να είναι σε σχέση με την καθημερινή ζωή και τα ενδιαφέροντα των μαθητών, καθιστώντας το περισσότερο ελκυστικό.	4,00

- Διαφωνούν (Μ.Ο. βαθμού συμφωνίας <40% και μεγάλη διακύμανση) με την παραδοσιακή Ακαδημαϊκή μέθοδο «αποκάλυψης» από τον διδάσκοντα της «αλήθειας» με τον περιορισμό της διδασκαλίας των Φ.Ε. και της Χημείας στην παρουσίαση των επιστημονικών νόμων και θεωριών.
- Διαφωνούν (Μ.Ο. βαθμού συμφωνίας <40% και μεγάλη διακύμανση) με την κοινή για τον Εποικοδομητισμό και την Ανακαλυπτική μέθοδο προσέγγιση για τη λειτουργία των μαθητών ως «μικρών επιστημόνων» που ανακαλύπτουν ή/και οικοδομούν μόνοι τους τη γνώση -χωρίς πρότερη γνώση της θεωρίας- με τη συνδρομή, αλλά όχι την καθοδήγηση του δασκάλου.
- Συμφωνούν σε μεγάλο βαθμό (>85%) για τα πλεονεκτήματα της χρήσης προσομοιώσεων σε υπολογιστές στη διδασκαλία της Χημείας, ειδικά για φαινόμενα όπου η κλίμακα μεγέθους (μικρόκοσμος, μακρόκοσμος), η χρονική διάρκεια ή η επικινδυνότητα δεν επιτρέπουν την αναπαράστασή τους στην τάξη ή στο σχολικό εργαστήριο. Για τα πιθανά μειονεκτήματα και εγγενή μεθοδολογικά προβλήματα στη γενικευμένη χρήση προσομοιώσεων, οι απαντήσεις δεν συγκλίνουν στη συμφωνία ή στη διαφωνία.
- Συμφωνούν σε μεγάλο βαθμό (>80%) με τη διαθεματική και «συστημική» προσέγγιση στη διδασκαλία μιας Χημείας «για όλους» στη Γενική Παιδεία της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, ενταγμένης στο ευρύτερο κοινωνικό πλαίσιο (Chemistry in context), σε σχέση με την καθημερινή ζωή και τα ενδιαφέροντα των μαθητών.

Τα συγκεκριμένα αποτελέσματα της έρευνας δίνουν μία νέα διάσταση σε ζητήματα που είναι ανοικτά στο διάλογο για πολλά χρόνια, όπως: η άρνηση του ενιαίου επιστημονικού αντικείμενου (science), η σχεδόν ομοφωνία για ακαδημαϊκή προσέγγιση και υψηλές απαιτήσεις στη Θετική/Τεχνολογική κατεύθυνση στις ανώτερες τάξεις του Λυκείου, καθώς και η ταυτόχρονη απόρριψη της κενής θεωρητικολογίας, αλλά και της προσδοκίας ότι χωρίς θεωρητικό υπόβαθρο και διδακτική υποστήριξη-καθοδήγηση, οι μαθητές είναι δυνατόν να οικοδομήσουν έγκυρη επιστημονική γνώση.

7.4.2.1 Αποτελέσματα και στατιστική ανάλυση

Ο έλεγχος για την ύπαρξη συσχετίσεων έγινε μεταξύ της μέσης βαθμολογίας των προτάσεων και των μεγάλων σε πλήθος δημογραφικών ομάδων του δείγματος (βάσει φύλου, ηλικίας, τόπου επαγγελματικής δραστηριότητας, τύπου επαγγελματικής δραστηριότητας, βασικού πτυχίου, μεταπτυχιακών, επαγγελματικής δραστηριότητας στην εκπαίδευση ή εκτός κ.ά.), έτσι ώστε να τηρούνται οι προϋποθέσεις κανονικότητας του κεντρικού οριακού θεωρήματος (η κατανομή της μέσης τιμής είναι κατά προσέγγιση κανονική όταν το μέγεθος του δείγματος είναι αρκετά μεγάλο, $N \geq 30$, Γιαλαμάς 2004). Ενδεικτικά, η δημογραφική κατανομή των συμμετεχόντων βάσει της παραμέτρου ΠΤΥΧΙΟ/ΔΙΠΛΩΜΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΑ ενιαία, διαιρεί το δείγμα σε τρεις σχετικά ισοπληθείς ομάδες, και η δημογραφική κατανομή των συμμετεχόντων βάσει της παραμέτρου ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ / ΕΡΕΥΝΑ ενιαία, διαιρεί το δείγμα στις δύο βαθμίδες (Δευτεροβάθμια-Τριτοβάθμια) της Εκπαίδευσης (Πίνακας 7.28 και Διάγραμμα 7.24).

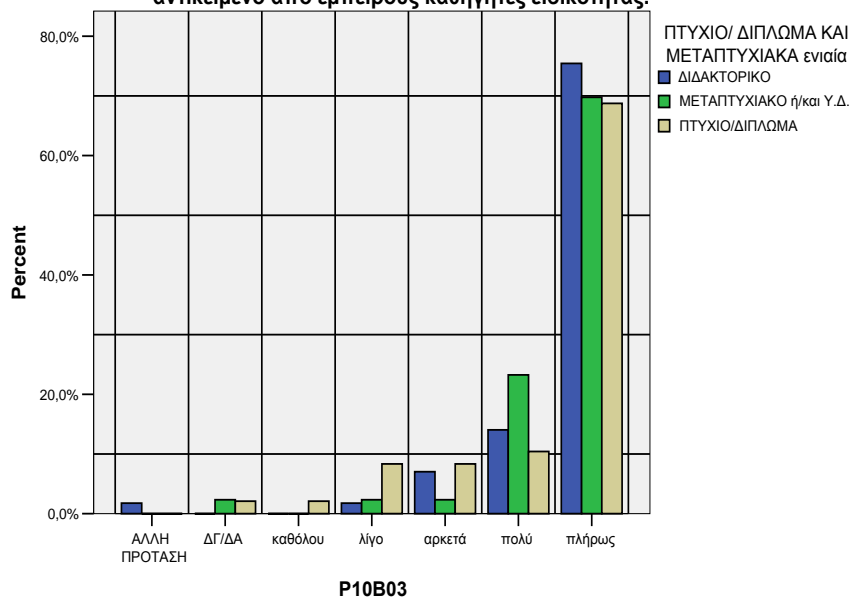
Πίνακας 7.28: Μ.Ο. βαθμολογίας της P10B03 σε σχέση με το επίπεδο των μεταπτυχιακών σπουδών και την απασχόληση ανά βαθμίδα της εκπαίδευσης

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΜΗ	N	M.O.	Std. Deviation	Std. Error Mean
ΠΤΥΧΙΟ/ ΔΙΠΛΩΜΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΑ ενιαία	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	57	4,56	1,018	,135
	ΠΤΥΧΙΟ/ΔΙΠΛΩΜΑ	48	4,29	1,254	,181
	ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ή/και Υ.Δ.	43	4,53	,960	,146
ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ / ΕΡΕΥΝΑ ενιαία	Α.Ε.Ι. ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΙΔΡΥΜΑΤΑ	58	4,48	1,064	,140
	ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΤΕΛΕΧΗ/ΦΟΡΕΙΣ	78	4,41	1,167	,132

Οι παράγοντες, οι οποίοι δίνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές σε κάποιες από τις προτάσεις της θεματικής ενότητας Β που εξετάζονται εδώ, είναι οι μεταπτυχιακές σπουδές και η ηλικιακή κατάταξη. Η ηλικία των συμμετεχόντων όμως, συνδέεται περίπλοκα με το αν κατέχουν δακτορικό δίπλωμα, με την επαγγελματική τους θέση κ.ά. οπότε αναπτύσσονται, δύσκολα διευκρινίσιμες στατιστικά συσχετίσεις.

Παρουσιάζονται λοιπόν οι συσχετίσεις μερικών σημαντικών προτάσεων βάσει της παραμέτρου: ΠΤΥΧΙΟ/ΔΙΠΛΩΜΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΑ ενιαία, (Διάγραμμα 7.24).

P10B03 Στις τελευταίες τάξεις του Λυκείου στη Θετική/Τεχνολογική Κατεύθυνση είναι καλύτερο να διδάσκονται οι Φ.Ε. αναλυτικά ανά αντικείμενο από έμπειρους καθηγητές ειδικότητας.



Διάγραμμα 7.24: Γράφημα ποσοστιαίας συμμετοχής στην κατανομή της βαθμολογίας για την P10B03 βάσει επιπέδου σπουδών.

Προκύπτει ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών ομάδων (Sig. $p=0.227 > 0.05$) για την πρόταση P10B03, όμως, το Levene's Test (βλ. Πίνακα 7.29) δείχνει σημαντική διαφορά (Sig. $p=0.042 < 0.05$) στη διακύμανση των τιμών. Αυτό το γεγονός διακρίνεται και στο Διάγραμμα 7.24 καθώς και στους Μ.Ο. βαθμολογίας του Πίνακα 7.28. Προκύπτει σαφώς ότι οι κάτοχοι διδακτορικού έχουν τον μεγαλύτερο βαθμό συμφωνίας, ακολουθούν όσοι έχουν μεταπτυχιακές και μετά οι πτυχιούχοι. Επίσης, παρατηρείται ότι υπάρχει, αλλά δεν είναι σημαντική, η διαφορά στη βαθμολογία μεταξύ των εκπαιδευτικών βαθμίδων Α.Ε.Ι. και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.

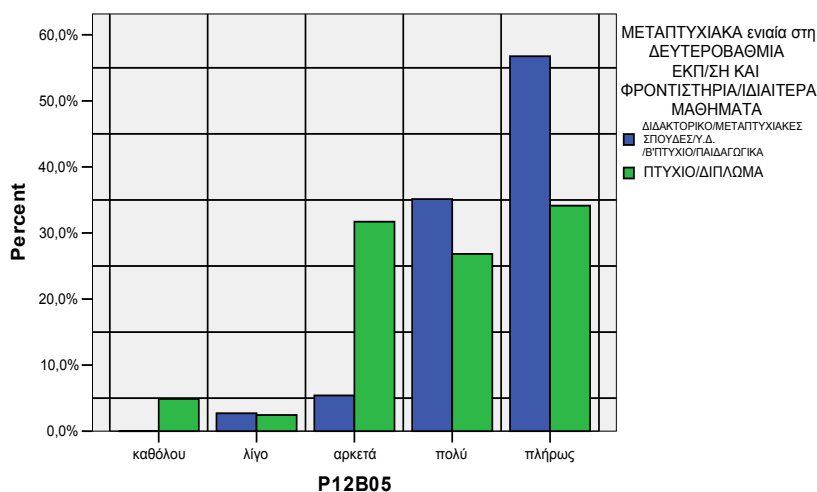
Πίνακας 7.29: Στατιστικά της πρότασης P10B03

Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)
4,257	,042	1,217	103	,227
		1,195	90,298	,235

Μεγάλο ενδιαφέρον παρουσιάζει η εξέταση του δείγματος των 78 συμμετοχών από τη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης είναι ανάλογα με το συνολικό δείγμα. Η σύγκριση στο επίπεδο των μεταπτυχιακών σπουδών δίνει μερικές φορές στατιστικά σημαντικές διαφορές. Όταν παρουσιάζονται στατιστικά σημαντικές διαφορές, αυτές εμφανίζονται κυρίως μεταξύ των κατόχων διάφορων μεταπτυχιακών τίτλων και των απλά πτυχιούχων. Η στατιστικά σημαντική αυτή διαφορά σχεδόν ποτέ δεν κινείται αντίθετα προς την κεντρική τάση. Δηλαδή, αν η συνολική βαθμολογία μιας πρότασης τείνει προς την απόρριψή της τότε, αν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά, οφείλεται στο ότι οι κάτοχοι διδακτορικού ή μεταπτυχιακού τίτλου (ως υποσύνολο) δίνουν ακόμα μικρότερο Μ.Ο. βαθμολογίας και το αντίστροφο.

Στη συνέχεια παρουσιάζεται η πρόταση P12B05 σε συσχέτιση με το επίπεδο των σπουδών εντός της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης όπως απεικονίζεται στο Διάγραμμα 7.25 και στον Πίνακα 7.30.

P12B05 Για την αποτελεσματική διδασκαλία των Φ.Ε. πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι εναλλακτικές "ιδέες" των μαθητών και οι παρανοήσεις που έχουν ήδη διαμορφώσει και απαιτείται επιστημολογική ρήξη για την ανασκευή, την αναπλαισίωση και την αλλαγή τους.



Διάγραμμα 7.25: Γράφημα ποσοστιαίας συμμετοχής στην κατανομή της βαθμολογίας για την P12B05 βάσει επιπέδου σπουδών εντός της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Πίνακας 7.30: Στατιστικά της πρότασης P12B05

Chi-Square Tests	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	11,458(a)	4	,022
Likelihood Ratio	13,158	4	,011
Linear-by-Linear Association	7,960	1	,005
N of Valid Cases	78		

(a) 4 cells (40,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is ,95.

Symmetric Measures		Value	Asymp. Std. Error(a)	Approx. T(b)	Approx. Sig.
Ordinal by Ordinal	Gamma	-,487	,148	-2,988	,003
	Spearman Correlation	-,313	,104	-2,873	,005(c)
Interval by Interval	Pearson's R	-,322	,094	-2,960	,004(c)
N of Valid Cases		78			

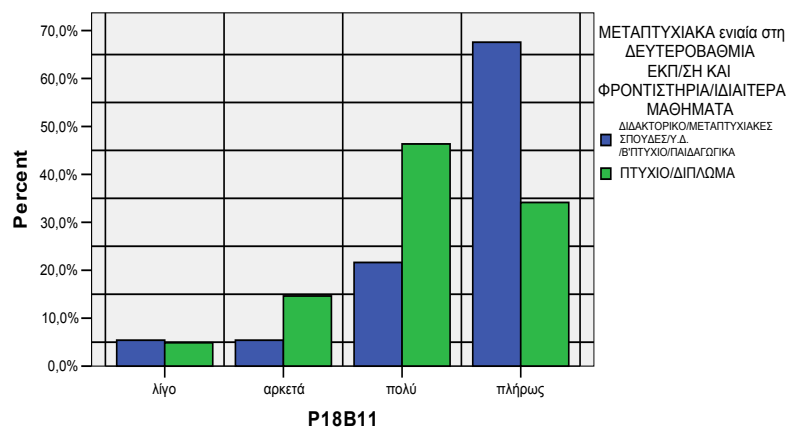
a Not assuming the null hypothesis.

b Using the asymptotic standard error assuming the null hypothesis.

c Based on normal approximation.

Ομοίως, παρουσιάζεται παρακάτω η πρόταση P18B11 σε συσχέτιση με το επίπεδο των σπουδών εντός της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, όπως φαίνεται στο Διάγραμμα 7.26 και τον Πίνακα 7.31.

P18B11 Η χρήση υπολογιστών στη διδασκαλία της Χημείας επιτρέπει στους μαθητές να αποκτήσουν εποπτεία για φαινόμενα που η κλίμακα μεγέθους (μικρόκοσμος, μακρόκοσμος), η χρονική διάρκεια ή η επικινδυνότητα δεν επιτρέπουν την αναπαράσταση τους στην τάξη ή στο σχολικό εργαστήριο.



Διάγραμμα 7.26: Γράφημα ποσοστιαίας συμμετοχής στην κατανομή της βαθμολογίας για την P18B11 βάσει επιπέδου σπουδών εντός της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Πίνακας 7.31: Στατιστικά της πρότασης P18B11

Chi-Square Tests	Value	df	Asymp. Sig. (2-sided)
Pearson Chi-Square	9,404(a)	3	,024
Likelihood Ratio	9,647	3	,022
Linear-by-Linear Association	4,609	1	,032
N of Valid Cases	78		

(a) 4 cells (50,0%) have expected count less than 5. The minimum expected count is 1,90.

Symmetric Measures		Value	Asymp. Std. Error(a)	Approx. T(b)	Approx. Sig.
Ordinal by Ordinal	Gamma	-,487	,160	-2,815	,005
	Spearman Correlation	-,304	,108	-2,785	,007(c)
Interval by Interval	Pearson's R	-,245	,112	-2,200	,031(c)
N of Valid Cases		78			

a Not assuming the null hypothesis.

b Using the asymptotic standard error assuming the null hypothesis.

c Based on normal approximation.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η διαίρεση του δείγματος σε δύο μεγάλες υποομάδες με βάση την απασχόληση στα διαφορετικά επίπεδα της Εκπαίδευσης. Με στόχο να γίνουν στατιστικές συσχετίσεις ενοποιήθηκαν οι συμμετοχές από τα Α.Ε.Ι. και τα Ερευνητικά Ιδρύματα σε μία μεγάλη υποομάδα (N=58), και όλων των τύπων οι συμμετοχές από τη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση σε μία δεύτερη μεγάλη υποομάδα (N=78). Όπως έχει ήδη αναφερθεί δεν προέκυψαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ανάμεσα στις δύο υποομάδες σε καμία κατηγορία. Στον Πίνακα 7.32 παρουσιάζονται οι Μ.Ο. βαθμολογίας προτάσεων της θεματικής ενότητας Β από τους συμμετέχοντες στις δύο διαφορετικού επιπέδου εκπαιδευτικές βαθμίδες. Η προσεκτική παρατήρηση των τιμών δείχνει ότι: (α) στην P11B04 (διδασκαλία Φ.Ε. εκτός ιστορικού πλαισίου) η μέση τιμή είναι πολύ χαμηλή, αλλά η Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση παρουσιάζει ακόμα μικρότερη βαθμολογία, (β) στην P12B05 (ανασκευή «εναλλακτικών ιδεών» των μαθητών) η μέση τιμή είναι πολύ μεγάλη αλλά η Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση παρουσιάζει ελαφρά μεγαλύτερη βαθμολογία, (γ) στην P15B08 (ανοικτές διερευνήσεις από τους μαθητές) η μέση τιμή είναι πολύ χαμηλή, αλλά η Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση παρουσιάζει ακόμα μικρότερη βαθμολογία, και (δ) τέλος

στην P21B14 (συστημική/διαθεματική διδασκαλία της Χημείας στη Γενική Παιδεία σε σχέση με την καθημερινή ζωή) η μέση τιμή είναι μεγάλη και στις δύο υποομάδες.

Πίνακας 7.32: Σύγκριση Μ.Ο. βαθμολογίας προτάσεων θεματικής ενότητας Β μεταξύ εκπαιδευτικών βαθμίδων.

ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ ενιαία		N	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση	Std. Error Mean
P11B04	Α.Ε.Ι. ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΙΔΡΥΜΑΤΑ	58	2,64	1,135	,149
	ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΤΕΛΕΧΗ/ΦΟΡΕΙΣ	78	2,29	1,369	,155
P12B05	Α.Ε.Ι. ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΙΔΡΥΜΑΤΑ	58	4,00	,991	,130
	ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΤΕΛΕΧΗ/ΦΟΡΕΙΣ	78	4,13	,985	,112
P15B08	Α.Ε.Ι. ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΙΔΡΥΜΑΤΑ	58	2,28	1,295	,170
	ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΤΕΛΕΧΗ/ΦΟΡΕΙΣ	78	2,00	1,151	,130
P21B14	Α.Ε.Ι. ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΙΔΡΥΜΑΤΑ	58	4,07	1,024	,134
	ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΤΕΛΕΧΗ/ΦΟΡΕΙΣ	78	4,01	1,134	,128

7.4.3 Αποτελέσματα από τη θεματική ενότητα Γ

Στη θεματική ενότητα Γ το ερωτηματολόγιο περιελάμβανε 11 προτάσεις όπως φαίνεται στον Πίνακα 7.33, οι οποίες αποπειρώνται να σκιαγραφήσουν τα θεμελιώδη ζητήματα στη μεθοδολογία, επιστημολογία και φιλοσοφία των Φ.Ε., σχετικά με :

1. το ειδικό κύρος της επιστημονικής γνώσης,
2. την επαγωγή και την επιστημονική μέθοδο,
3. την αφαίρεση και υποθετικό-παραγωγή,
4. τη σύγκριση μεταξύ θεωριών σύμφωνα με τον κριτικό επιστημονικό ρεαλισμό,
5. τον σχετικισμό,
6. τη χρηστικότητα/εργαλειοκρατία,
7. τη διαδοχή νέων θεωριών με τη συσσώρευση νέας επιστημονικής γνώσης όπως προβλέπεται από τον θετικισμό,
8. το συμβατισμό στην αλλαγή «Παραδειγμάτων»,
9. τον αναγωγισμό/φυσικαλισμό,
10. τις αναδυόμενες ιδιότητες,
11. και τον επιστημολογικό ή/και οντολογικό αντι-αναγωγισμό.

Οι επιμέρους ερωτήσεις ομαδοποιήθηκαν στα τρία πλαίσια προσέγγισης για αυτήν την ενότητα και παρουσιάζονται μετά τον Πίνακα 7.33.

Οι απαντήσεις διερευνήθηκαν με σκοπό τον εντοπισμό στατιστικών συγκλίσεων και μεταβολών των απόψεων ανάλογα με το είδος και το επίπεδο των μεταπτυχιακών σπουδών. Αυτό είναι σημαντικό γιατί πολλοί από τους συμμετέχοντες διδάσκουν προπτυχιακούς ή μεταπτυχιακούς φοιτητές που σπουδάζουν Χιμεία ή/και επιμορφώνουν εκπαιδευτικούς, επηρεάζοντας τις πεποιθήσεις τους.

Πίνακας 7.33: Οι προτάσεις θεματικής ενότητας Γ του ερωτηματολογίου

ΚΩΔ.	ΠΡΟΤΑΣΗ
P22Γ01	Η σχετική με τις Φ.Ε. γνώση έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και αξία, με την έννοια ότι οδηγεί σε ένα συστηματικό τρόπο σκέψης που αποπειράται μια αντικειμενική περιγραφή της Φύσης.
P23Γ02	Η επιστημονική μέθοδος συνίσταται στη συλλογή παρατηρήσεων και πειραματικών δεδομένων για ένα πρόβλημα και τη διατύπωση γενικευμένων υποθέσεων.
P24Γ03	Η επιστημονική μέθοδος συνίσταται στον έλεγχο των θεωρητικών προβλέψεων σε σχέση με τα πειραματικά αποτελέσματα.
P25Γ04	Ανάμεσα σε δύο ανταγωνιστικές επιστημονικές θεωρίες η επικρατέστερη προκύπτει μετά από κριτικό έλεγχο και από τη συναίνεση της επιστημονικής κοινότητας.
P26Γ05	Οι παρατηρήσεις δεν μπορούν να αποτελέσουν αντικειμενικό κριτήριο στην επιλογή μεταξύ θεωριών, γιατί εξαρτώνται από την προηγούμενη γνώση.
P27Γ06	Ανάμεσα σε δύο ανταγωνιστικές επιστημονικές θεωρίες η καλύτερη είναι εκείνη που δίνει τα πιο χρήσιμα και πρακτικά αξιοποιήσιμα αποτελέσματα.
P28Γ07	Η νέα επιστημονική γνώση προκύπτει κυρίως μέσω της συσσώρευσης νέων πειραματικών δεδομένων και παρατηρήσεων.
P29Γ08	Η νέα επιστημονική γνώση είτε εντάσσεται στο υπάρχον πλαίσιο, γνωστό και ως «Παράδειγμα», είτε παράγει ένα νέο πλαίσιο ασύμμετρο και ασύμβατο με το παλιό.
P30Γ09	Οι θεμελιώδεις επιστήμες της φύσης ιεραρχούνται κλασικά ως εξής: Φυσική, Χημεία και Βιολογία. Οντολογικά και επιστημολογικά η Βιολογία μπορεί να αναχθεί στη Χημεία και η Χημεία στη Φυσική.
P31Γ10	Οι αναδυόμενες ιδιότητες είναι νέες ιδιότητες που εμφανίζονται όταν ένα ανώτερο επίπεδο δομικής πολυπλοκότητας σχηματίζεται από συστατικά μέρη κατώτερης πολυπλοκότητας. Η Χημεία αντιπροσωπεύει την «ενσάρκωση» των αναδυομένων ιδιοτήτων.
P32Γ11	Ούτε η Βιολογία είναι δυνατόν να αναχθεί πλήρως σε επεξηγηματικά πλαίσια Χημείας, ούτε η Χημεία είναι απλώς «εφαρμοσμένη φυσική».

ΠΛΑΙΣΙΑ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ

- ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ: Μέσος Όρος 4 προτάσεων (P23Γ02, P24Γ03, P28Γ07, P30Γ09)
- ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ: Μέσος Όρος 3 προτάσεων (P26Γ05, P27Γ06, P29Γ08)
- ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ: Μέσος Όρος 4 προτάσεων (P22Γ01, P25Γ04, P31Γ10, P32Γ11)

7.4.3.1 Αποτελέσματα και στατιστική ανάλυση

Τα αποτελέσματα της στατιστικής ανάλυσης παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.34, στα οποία παρατηρούνται τα εξής:

- Μόνο δύο προτάσεις, αυτή για το ειδικό κύρος της επιστημονικής γνώσης και η αντίστοιχη για τον αντι-αναγωγισμό, παρουσίασαν υψηλό μέσο όρο σε όλες τις κατηγορίες.
- Οι μέσοι όροι προτάσεων όπως ο σχετικισμός ή η εργαλειοκρατία που αποδόθηκαν στην κονστρουκτιβιστική προσέγγιση παρουσίασαν χαμηλούς μέσους όρους.
- Οι μέσοι όροι των προτάσεων που αποδόθηκαν στη θετικιστική επιστημονική μεθοδολογία (επαγωγή, υποθετικό-παραγωγή και αναγωγισμός) ήταν χαμηλοί ως μέτριοι, μικρότεροι από τον γενικό μέσο όρο της θεματικής ενότητας Γ (Μ.Ο.=3.26).
- Οι μέσοι όροι των προτάσεων που αποδόθηκαν στη διαδοχή των θεωριών (Θετικισμός) ή στην αλλαγή Παραδείγματος κατά Kuhn (Συμβατισμός) ήταν μέτριοι, ίσοι με το γενικό μέσο όρο της θεματικής ενότητας Γ.

Πίνακας 7.34: Μ.Ο. βαθμολογίας των προτάσεων θεματικής ενότητας Γ.

ΚΩΔΙΚΟΣ	N	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση
P22Γ01	148	4,25	,947
P23Γ02	148	3,15	1,274
P24Γ03	148	3,45	1,300
P25Γ04	148	3,51	1,248
P26Γ05	148	2,88	1,329
P27Γ06	148	2,63	1,382
P28Γ07	148	3,30	1,323
P29Γ08	148	3,22	1,529
P30Γ09	148	2,53	1,372
P31Γ10	148	2,91	1,637
P32Γ11	148	4,05	1,308

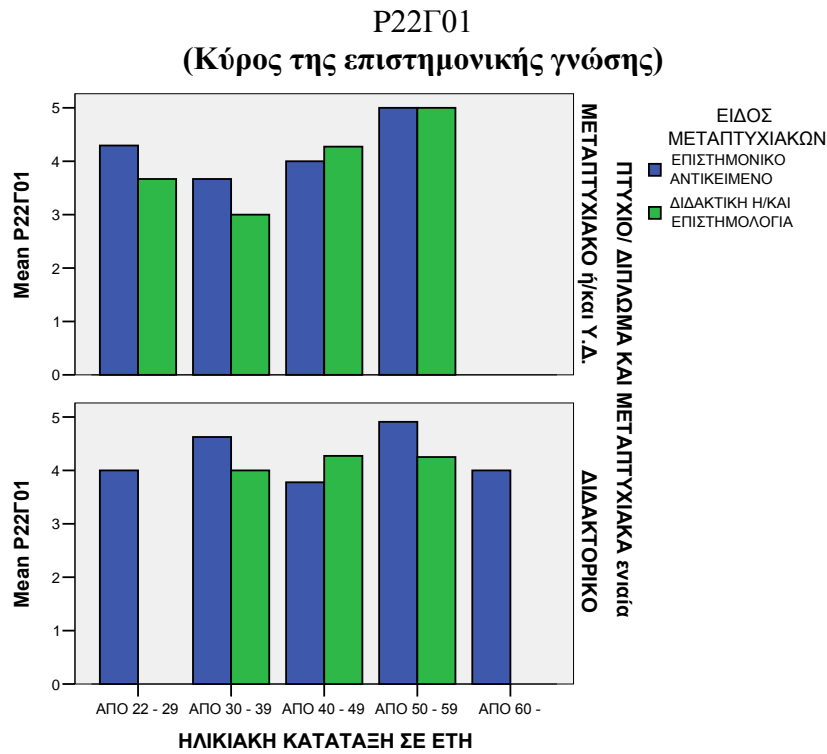
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των επιμέρους προτάσεων στο επίπεδο των συμμετεχόντων με διδακτορικό, η προσέγγιση ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ είχε το μεγαλύτερο μέσο όρο (3.8 - 4.0 στο σύνολο), η ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ προσέγγιση ακολούθησε (2.9 - 3.2 στο σύνολο) και η ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ προσέγγιση ήταν τελευταία με χαμηλό μέσο όρο (2.7 - 2.9 στο σύνολο).

Οι απαντήσεις των συμμετεχόντων με μεταπτυχιακές σπουδές στο επιστημονικό αντικείμενο είναι σε πολλές περιπτώσεις σημαντικά διαφορετικές από αυτές με σπουδές στη διδακτική/επιστημολογία. Οι διαφορές ανάμεσα στις διάφορες υποομάδες των συμμετεχόντων με διαφορετικά είδη και επίπεδα μεταπτυχιακών σπουδών, καθώς και η ηλικιακή τους κατάταξη, διερευνήθηκαν και παρουσιάζονται στον Πίνακα 7.35 και στα ραβδογραφήματα των Διαγραμάτων 7. 27 ως 7.33.

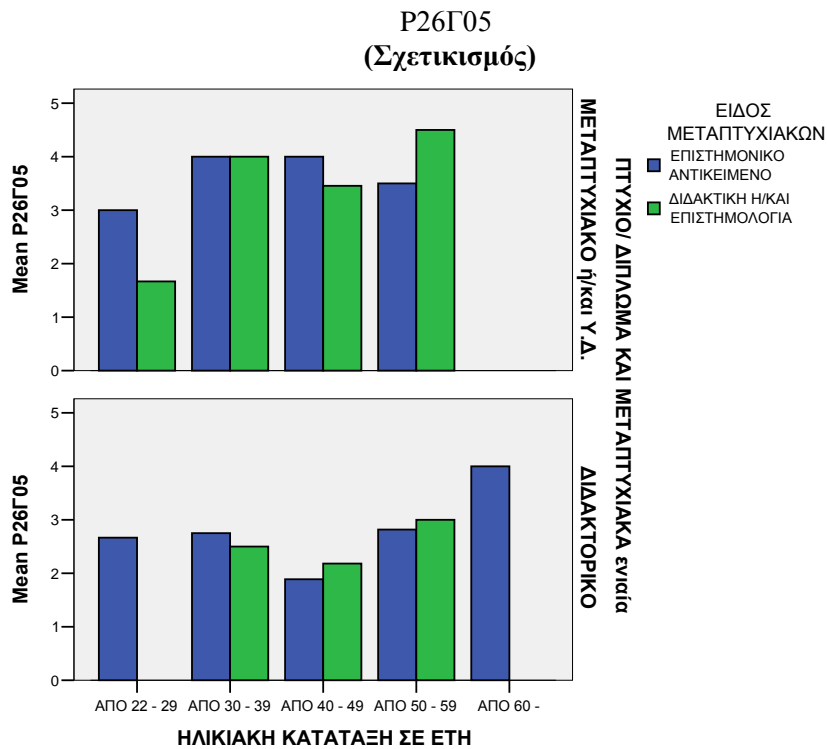
Πίνακας 7.35: Μέσος όρος των προτάσεων στις ομάδες των συμμετοχών

ΚΩΔΙΚΟΣ κεντρική έννοια	ΜΕΤΑΠΤΥ- ΧΙΑΚΟ/Υ.Δ. Επιστημονικό θέμα (n=23)	ΜΕΤΑΠΤΥ- ΧΙΑΚΟ/Υ.Δ. Διδακτική/ Επιστημολογία (n=20)	ΔΙΔΑΚΤΟ- ΡΙΚΟ Διδακτική/ Επιστημολογία (n=17)	ΔΙΔΑΚΤΟ- ΡΙΚΟ Επιστη- μονικό θέμα (n=41)	ΣΥΝΟΛΟ ΔΙΔΑΚΤΟ- ΡΙΚΟ (n=58) <i>Μέσος όρος</i> 3,26
P22Γ01 Κύρος της επιστημονικής γνώσης	4,26	4,20	4,24	4,27	4,26
P23Γ02 Επαγωγή	3,30	3,30	2,35	2,95	2,78
P24Γ03 Αφαίρεση- παραγωγή	3,57	3,65	2,65	3,17	3,02
P25Γ04 Κριτικός επιστημονικός ρεαλισμός	3,87	3,15	3,53	3,49	3,50
P26Γ05 Σχετικισμός	3,22	3,45	2,41	2,41	2,41
P27Γ06 Χρηστικότητα/ ωφελιμισμός, εργαλειοκρατία	2,96	2,85	2,88	2,02	2,28
P28Γ07 Θετικισμός	3,48	2,95	3,00	3,37	3,26
P29Γ08 Συμβατισμός	3,17	2,75	3,65	3,10	3,26
P30Γ09 Αναγωγισμός	3,04	2,05	2,65	2,46	2,52
P31Γ10 Αναδυόμενες ιδιότητες	2,96	2,40	2,71	3,27	3,10
P32Γ11 Αντι- αναγωγισμός	4,00	4,00	4,06	4,24	4,19

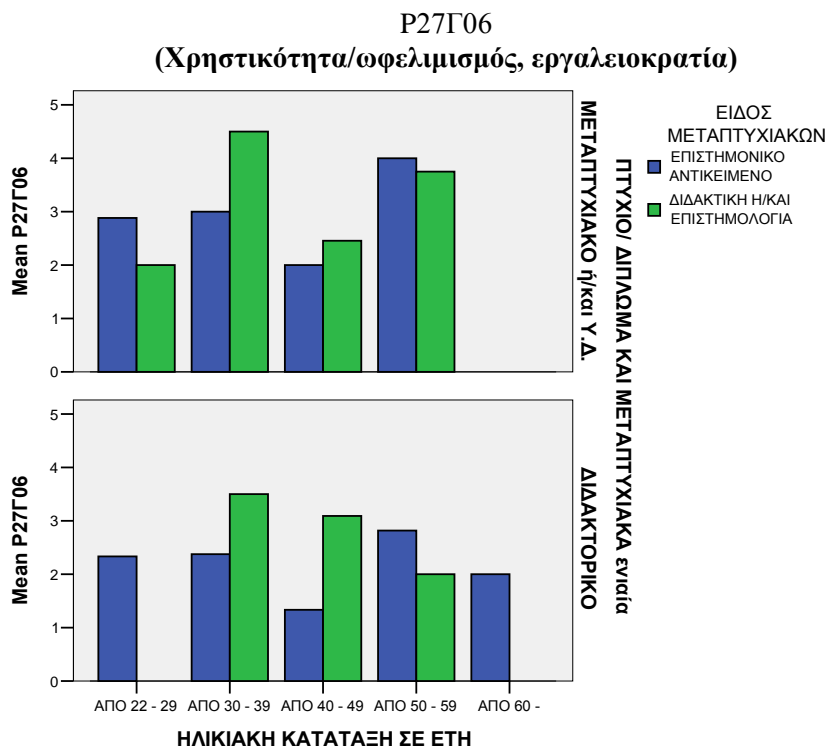
Παρατίθεται μία σειρά ραβδογραφημάτων (Διαγράμματα 7.27 έως 7.33), στα οποία παρουσιάζεται η συσχέτιση της βαθμολογίας των προτάσεων της θεματικής ομάδας Γ με το επίπεδο και το είδος των μεταπτυχιακών σπουδών, καθώς και σε συνάρτηση με την ηλικιακή κατάταξη.



Διάγραμμα 7.27: Γράφημα Μ.Ο. βαθμολογίας για την πρόταση P22Γ01 βάσει επιπέδου, είδους μεταπτυχιακών σπουδών και ηλικιακής κατάταξης.

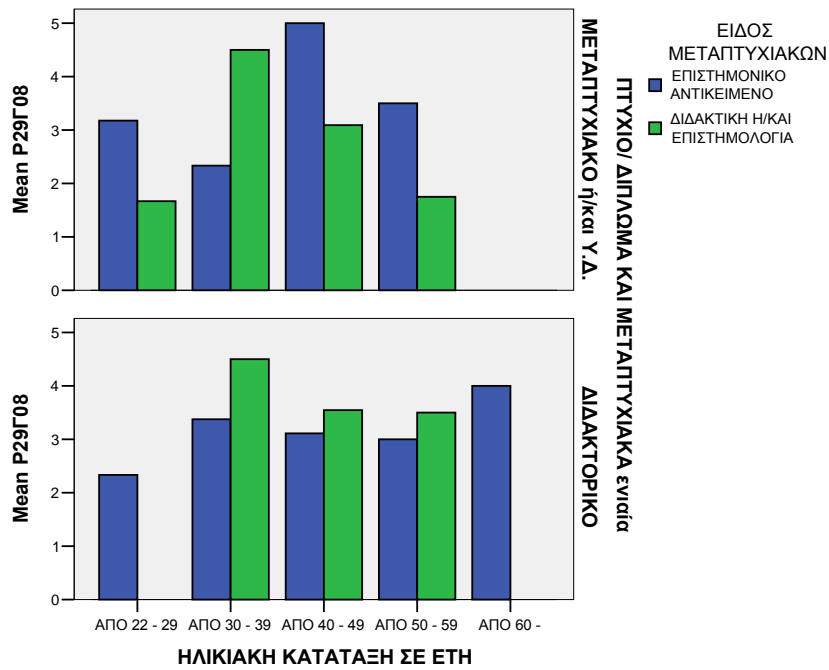


Διάγραμμα 7.28: Γράφημα Μ.Ο. βαθμολογίας για την πρόταση P26Γ05 βάσει επιπέδου, είδους μεταπτυχιακών σπουδών και ηλικιακής κατάταξης.



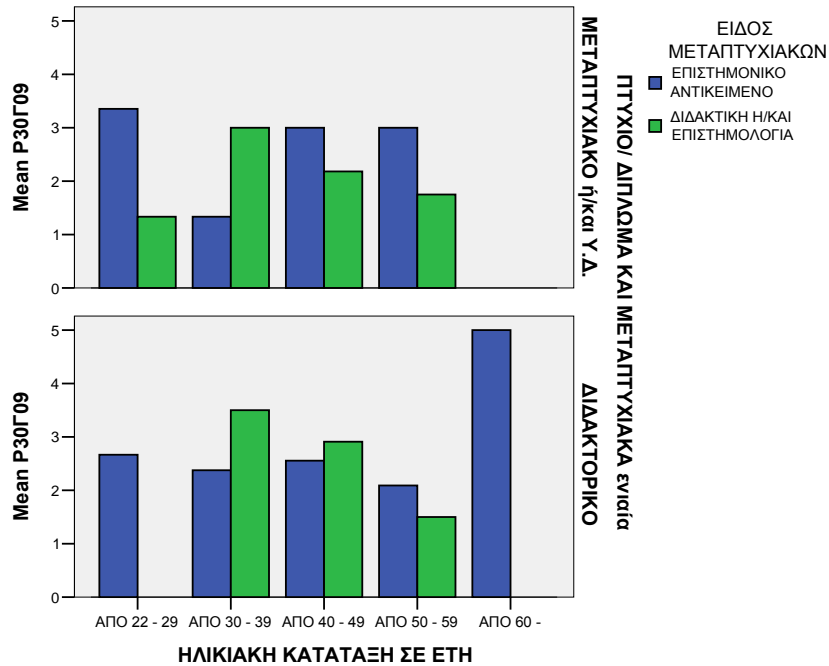
Διάγραμμα 7.29: Γράφημα Μ.Ο. βαθμολογίας για την πρόταση P27Γ05 βάσει επιπέδου, είδους μεταπτυχιακών σπουδών και ηλικιακής κατάταξης.

P29Γ08
(Συμβατισμός)

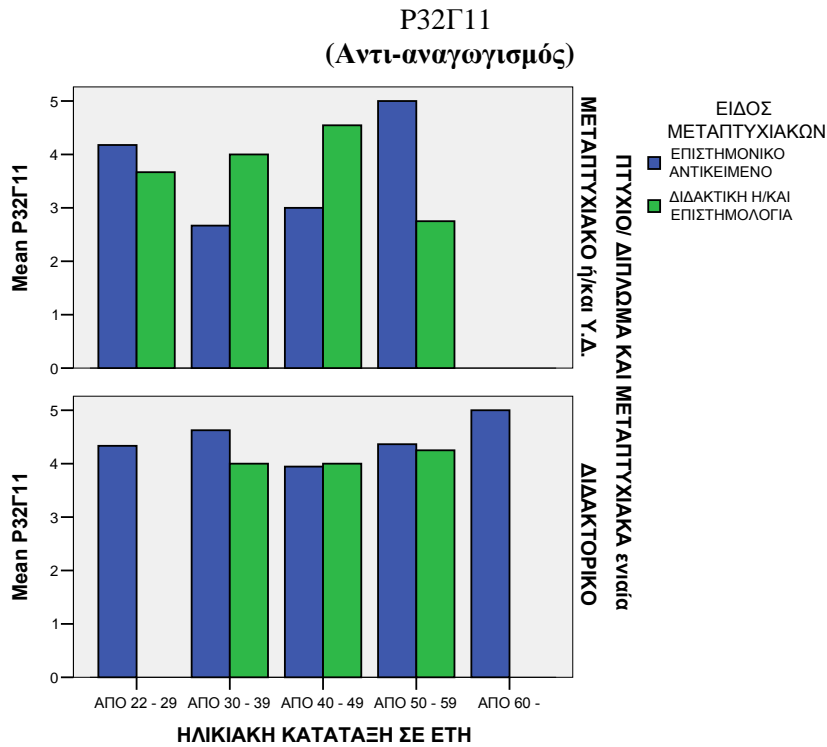


Διάγραμμα 7.30: Γράφημα Μ.Ο. βαθμολογίας για την πρόταση P29Γ08 βάσει επιπέδου, είδους μεταπτυχιακών σπουδών και ηλικιακής κατάταξης.

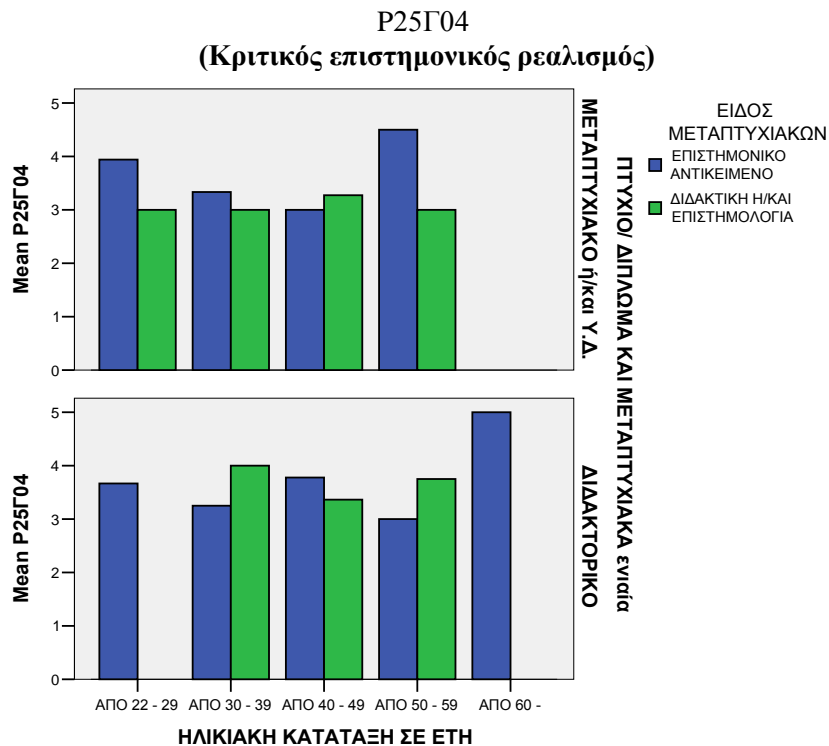
P30Γ09
(Αναγωγισμός)



Διάγραμμα 7.31: Γράφημα Μ.Ο. βαθμολογίας για την πρόταση P30Γ09 βάσει επιπέδου, είδους μεταπτυχιακών σπουδών και ηλικιακής κατάταξης.



Διάγραμμα 7.32: Γράφημα Μ.Ο. βαθμολογίας για την πρόταση P32Γ11 βάσει επιπέδου, είδους μεταπτυχιακών σπουδών και ηλικιακής κατάταξης.



Διάγραμμα 7.33: Γράφημα Μ.Ο. βαθμολογίας για την πρόταση P25Γ04 βάσει επιπέδου, είδους μεταπτυχιακών σπουδών και ηλικιακής κατάταξης.

Η επίδραση του είδους και του επιπέδου των μεταπτυχιακών σπουδών στις πεποιθήσεις των επιστημόνων νεώτερων ηλικιών είναι χαρακτηριστική, υπογραμμίζοντας την σημασία των απόψεων που διαμορφώνονται κατά τα χρόνια της εκπαίδευσης. Οι νεαροί επιστήμονες με μεταπτυχιακές σπουδές στο επιστημονικό αντικείμενο ευνοούν συγκριτικά περισσότερο προτάσεις της ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ προσέγγισης, και κάποιες από την ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ προσέγγιση (π.χ. την εργαλειοκρατία). Επιστήμονες μεγαλύτερης ηλικίας και με άλλου περιεχομένου σπουδές (διδασκική/επιστημολογία) ευνοούν συγκριτικά περισσότερο κάποιες προτάσεις από την ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ προσέγγιση (πχ την αλλαγή Παραδείγματος) ως αποτέλεσμα εμβάθυνσης στη Φύση των Επιστημών (NOS). Σε ώριμες ηλικίες και με βαθύτερη γνώση, οι κάτοχοι διδακτορικού τίτλου ευνοούν περισσότερο προτάσεις της προσέγγισης κριτικού ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ, οι οποίες πάντως παρουσίασαν σταθερά μέτρια προς μεγάλη αποδοχή σε όλες τις περιπτώσεις.

Τα συνολικά αποτελέσματα, από τις προτάσεις και τα πλαίσια προσέγγισης, υποδηλώνουν ότι οι επιστημικές απόψεις των συμμετεχόντων παρουσιάζουν τάση προς έναν *μετριοπαθή και κριτικό επιστημονικό ρεαλισμό* (Newton-Smith 1988), ως τη φιλοσοφική βάση της χημικής εκπαίδευσης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο:

ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

8.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ, ΣΥΝΕΠΕΙΕΣ ΚΑΙ ΥΠΑΙΝΙΓΜΟΙ

Η έρευνα στο πλαίσιο της διατριβής αυτής σκόπευε στη διερεύνηση των απόψεων των επιστημόνων Χημικών και Χημικών Μηχανικών τόσο στο επίπεδο της απαιτούμενης έμφασης στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών της Χημείας (περιεχόμενο αλλά και διαδικασία διδασκαλίας και μάθησης), όσο και στις γενικότερες εκπαιδευτικές πεποιθήσεις και στις υποκείμενες επιστημολογικές προσεγγίσεις. Η επιλογή των συγκεκριμένων προτάσεων του ερωτηματολογίου που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα βασίστηκε στα εξής κεντρικά ερωτήματα:

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

Οι θεωρητικές συνιστώσες της έρευνας, οι οποίες αφορούσαν στην απαιτούμενη έμφαση στο ΑΠΣ, στις γενικές εκπαιδευτικές πεποιθήσεις και στις υποκείμενες επιστημολογικές οπτικές μελετήθηκαν εντός του πλαισίου **τριών** διαφορετικών προσεγγίσεων. Τα πλαίσια προσέγγισης, στα οποία επικεντρώθηκε η μελέτη των αποτελεσμάτων της έρευνας της διατριβής αυτής, ήταν σιωπηρές καθολικές θεματικές μεταβλητές που είχαν προγραμματιστεί από την αρχή κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού της έρευνας (βλέπε Κεφάλαιο 4). Τα πλαίσια αυτά απαρτίζονται από πολλές επιμέρους προτάσεις του ερωτηματολογίου και στις τρεις του θεματικές ενότητες και διαπερνούν όλες τις θεωρητικές συνιστώσες (βλέπε Πίνακα 4.1 και Εικόνα 4.2). Οι συμμετέχοντες δεν επέλεξαν ανάμεσα σε πλαίσια προσέγγισης, τα

οποία δε γνώριζαν, απλώς σημείωσαν τον βαθμό συμφωνίας τους με τις ανεξάρτητες προτάσεις/δηλώσεις που εμφανίζονται στο ερωτηματολόγιο. Οι συμμετέχοντες δεν απαιτήθηκε να κατηγοριοποιήσουν τις προτάσεις σε ευρεία πλαίσια προσέγγισης. Τέτοιες γενικές κατηγοριοποιήσεις προέκυψαν από τα αποτελέσματα της στατιστικής επεξεργασίας των αποτελεσμάτων της έρευνας και αξιοποιήθηκαν κατάλληλα για να συνοψίσουν τα πορίσματα της διατριβής αυτής σύμφωνα με τις πιο ευρέως διαδεδομένες εκπαιδευτικές και επιστημολογικές πεποιθήσεις.

Οι απαντήσεις των επιστημόνων Χημικών και Χημικών Μηχανικών, οι οποίοι συμμετείχαν στην έρευνα, έδειξαν ότι υπήρχε υποστήριξη για καθένα από τα τρία πλαίσια προσέγγισης. Το πλαίσιο προσέγγισης ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ επικράτησε, αφού παρουσίασε σημαντικά υψηλότερες μέσες βαθμολογίες, σημαντικά άνω του γενικού μέσου όρου. Το πλαίσιο ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ προσέγγισης ακολούθησε με μέτρια μέση βαθμολογία κάτω από το μέσο όρο, και τέλος το πλαίσιο ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗΣ προσέγγισης ήταν το λιγότερο δημοφιλές με μέτριες μέσες βαθμολογίες, σημαντικά κάτω από τον γενικό μέσο όρο. Αυτό το εύρημα μπορεί να θεωρηθεί ως μη αναμενόμενο, επειδή σε αυτό το πλαίσιο προσέγγισης περιλαμβάνονται αρκετά στοιχεία που αποδίδονται στον εκπαιδευτικό ή παιδαγωγικό κonstrouκτιβισμό, γνωστό ως εποικοδομητισμό, ο οποίος είχε κυρίαρχη και επικρατούσα θέση στη Διδακτική των Φ.Ε. κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Πολυάριθμες ερευνητικές προσπάθειες σε ευρεία έκταση θεμάτων έχουν διεξαχθεί σε σχέση με αυτήν την προσέγγιση και έχουν συμβάλει σημαντικά στις εξελίξεις στην εκμάθηση και στη διδασκαλία της επιστήμης, ενώ παράλληλα εκφράστηκαν και σκληρές κριτικές (Matthews 1993, 1997a,b, 1998, 2000a,b, Ogborn 1997). Παρά τη χαμηλή βαθμολογία για το σύνολο της ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗΣ προσέγγισης, αξίζει να σημειωθεί ότι η πρόταση P12B05 που ασχολείται με τις παρανοήσεις των μαθητών στην επιστήμη -ένα κεντρικό ζήτημα του εκπαιδευτικού και παιδαγωγικού κonstrouκτιβισμού- παρουσίασε υψηλή μέση βαθμολογία (4.05) και έτσι συνέβαλε στα πιο αποφασιστικά αποτελέσματα αυτής της έρευνας.

Οι μετα-θετικιστικές επιστημολογίες περιλαμβάνουν διάφορες τάσεις στη μελέτη της επιστήμης όπως το αποκαλούμενο Ισχυρό πρόγραμμα, τον κοινωνικό κonstrouκτιβισμό και πολλές άλλες μορφές κonstrouκτιβισμού. Κατά τον Scerri (2003a, 2006) όλα αυτά οδήγησαν σε σύγχυση γύρω από τον εκπαιδευτικό,

παιδαγωγικό και ψυχολογικό κονστρουκτιβισμό που είναι ένα σημαντικό ρεύμα στη Διδακτική των Φ.Ε. και της Χημείας κατά τις τελευταίες δεκαετίες (Driver 1989, 1994, Millar and Driver 1987), παρά τις κριτικές (Osborne 1996, Ogborn 1997, Matthews 1993, 1997). Ο Bernal (2006) προσπάθησε να απαντήσει στον Scerri (2003a) αναφερόμενος στη φιλοσοφική σύγχυση σχετικά με τον κονστρουκτιβισμό στη χημική εκπαίδευση, υποστηρίζοντας ότι οι διάφορες μορφές του κοινωνικού κονστρουκτιβισμού είναι διαφορετικές διανοητικές παραδόσεις από εκείνες του εκπαιδευτικού κονστρουκτιβισμού, παρουσιάζοντας διαφορετικά θεωρητικά ερείσματα. Μια παρόμοια σειρά από επιχειρήματα ακολούθησε ο Wink (2006), αλλά και ο Herron (2008). Ο Bernal όμως, αντανάκλωντας τις απόψεις του Matthews, επισήμανε και παραδέχτηκε ότι ορισμένοι κάνουν τη μετάβαση από ψυχολογικές παραδοχές στον φιλοσοφικό σκεπτικισμό (Parayannakos 2008), και από εκεί στον πόλεμο των φυσικών επιστημών (Zammito 2004). Παρ'όλα αυτά, ο Bernal επέμεινε ότι μεταξύ των χημικών, οι οποίοι είναι εκπαιδευτικοί, δεν υπάρχει τέτοια τάση προς μεταμοντέρνα ειρωνεία/κυνισμό.

Η θεματική ενότητα **A** αφιερωμένη στις Φ.Ε./Χημεία, Τεχνολογία, Κοινωνία και το Περιβάλλον είχε πέντε προτάσεις από τις επτά συνολικά που προσέλκυσαν υψηλό βαθμό συμφωνίας. Οι προτάσεις αυτής της θεματικής ενότητας προέκυψαν από την παραγοντική ανάλυση ως η πρώτη κύρια συνιστώσα και αποτέλεσαν την **Υπερ-μεταβλητή 1**. Το ερευνητικό αυτό αποτέλεσμα οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η διαθεματική προσέγγιση, με βάση την πλατφόρμα Φ.Ε./Χημεία-Τεχνολογία-Κοινωνία-Περιβάλλον προβάλλεται ως η επικρατέστερη άποψη για την απαιτούμενη έμφαση σχετικά με το περιεχόμενο και τη διαδικασία στο Πρόγραμμα Σπουδών.

Η θεματική ενότητα **B** που ήταν αφιερωμένη στη Διδακτική των Φ.Ε. και της Χημείας, από το σύνολο των 14 προτάσεων, μόλις τέσσερις προτάσεις παρουσίασαν υψηλές βαθμολογίες και τέσσερις έδωσαν πολύ χαμηλές. Οι υπόλοιπες απέδωσαν μέτρια αποτελέσματα και μεγάλες τυπικές αποκλίσεις, γεγονός που δείχνει σημαντική διαφοροποίηση στις απόψεις των συμμετεχόντων. Το αποτέλεσμα αυτό αποτελεί χαρακτηριστικό παράδειγμα για τη γνωστή δυσκολία εύρεσης μιας σύγκλισης ανάμεσα στις διάφορες τάσεις και ρεύματα στη Διδακτική των Φ.Ε. και της Χημείας. Κατά συνέπεια, οι οκτώ προτάσεις που έδειξαν ότι αντανάκλουν έντονες απόψεις και ισχυρά δομημένες πεποιθήσεις (όπως περιγράφονται παραπάνω στην ανάλυση της

θεματικής ενότητας Β), είναι πολύτιμα εργαλεία σχεδιασμού για μελλοντικές πρωτοβουλίες στη χημική εκπαίδευση. Συγκεκριμένα τα αποτελέσματα αυτά δίνουν απάντηση σε ζητήματα που ήταν ανοικτά στο διάλογο για πολλά χρόνια, όπως: η άρνηση του ενιαίου επιστημονικού αντικείμενου (science), η σχεδόν ομοφωνία για ακαδημαϊκή προσέγγιση και υψηλές απαιτήσεις στη Θετική/Τεχνολογική κατεύθυνση στις ανώτερες τάξεις του Λυκείου, καθώς και η ταυτόχρονη απόρριψη της θεωρητικολογίας, αλλά και της προσδοκίας ότι χωρίς θεωρητικό υπόβαθρο και διδακτική υποστήριξη-καθοδήγηση, οι μαθητές είναι δυνατόν να οικοδομήσουν έγκυρη επιστημονική γνώση.

Η θεματική ενότητα Γ που είναι αφιερωμένη στη μεθοδολογία/επιστημολογία και φιλοσοφία των Φ.Ε. και της Χημείας ήταν η πιο διαφορετική. Το ερωτηματολόγιο περιελάμβανε έντεκα δηλώσεις σχετικά με τα θεμελιώδη ζητήματα μεθοδολογίας της επιστήμης και της επιστημολογίας. Οι τομείς που καλύπτονται περιλαμβάνουν το ειδικό καθεστώς που αποδίδεται στην επιστημονική γνώση, την επαγωγή, υποθετικό-παραγωγή, την επιστημονική μεθοδολογία, τον σχετικισμό, τη διαδοχή θεωριών, τον ωφελιμισμό και την εργαλειοκρατία, τον αναγωγισμό και τον φυσικαλισμό, τις αναδυόμενες ιδιότητες και τον οντολογικό ή επιστημολογικό αντι-αναγωγισμό. Η αποτυχία των προτάσεων που αποδόθηκαν στο ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΟ πλαίσιο να κερδίσουν την υποστήριξη των συμμετεχόντων της έρευνας και το αμφίσημο των θέσεων που αποδόθηκαν στο ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΟ πλαίσιο, άφησε μόνο δύο προτάσεις σε αυτήν τη θεματική ενότητα με υψηλό βαθμό συμφωνίας, από εκείνες που αποδίδονται στον ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΡΕΑΛΙΣΜΟ. Η πρώτη από αυτές τις προτάσεις είχε σχέση με την ειδική αξία της επιστημονικής γνώσης (ένα θεμελιώδες και καθοριστικό κριτήριο του κριτικού Επιστημονικού Ρεαλισμού -Tiles 1984), και η δεύτερη σχετίζεται με τον αντι-αναγωγισμό (κεντρικό χαρακτηριστικό στη Φιλοσοφία της Χημείας -Scerri 2003b, 2004, 2007a,b, van Brakel 2000, 2010).

Η επίδραση του είδους και του επιπέδου των μεταπτυχιακών σπουδών στις πεποιθήσεις των επιστημόνων νεότερων ηλικιών είναι χαρακτηριστική. Οι νεοί επιστήμονες με μεταπτυχιακές σπουδές στο επιστημονικό αντικείμενο ευνοούν συγκριτικά περισσότερο προτάσεις της ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗΣ προσέγγισης, και κάποιες από την ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ προσέγγιση (π.χ. την εργαλειοκρατία). Όμως, οι επιστήμονες μεγαλύτερης ηλικίας και με άλλου περιεχομένου σπουδές

(διδασκτική/επιστημολογία) ευνοούν συγκριτικά περισσότερο κάποιες προτάσεις από την ΚΟΝΣΤΡΟΥΚΤΙΒΙΣΤΙΚΗ προσέγγιση (πχ την αλλαγή Παραδείγματος) ως αποτέλεσμα εμπάθυνας στη Φύση των Επιστημών (NOS). Σε ώριμες ηλικίες και με βαθύτερη γνώση, οι κάτοχοι διδακτορικού τίτλου ευνοούν περισσότερο προτάσεις της προσέγγισης κριτικού ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟΥ ΡΕΑΛΙΣΜΟΥ.

Τα συνολικά αποτελέσματα, από τις προτάσεις και τα πλαίσια προσέγγισης, υποδηλώνουν ότι οι επιστημικές απόψεις των συμμετεχόντων παρουσιάζουν τάση προς έναν *μετριοπαθή και κριτικό επιστημονικό ρεαλισμό*, ως τη φιλοσοφική βάση της χημικής εκπαίδευσης.

Σχετικά με τη μεθοδολογία της έρευνας, η επιλογή των χωριστών και ανεξάρτητων προτάσεων ως *μεταβλητών* πρόσφερε ευελιξία και την ικανότητα εκτέλεσης αναλύσεων με συσχετίσεις και διασταύρωσεις των δεδομένων. Η παραγοντική ανάλυση πραγματοποιήθηκε και τα εξαγόμενα οδήγησαν στη δημιουργία πέντε νέων Υπερ-μεταβλητών. Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων των ανεξάρτητων προτάσεων, των πλαισίων προσέγγισης, καθώς και των Υπερ-μεταβλητών έδωσαν απάντηση στα δύο πρώτα ερωτήματα της έρευνας (ερώτημα 1-έμφαση και 2-εκπαιδευτικές/επιστημολογικές πεποιθήσεις). Από εκεί και πέρα, η ανάλυση διασποράς κατά συστάδες και τα *t-tests* εξέτασαν το τρίτο ερώτημα της έρευνας, το οποίο αφορά στις συσχετίσεις των διαφορών απόψεων ανάμεσα στις υποομάδες του δείγματος με διαφορετικά δημογραφικά χαρακτηριστικά.

Προηγούμενες σχετικές μελέτες (van Driel et al. 2005) βρήκαν ότι οι παραδοσιακές ή θεμελιώδεις προσεγγίσεις για τη χημική εκπαίδευση κυριάρχησαν στους τρόπους διδασκαλίας των καθηγητών Χημείας της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, γεγονός που αντικατοπτρίζει την κατάσταση που επικρατούσε στην τριτοβάθμια εκπαίδευση στις Φ.Ε. Αυτή η παρατήρηση αποδόθηκε στις πεποιθήσεις που ανέπτυξαν οι εκπαιδευτικοί κατά τη διάρκεια των ετών της διαμόρφωσης τους, καθώς και στις συνήθειες που είχαν αναπτύξει επί ένα μεγάλο χρονικό διάστημα. Μια πιο προσεκτική ματιά θα αποκάλυπτε ότι αυτές οι επίμονες διδακτικές προσεγγίσεις και πεποιθήσεις για το πρόγραμμα σπουδών εδράζονται και στις ανησυχίες σχετικά με το κύρος των μαθημάτων της Χημείας, τα οποία θεωρούνται ότι είναι δύσκολα και αποτελούν προαπαιτούμενη γνώση για περαιτέρω επιστημονικές σπουδές. Κατά συνέπεια, προσελκύει μαθητές κορυφαίας ικανότητας, οι οποίοι αναζητούν

σταδιοδρομία στον τομέα των Φ.Ε., της ιατρικής και της μηχανικής. Βρέθηκε επίσης, ότι η κατάλληλη προετοιμασία των μαθητών για να φέρουν καλά αποτελέσματα στις τελικές εξετάσεις για το πανεπιστήμιο, ήταν ανησυχία και μέλημα των εκπαιδευτικών της Χημείας (Shwartz et al. 2005).

Όλοι αυτοί οι παράγοντες ισχύουν και για τις τρέχουσες πρακτικές στην ανώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Γενικά Λύκεια) στα ελληνικά σχολεία. Παρ' όλα αυτά, τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας έδειξαν μία προτίμηση στο διαθεματικό πλαίσιο ως την πιο κατάλληλη έμφαση στο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών. Το εύρημα αυτό ισχύει ανεξάρτητα από το αν η επαγγελματική απασχόληση των ερωτηθέντων ήταν εντός ή εκτός του τομέα της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Όμως, ανησυχίες όπως εκείνες που περιγράφονται παραπάνω, έχουν αναδειχθεί με σαφήνεια και στην παρούσα έρευνα, σύμφωνα με τις επιδόσεις συγκεκριμένων προτάσεων (π.χ. P08B01, P09B02, P10B03). Αυτές έδειξαν την προτίμηση των συμμετεχόντων για διακριτά μαθήματα ειδικότητας στις Φ.Ε. ως μέσο για τη διατήρηση υψηλών ακαδημαϊκών πρότυπων, ειδικά κατά τη διάρκεια των δύο τελευταίων ετών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης.

Η ερμηνεία αυτών των αποτελεσμάτων απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή. Ο εκπαιδευτικός στόχος για ενεργό συμμετοχή του πολίτη προσέλκυσε ισχυρή υποστήριξη από τους συμμετέχοντες. Υπήρχε, επίσης, ένας υψηλός βαθμός συμφωνίας με τη στροφή προς τη συστηματική προσέγγιση, τα διεπιστημονικά θέματα, και την εισαγωγή αυτής της προσέγγισης ως κύριας έμφασης στο πρόγραμμα σπουδών του μαθήματος της Χημείας. Μια συνολική ερμηνεία των απόψεων των συμμετεχόντων θα μπορούσε πιθανότατα να είναι η εξής: πρέπει να υπάρξει μια αλλαγή στον τρόπο αντιμετώπισης του ΑΠΣ έτσι ώστε οι σύγχρονες τάσεις για την επίτευξη εκπαιδευτικών στόχων, όπως είναι ο επιστημονικός και Χημικός Αλφαριθμητισμός/Εγγραμματισμός για όλους και της ιδιότητας του ενεργού πολίτη για τον 21^ο αιώνα, να αναγνωρίζονται και να υποστηρίζονται. Παράλληλα, όμως, θα πρέπει να καλύπτονται επιπλέον και οι ακαδημαϊκές προσδοκίες των μαθητών με στόχο την επιστημονική σταδιοδρομία. Η θέση αυτή πρέπει πάντα να λαμβάνεται προσεκτικά υπόψη, καθώς καμία εκπαιδευτική πολιτική ή πρωτοβουλία δεν μπορεί να υλοποιηθεί εάν αγνοεί τις απόψεις των ενδιαφερομένων μερών. Επιπλέον, έχει υποστηριχθεί πειστικά ότι η ταυτόχρονη παρουσία διαφορετικών προοπτικών στο πρόγραμμα σπουδών εμποδίζει

την αποτελεσματική εκπαίδευση. Η μελλοντική εκπαιδευτική έρευνα που θα αντιμετωπίσει αυτό το ζήτημα θα πρέπει να αναζητήσει τρόπους για την αντιμετώπιση αυτής της κατάστασης. Θα μπορούσε να είναι μια *ενιαία προσέγγιση* που να βασίζεται στο διαθεματικό πλαίσιο Χημεία, Τεχνολογία, Κοινωνία, Περιβάλλον ως *η ενιαία λύση* για όλους τους μαθητές, ενώ πρόσθετες προαιρετικές ενότητες εμβάθυνσης στη «βασική επιστήμη» θα καλύπτουν επαρκώς το απαραίτητο επιστημονικό υπόβαθρο.

Ήταν αναμενόμενο ότι η μελέτη αυτή δεν θα αποκάλυπτε κάποια πλαίσια πεποίθησης με εσωτερική συνοχή σε όλο το φάσμα των ερωτηθέντων. Οι συλλογικές απόψεις πολλών ατόμων δεν είναι φυσικά σε θέση να σχηματίσουν ένα ενιαίο και συνεκτικό σύστημα (Τσαπαρλής 2008). Παρόλα αυτά, τα ευρήματα ήταν σημαντικά επειδή συνέβαλαν θετικά στη συζήτηση σχετικά με την εκπαίδευση στη Χημεία. Η έρευνα αυτή η οποία αποπειράθηκε να ανιχνεύσει και σε ένα βαθμό να καθορίσει τις τρέχουσες τάσεις στη Διδακτική της Χημείας, όπως και να διερευνήσει τις πεποιθήσεις των επιστημόνων Χημικών και Χημικών Μηχανικών, μπορεί να παρέχει μια στέρεη βάση για κάθε πρωτοβουλία μεταρρύθμισης με στόχο τη βελτίωση της χημικής εκπαίδευσης.

Οι σύγχρονες παγκόσμιες τάσεις για τη βελτίωση της χημικής εκπαίδευσης δείχνουν σαφώς προς την κατεύθυνση διαθεματικής Χημείας στο ευρύτερο πλαίσιο και την επίτευξη του χημικού αλφαριθμητισμού/εγγραμματισμού στο πλαίσιο της πλατφόρμας Χημεία, Τεχνολογία, Κοινωνία και Περιβάλλον (Royal Society of Chemistry 2000, Gilbert 2006, Shwartz et al. 2005, Schwartz 2006, Bennet and Lubben 2006, Τσαπαρλής 2008). Οι τάσεις αυτές στοχεύουν ταυτόχρονα σε δύο επιθυμητές εκβάσεις:

- βελτίωση για το καλό της κοινωνίας στο σύνολό της, διότι τέτοιες προσεγγίσεις θεωρείται ότι συμβάλλουν στη διαμόρφωση ενεργών πολιτών που νοιάζονται για το μέλλον και το περιβάλλον, και
- βελτίωση για το καλό της χημικής εκπαίδευσης καθεαυτής, καθώς τέτοιες προσεγγίσεις θεωρούνται ότι αυξάνουν τη θετική στάση των μαθητών απέναντι στα μαθήματα της Χημείας.

8.2 ΑΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η συγκεκριμένη έρευνα επισκόπησης απόψεων έγινε σε ένα δείγμα 148 συμμετοχών, το οποίο αντιπροσωπεύει περίπου το 1% του συνολικού πληθυσμού των επιστημόνων Χημικών και Χημικών Μηχανικών, αλλά πάνω από το 3% των Χημικών των απασχολούμενων στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Τα στοιχεία και τα στατιστικά αποτελέσματα είναι σημαντικά για το δείγμα των συμμετεχόντων, αλλά όχι για το συνολικό πληθυσμό. Για να μπορούσε να γίνει κάτι τέτοιο η δειγματοληψία θα έπρεπε να είναι γνήσια τυχαία, δηλαδή κάθε ισοπληθές δείγμα να έχει ανάλογη σύνθεση με τον πληθυσμό και να φέρνει τα ίδια περίπου αποτελέσματα. Αυτό δεν ισχύει για το συγκεκριμένο δείγμα αυτής της έρευνας που είναι ειδικής σύνθεσης (βλέπε Πίνακες δημογραφικής σύνθεσης δείγματος στο Παράρτημα I, II) για πολλούς λόγους:

- 1) η δειγματοληψία έγινε κυρίως για μεθοδολογικούς (και για πρακτικούς) λόγους σε χώρους (Α.Ε.Ι., ερευνητικά ιδρύματα) και εκδηλώσεις (επιστημονικά συνέδρια και διαλέξεις, συνέδρια και ημερίδες Διδακτικής) όπου βρισκόταν μεγάλος αριθμός επιστημόνων, οι οποίοι αποτελούν ένα ειδικό κοινό που συμμετέχει σε διαδικασίες διαμόρφωσης τάσεων,
- 2) η ανταπόκριση από σχολεία ήταν πολύ μικρή σχετικά και το μεγαλύτερο μέρος των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν στην έρευνα παρέλαβαν το ερωτηματολόγιο σε εκδηλώσεις και συνέδρια,
- 3) η ανταπόκριση από τα φροντιστήρια ήταν ελάχιστη,
- 4) η ανταπόκριση από το Γενικό Χημείο του Κράτους, ΕΦΕΤ, κ.λ.π. παρότι παραδόθηκαν προσωπικά φάκελλοι, ήταν πρακτικά ανύπαρκτη όπως και από άλλους Δημόσιους Οργανισμούς και επιχειρήσεις και
- 5) η ανταπόκριση από τη βιομηχανία και τις επιχειρήσεις του ιδιωτικού τομέα ήταν επίσης πολύ μικρή.

Τα αναλυτικά ποσοτικά δεδομένα των τρόπων επίδοσης των ερωτηματολογίων και της ανταπόκρισης παρουσιάστηκαν στους Πίνακες 6.1 και 6.2. Η δημογραφική σύνθεση των τελικών συμμετεχόντων στην έρευνα πιθανά πρέπει να σχετίζεται, εκτός από τους τρόπους διανομής των ερωτηματολογίων, και από το είδος των προτάσεων που περιλαμβάνονται. Πράγματι, ήδη εκ μέρους των κριτών το ερωτηματολόγιο χαρακτηρίστηκε ως απαιτητικό και υψηλού ακαδημαϊκού επιπέδου, άρα λίγο δύσκολο να απαντηθεί από μεγάλο αριθμό ατόμων.

Η μεθοδολογία «Δελφοί» απαιτεί δύο ή και τρεις επαναλήψεις (γύρους) της απαντητικής διαδικασίας από μία μικρή ομάδα ειδικών. Αυτό όμως, είναι πρακτικά πολύ δύσκολο και το δείγμα είναι πολύ περιορισμένο δημογραφικά. Οι προτάσεις με τη μεγάλη σταθερότητα στη σύγκλιση των απόψεων, σε δύο ή τρεις γύρους, θεωρούνται το κύριο αποτέλεσμα.

Στην παρούσα έρευνα επισκόπησης απόψεων η διάσταση τύπου «Δελφοί» υλοποιήθηκε με τρεις τρόπους: 1) η σύνθεση του δείγματος των συμμετεχόντων επιδιώχθηκε (με το είδος του ερωτηματολογίου και με τους χώρους και τους τρόπους δειγματοληψίας) να είναι ανάλογη με τη σύνθεση της ομάδας των κατά τεκμήριο «ειδικών», η οποία με τη σειρά της αποτέλεσε την ομάδα των κριτών-αξιολογητών, 2) η κεντρική τάση των αποτελεσμάτων, έχει μεγάλη επαναληψιμότητα σε όλες τις φάσεις και τα χρονικά στάδια της έρευνας, ενώ δεν είναι επαναληπτική απαντητική διαδικασία των ίδιων ατόμων και 3) με την επαναληπτική απαντητική διαδικασία των κριτών.

Συνεπώς, ενώ δεν μπορεί να εξασφαλιστεί στατιστικά η αντιπροσωπευτικότητα των αποτελεσμάτων για τον συνολικό πληθυσμό των επιστημόνων Χημικών και Χημικών Μηχανικών, μπορεί να υποστηριχτεί με αρκετά μεγάλη αξιοπιστία ότι η έρευνα αυτή καταγράφει τις απόψεις για πολλά σημαντικά ζητήματα μίας ομάδας επιστημόνων, οι οποίοι με διάφορους άμεσους ή έμμεσους τρόπους συμμετέχουν ή/και εμπλέκονται στον διάλογο, στην έρευνα, στον σχεδιασμό ή/και στη λήψη αποφάσεων για την Εκπαίδευση και τη Διδακτική της Χημείας, επομένως αυτούς που μπορούν να χαρακτηριστούν «διαμορφωτές τάσεων και πολιτικών» (policy makers).

Οι απαντήσεις των συμμετεχόντων που ήταν μέλη των ομάδων με σημαντική επιρροή στην ανάπτυξη προγραμμάτων σπουδών εξετάστηκαν για να διαπιστωθεί αν υπήρχε οποιαδήποτε ενδεχόμενη διαφοροποίηση στις απόψεις τους. Διαπιστώθηκε ότι αυτές οι διαφορές κυμαίνονται από λεπτές αποχρώσεις μέχρι σημαντικές αποκλίσεις. Για παράδειγμα, οι σχετικά υψηλότερες βαθμολογίες στην ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΗ προσέγγιση των στελεχών από το Παιδαγωγικό Ινστιτούτο - Κέντρο Εκπαιδευτικής Έρευνας (τόρα ενιαίο Ι.Ε.Π.) και τους συγγραφείς των σχολικών βιβλίων, δεν θεωρείται ένα μη αναμενόμενο γεγονός. Αυτά τα στελέχη συμμετέχουν κανονικά στη λήψη αποφάσεων, στον σχεδιασμό της εκπαιδευτικής

πολιτικής και την έγκριση των σχολικών εγχειριδίων. Το πρόγραμμα σπουδών των Φ.Ε. και της Χημείας και τα σχετικά βιβλία στην Ελλάδα είναι συνεπή με ό,τι συμβαίνει στην ακαδημαϊκή επιστήμη. Για παράδειγμα, την ύπαρξη διακριτών επιστημονικών πεδίων, τη λογικο-μαθηματική ανάπτυξη του περιεχομένου, τη μοναδική επιστημονική μέθοδο κλπ.

Από την άλλη πλευρά, οι καθηγητές Χημείας στο σχολείο, όντας οι ίδιοι εκπαιδευμένοι επιστήμονες, είναι επίσης εξοικειωμένοι με αυτή την προσέγγιση από τα διαμορφωτικά τους χρόνια στο σχολείο και το πανεπιστήμιο. Για την τελευταία αυτή ομάδα ωστόσο, των εκπαιδευτικών της τάξης και της πράξης, η σύγκρουση έρχεται αναπόφευκτα διότι, αν και εργάζονται στο πλαίσιο ενός κατά βάση ακαδημαϊκού προγράμματος σπουδών, όταν πηγαίνουν για περαιτέρω εκπαιδευτική κατάρτιση (μεταπτυχιακές σπουδές) ή στην ενδο-υπηρεσιακή επιμόρφωση, οι εκπαιδευτές τους (διδασκτικό προσωπικό των μεταπτυχιακών προγραμμάτων, σύμβουλοι εκπαίδευσης, προσωπικό των Ε.Κ.Φ.Ε. κτλ.) ευνοούν σύγχρονες, μαθητοκεντρικές, κονστρουκτιβιστικές προσεγγίσεις, όπως αποκαλύφθηκε σε αυτήν την έρευνα. Αυτές οι αντιθέσεις απόψεων πιστεύεται ότι προκαλούν σύγχυση στη χημική εκπαίδευση και υποδηλώνουν την ανάγκη να αποκτήσουν οι καθηγητές Χημείας μια βαθύτερη κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης (NOS), καθώς και των φιλοσοφικών και επιστημολογικών ερμηνειών. Η σημερινή κατάσταση στην Ελλάδα στο ζήτημα αυτό σχετικά με τις Φ.Ε. εξετάζεται και περιγράφεται ικανοποιητικά από τον Σκορδούλη (2008). Παρ' όλα αυτά, αυτή η έρευνα αποκάλυψε μια σειρά από επιμέρους ζητήματα, όπου παρατηρήθηκαν σύγκλιση ή ακόμη και συναίνεση στις απόψεις των επιστημόνων.

Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι μια προσέγγιση *μετριοπαθούς και κριτικού επιστημονικού ρεαλισμού* σε όλες τις θεμελιώδεις εκπαιδευτικές συνιστώσες, δηλαδή την έμφαση στο πρόγραμμα σπουδών (περιεχόμενο και διαδικασία), τις γενικές εκπαιδευτικές πεποιθήσεις και τις υποκείμενες επιστημολογικές οπτικές/απόψεις, προσέλκυσε υψηλό βαθμό συμφωνίας σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις. Αυτά τα σημαντικά ευρήματα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως αρχικό σημείο για περαιτέρω έρευνες.

8.2.1 Η συμβολή της έρευνας

Η έρευνα η οποία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της εκπόνησης αυτής της διδακτορικής διατριβής μπορεί να θεωρηθεί ότι συνέβαλε θετικά στην πρόοδο και εξέλιξη της μελέτης γύρω από ζητήματα Διδακτικής της Χημείας στη χώρα μας με αρκετούς τρόπους, όπως:

- Αξιοποιήθηκαν η διεθνής και εγχώρια εμπειρία στον σχεδιασμό και τη διεξαγωγή τέτοιου είδους έρευνας επισκόπησης απόψεων επιστημόνων με διάσταση πρόβλεψης τύπου «Δελφοί».
- Αναπτύχθηκε *περαιτέρω* η σχετική μεθοδολογία διεξαγωγής της έρευνας, αξιοποιώντας τη διεθνή εμπειρία, συμπεριλαμβάνοντας όλες τις διαστάσεις - εκπαιδευτικής στόχευσης, διδακτικής προσέγγισης, επιστημολογικής οπτικής- αντί να επικεντρώνει σε μία μόνο ή, όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφία ότι έκαναν προηγούμενες έρευνες, σε περισσότερες διαστάσεις αλλά ετεροβαρώς υπέρ μίας.
- Ενοποιήθηκαν οι επιμέρους απόψεις σε ευρύτερα πλαίσια προσεγγίσεων, με τη δημιουργία καθολικών δια-θεματικών υπερ-μεταβλητών, αποδίδοντας σχετικά αποτελέσματα και χρήσιμες συγκρίσεις.
- Παρουσιάστηκαν συγκριτικά δεδομένα ανάλυσης κατά συστάδες βάσει των δημογραφικών ομάδων των συμμετεχόντων, από τα οποία προέκυψαν ενδιαφέροντα και μη αναμενόμενα πολλές φορές ευρήματα και αποτελέσματα.

Πολλά από τα ενδιαφέροντα ευρήματα της διατριβής αυτής έχουν ήδη αναφερθεί στα αποτελέσματα ανά θεματική ενότητα, αλλά στο σημείο αυτό συνοψίζονται μερικά από αυτά:

- Δεν προέκυψε «ζήτημα φύλου -gender issue» στη χημική εκπαίδευση στην Ελλάδα. Γεγονός σημαντικό γιατί είναι σταθερό εύρημα κάθε σχετικής έρευνας στο εξωτερικό, ειδικά στον λεγόμενο Αγγλοσαξονικό κόσμο. Πράγματι, από την πιλοτική φάση οι κριτές απέρριψαν ως μη ενδιαφέρουσες ή και ως μη έχουσες βάση, σχετικές προτάσεις του αρχικού ερωτηματολογίου (βλέπε αποτελέσματα κριτών στο Παράρτημα Ι). Τα στατιστικά στοιχεία των αποτελεσμάτων των Πανελληνίων εξετάσεων στο μάθημα της Χημείας δικαιώνουν αυτή την επιλογή των κριτών αφού, οι μαθήτριες δεν υστερούν καθόλου στην επίδοσή τους, αντίθετα το ποσοστό των φοιτητριών στις σχολές και τα τμήματα Χημικών Μηχανικών πλησιάζει στο 50% και το ξεπερνάει στα

τμήματα Χημείας και Βιοχημείας. Επιπλέον, δεν υπήρχαν, εκτός ελαχίστων ειδικών περιπτώσεων, οι οποίες έχουν επισημανθεί ήδη στα αποτελέσματα ανά θεματική ενότητα, στατιστικά σημαντικές αποκλίσεις μεταξύ των ανδρών και γυναικών επιστημόνων που συμμετείχαν στην έρευνα.

- Η ανάδειξη της σημασίας και της συμβολής της Φιλοσοφίας της Χημείας ως επιστημολογικού υποβάθρου μίας σύγχρονης Διδακτικής της Χημείας η οποία θα διαθέτει εξειδικευμένες προσεγγίσεις, κατάλληλες για το συγκεκριμένο γνωστικό αντικείμενο.
- Η αποτυχία των προτάσεων που αποδόθηκαν στο κονστρουκτιβιστικό/εποικοδομητικό πλαίσιο, το οποίο έχει επικρατούσα και κυριάρχη θέση στη Διδακτική των Φ.Ε., να κερδίσουν την ευρεία υποστήριξη των συμμετεχόντων στην έρευνα Χημικών και Χημικών Μηχανικών, προκάλεσε έκπληξη και προσέλκυσε διεθνές βιβλιογραφικό ενδιαφέρον (βλέπε αναφορά της εργασίας από τον Laszlo 2011).
- Η ανάδειξη έντονων και ισχυρά δομημένων πεποιθήσεων, οι οποίες μπορούν να αποτελέσουν πολύτιμα εργαλεία σχεδιασμού για μελλοντικές πρωτοβουλίες στη χημική εκπαίδευση. Συγκεκριμένα, πεποιθήσεις: η άρνηση του ενιαίου επιστημονικού αντικείμενου (science), η ομοφωνία για ακαδημαϊκή προσέγγιση και υψηλές απαιτήσεις στη Θετική/Τεχνολογική κατεύθυνση στις ανώτερες τάξεις του Λυκείου, καθώς και η ταυτόχρονη απόρριψη της θεωρητικολογίας, αλλά και της προσδοκίας ότι χωρίς θεωρητικό υπόβαθρο και διδακτική υποστήριξη-καθοδήγηση, οι μαθητές είναι δυνατόν να οικοδομήσουν έγκυρη επιστημονική γνώση.
- Η προτίμηση από τους συμμετέχοντες στην έρευνα στο διαθεματικό πλαίσιο Χημεία, Τεχνολογία, Κοινωνία, Περιβάλλον, παρόλο που προηγούμενες διεθνείς έρευνες έχουν αναφέρει την προτίμηση των διδασκόντων Φ.Ε. στο παραδοσιακό ακαδημαϊκό πλαίσιο. Παράλληλα, αναδείχθηκε η επιθυμία των ερωτηθέντων να καλύπτονται οι ακαδημαϊκές προσδοκίες των μαθητών που έχουν στόχο την επιστημονική σταδιοδρομία.
- Ο εντοπισμός σημαντικών αποκλίσεων στις απαντήσεις που έδωσαν οι εκπαιδευτικοί της τάξης σε σχέση με τα μέλη των ομάδων με σημαντική επιρροή στην ανάπτυξη προγραμμάτων σπουδών και στη λήψη αποφάσεων για την Εκπαίδευση και τη Διδακτική της Χημείας, δηλαδή αυτών που μπορούν να χαρακτηριστούν «διαμορφωτές τάσεων και πολιτικών».

- Η ανάδειξη από την έρευνα αυτή, ίσως για πρώτη φορά σε τέτοιο βαθμό, της επικρατούσας στους εκπαιδευτικούς επιστημολογικής σύγχυσης απόψεων και προοπτικών, και συνεπώς της αναγκαιότητας για επιμόρφωση στα ζητήματα Φύσης των Επιστημών.
- Η διερεύνηση του ερωτήματος γιατί οι κάτοχοι διδακτορικού διπλώματος στην Διδακτική/Επιστημολογία παρουσίασαν μικρό Μ.Ο. στην κonstrουκτιβιστική προσέγγιση, δεδομένου ότι υποτίθεται ότι είναι γνώστες και εξοικειωμένοι με τις σύγχρονες εκπαιδευτικές θεωρήσεις.
- Η εύρεση ταυτόχρονης παρουσίας διαφορετικών προοπτικών σε όλες τις συνιστώσες της χημικής εκπαίδευσης και στο πρόγραμμα σπουδών, γεγονός που εμποδίζει την αποτελεσματική εκπαίδευση, όπως έχει υποστηριχτεί στη διεθνή βιβλιογραφία,

8.2.2 Προτάσεις για περαιτέρω έρευνες

Η μελλοντική εκπαιδευτική έρευνα μπορεί να αναζητήσει τρόπους για την αντιμετώπιση των ζητημάτων, τα οποία αναδείχθηκαν από αυτή την έρευνα ως χρήζοντα περαιτέρω διερεύνηση. Αναλυτικότερα και βάσει όσων τέθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, μπορούν να γίνουν οι εξής προτάσεις μελλοντικής έρευνας:

- Με στόχο να ξεπεραστεί η ταυτόχρονη παρουσία διαφορετικών προοπτικών σε όλες τις συνιστώσες της χημικής εκπαίδευσης, πώς μπορεί να συμβάλει η διαπίστωση αυτής της έρευνας ότι μια προσέγγιση μετριοπαθούς και κριτικού επιστημονικού ρεαλισμού σε όλες τις θεμελιώδεις εκπαιδευτικές συνιστώσες, προσέλκυσε υψηλό βαθμό συμφωνίας;
- Πώς μπορούν να συμβάλουν τα ζητήματα/προτάσεις αυτής της έρευνας, στις οποίες παρατηρήθηκε σύγκλιση ή ακόμη και συναίνεση στις απόψεις των επιστημόνων, στην άρση της ασυμβατότητας των παρατηρούμενων διαφορετικών πλαισίων προσέγγισης;
- Με ποιόν τρόπο η σύγχρονη Φιλοσοφία της Χημείας, βασιζόμενη σε ώριμη αντίληψη της σύγχρονης επιστήμης, μπορεί να δια φωτίσει τη χημική εκπαίδευση και τη διδασκαλία της Χημείας με ενδιαφέροντες και απρόβλεπτους τρόπους, ακόμα και σε σχολικό επίπεδο.
- Με ποιόν τρόπο πρέπει να εισαχθεί η μελέτη της Φύσης των Επιστημών στο σχολικό πρόγραμμα ώστε να συμβάλει καλύτερα στην άρση της

επιστημολογικής σύγχυσης που διαπιστώθηκε στη διατριβή αυτή. Στη βιβλιογραφία προτείνονται διαφορετικοί τρόποι (αυτόνομη ενότητα, παράλληλα με διαθεματικό μάθημα Φυσικών Επιστημών, διάσπαρτες ενότητες μέσα στα διαφορετικά μαθήματα κ.ά.), με σχετικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ανά περίπτωση και βάσει των εμπειριών από χώρες στις οποίες έχει ήδη εισαχθεί με τον ένα ή τον άλλο τρόπο.

- Ποιές συνιστώσες εκπαιδευτικής πολιτικής και τι είδους προγράμματα επιμόρφωσης θα επέφεραν μεγαλύτερη σύγκλιση απόψεων μεταξύ των εκπαιδευτικών της τάξης και της πράξης με τα στελέχη της εκπαίδευσης, οι οποίοι είναι οι διαμορφωτές πολιτικών και αποφάσεων; Πώς μία καλά οργανωμένη και συστηματική εν υπηρεσία μετεκπαίδευση των καθηγητών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης θα είχε ως αποτέλεσμα οι εκπαιδευτικοί που επικεντρώνουν στην παιδαγωγική να παρουσιάσουν διαφορετικές δομές πεποιθήσεων;
- Ποιό θα μπορούσε να είναι ένα σύγχρονο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών που θα καλύπτει τις σύγχρονες τάσεις για τη βελτίωση της χημικής εκπαίδευσης με κατεύθυνση την επίτευξη του χημικού Αλφαριθμητισμού/Εγγραμματισμού και θα προσφέρει παράλληλα ενότητες επιστημονικής εμβάθυνσης για να καλύπτονται οι ακαδημαϊκές προσδοκίες των μαθητών που έχουν στόχο την επιστημονική σταδιοδρομία; Αξίζει να σημειωθεί ότι στο προτενόμενο ΑΠΣ πρέπει να ληφθούν υπόψη και τα ευρήματα της έρευνας όπως: η άρνηση του ενιαίου επιστημονικού αντικείμενου (science), η ομοφωνία για ακαδημαϊκή προσέγγιση και υψηλές απαιτήσεις στη Θετική/Τεχνολογική κατεύθυνση στις ανώτερες τάξεις του Λυκείου, καθώς και η ταυτόχρονη απόρριψη της θεωρητικολογίας, αλλά και της προσδοκίας ότι χωρίς θεωρητικό υπόβαθρο και διδακτική υποστήριξη-καθοδήγηση, οι μαθητές είναι δυνατόν να οικοδομήσουν έγκυρη επιστημονική γνώση.
- Ποιά «φιλοσοφία» πρέπει να διακατέχει και τα διδακτικά εγχειρίδια ενός σύγχρονου αναλυτικού προγράμματος σπουδών με τις προαναφερθείσες φιλοδοξίες ώστε να το υποστηρίξει κατάλληλα;

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Μετά την ολοκλήρωση της ερευνητικής διαδικασίας και τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, προέκυψαν τα προαναφερθέντα αποτελέσματα και συμπεράσματα. Η συζήτηση επί των αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων, όμως, δεν ολοκληρώθηκε σε μία φάση. Η μελέτη των νεώτερων δημοσιεύσεων συνεχίστηκε και οδήγησε σε συνεχή αναδρομή στα στοιχεία της έρευνας και στην επικαιροποίηση τόσο του θεωρητικού μέρους, όσο και των συμπερασμάτων. Ο στόχος της έρευνας αυτής από την αρχή ήταν να μπορέσει να συμβάλει με έγκυρο τρόπο, κατά το δυνατόν, στις μελλοντικές εξελίξεις και προοπτικές. Η παρακολούθηση των σύγχρονων τάσεων στη διδακτική και επιστημολογία των Φ.Ε. και ειδικότερα της Χημείας συνεχίστηκε, από το 2008 που ολοκληρώθηκε η πρώτη φάση, αδιάλειπτα μέχρι το 2013 ώστε να υπάρχει η σύγκριση και ο έλεγχος κατά πόσο τα συμπεράσματα και οι προβλέψεις της έρευνας συμβαδίζουν με τις τελευταίες εξελίξεις. Αυτή η διαδικασία απέδωσε σε εργασίες που δημοσιεύτηκαν ή ανακοινώθηκαν σε συνέδρια τα έτη από το 2009 έως και το τέλος του 2012 επιβεβαιώνοντας τα κύρια ευρήματα και τα συμπεράσματα της έρευνας.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Abd-El-Khalick, F. (2005), Developing deeper understanding of nature of science, *Int. J. Sci. Educ.*, 2005, Vol. 27, No 1, 15-42.
2. Altunata, S. (2001), "Chemistry and Humanity. Challenges our Profession Faces as we Advance Towards the Third Millenium". *HYLE-International Journal for Philosophy of Chemistry*, Vol. 7, No 1 (2001), 51-60.
3. American Association for the Advancement of Science (1989), Project 2061: Science for all Americans. AAAS, Washington, DC.
4. American Association for the Advancement of Science (1993), Benchmarks for Science Literacy, Oxford Press, New York.
5. American Association for the Advancement of Science (2003), Blue prints for reform, <http://www.project2061.org>
6. American Chemical Society, (2000), Chemistry in Context: applying chemistry to society, Boston: McGraw-Hill.
7. Anastas, P. and Warner, J. (1998), GREEN CHEMISTRY: THEORY AND PRACTICE, Oxford University Press 2000, Greek edition: Crete University Press 2006.
8. Atkins, P., Jones, L., (2002). Chemistry (4th ed.). Freeman, New York.
9. Atlan, H., (1998), Το τέλος της παντοκρατορίας των γονιδίων, Ελληνική έκδοση, Αθήνα 2003, Leader Books A.E., 29-35.
10. Audi, R. (ed.) (2006), THE CAMBRIDGE DICTIONARY OF PHILOSOPHY, second edition, Cambridge University Press, New York.
11. Ausubel, D.P. (1968), Educational psychology: A cognitive view. London: Holt, Rinehart & Winston.
12. Baltas, A. (1992), Shifts in the scientific rationality and the role of ideology. In: Assimakopoulos, M., Gavroglu, K., Nikolacopoulos, P. (Eds.), Historical types of rationality, National Technical University of Athens, pp 209–230.
13. Barnes, B., Bloor, D. (1982), Relativism, Rationality, and the Sociology of Knowledge. In: Hollis, M., Lukes, S. (Eds.), Rationality and relativism, 21–47.
14. Barnes, B., Shapin, S. (Eds.) (1979), Natural order: historical studies of scientific culture. Sage, London.

15. Barreto, L., Makihira, A., Riahi, K. (2003), The hydrogen economy in the 21st century: a sustainable development scenario, *International Journal of Hydrogen Energy* 28:267-284.
16. Bell, R., Abd-El-Khalick, F., Lederman, N.G., McComas, W.F., Matthews, M.R. (2001), The nature of science and science education: a bibliography, *Sci & Educ* 10:187–204.
17. Bennet, J. (2003), *Teaching and Learning Science*, Continuum, London UK.
18. Bennet, J. and Lubben, F. (2006), Context-based Chemistry: The Salter’s approach, *Int. J. Sci. Educ.*, 2005, Vol. 28, No 9, 999-1014.
19. Bensaude-Vincent, B. (2006). Textbooks on the map of science studies. *Science & Education*, 15(7–8),
20. Bensaude-Vincent, B., Simon, J.: *Chemistry, the Impure Science*. Imperial College Press, London (2008)
21. Bernal, P., (2006), Addressing the philosophical confusion regarding constructivism in chemical education, *JCE* 83(2):324–326.
22. Bhaskar, R. (1997), *A Realist Theory of Science* (2nd edition), New York and London: Verso.
23. Bishop, R. C. (2005). Patching physics and chemistry together. In M. Solomon (Ed.), *Philosophy of Science*,
24. Bishop, R.C., Atmanspacher, H. (2006): Contextual emergence in the description of properties. *Found. Phys.*36(12), 1753–1777.
25. Bishop, Robert C. (2010), “Whence Chemistry?”, *Studies in History and Philosophy of Modern Physics*, 41: 171–177.
26. Blanco, R., Niaz, M. (1997), Epistemological beliefs of students and teachers about the nature of science: from “Baconian inductive ascent” to the “irrelevance” of scientific laws. *Instruct Sci* 25:203–231.
27. Bloor, D. (1976/1991), *Knowledge and Social Imagery*, 2nd edn University of Chicago Press, Chicago (1st edn Routledge & Kegan Paul, 1976).
28. Bloor, D. (1981), The strengths of the strong programme, *Philos Social Sci* 11:199–213.
29. Bloor, D. (1983), *Wittgenstein: a social theory of knowledge*, Columbia University Press, New York.
30. Bloor, D. (2005). Toward a sociology of epistemic things. *Perspectives on Science*, 13(3 (Fall)), 285–312.

31. Bodner, G. M. (1986), Constructivism: A theory of Knowledge, *Journal of Chemical Education*, 63, 873-878.
32. Bottomore, T.B. – Marshall, T.H. (1992), *Citizenship and social class*. Ελληνική έκδοση, Gutenberg, Αθήνα 1995.
33. Bottomore, T.B. (1971), *Sociology – A. Guide to Problems and Literature*. Ελληνική έκδοση, Gutenberg, Αθήνα 1990.
34. Brown, T. L., Lemay, H. E., Bursten, B. E., & Lemay, H. (2008). *Chemistry: The central science* (11th ed.).
35. Bruner, J. (1960), *The process of education*, NY: Vintage.
36. Bruner, J. (2002), *Making stories: Law, literature, life*, NY: Farrar, Straus and Giroux.
37. Burbules, N.C. (2000), *Moving Beyond the Impasse*. In Phillips, D.C. (Eds.), *Constructivism in Education: Opinions and Second Opinions on Controversial Issues*, Chicago: National Society for the Study of Education, 308-330.
38. Burbules, N.C., Linn, M.C. (1991), *Science education and philosophy of science: congruence or contradiction?*, *Int J Sci Educ* 13:227–241.
39. Cardellini, L. (2008), *THE VIEWS AND INFLUENCE OF ERNST VON GLASERSFELD: AN INTRODUCTION*, *Found Chem* 10:129-134.
40. Carnap, R. (1956), *Meaning and Necessity*, Chicago U.P.
41. Cartwright, N. (1989), *Nature’s Capacities and their Measurement*, Oxford U.P.
42. Chalmers, A.F. (1992), *ΤΙ ΕΙΝΑΙ ΑΥΤΟ ΠΟΥ ΤΟ ΛΕΜΕ ΕΠΙΣΤΗΜΗ; Μια προσέγγιση της φύσης, του καθεστώτος και των μεθόδων της επιστήμης*, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ, Ηράκλειο.
43. Churchland, P (1985), “Reduction, Qualia, and Direct Introspection,” *Journal of Philosophy*, 82: 8–28.
44. Churchland, P. (1979), *Scientific Realism and the Plasticity of Mind*, Cambridge University Press.
45. Clark, J., Macquarrie, D. (2002), *Handbook of Green Chemistry and Technology*, Blackwell Science Ltd.
46. Cobern, W., Loving, C. (2008), *An Essay for Educators: Epistemological Realism Really Is Common Sense*, *Sci & Edu* 17:425-447

47. Cogan, J. and Derricot, R. (Eds.) (1998), *Citizenship for the 21st Century. An international Perspective on Education*, KOGAN PAGE, London, 12-15 & 77-80.
48. Cohen, L. and Manion, L. (1994), *Research Methods in Education*, 4th edition, (για την ελληνική γλώσσα) Εκδόσεις Μεταίχμιο, Αθήνα, 122-151.
49. Develaki, M. (2008), Social and ethical dimension of the natural sciences, complex problems of the age, interdisciplinary, and the contribution of education, *Sci & Educ* 17:873-888.
50. Dienstag, J. L. (2008). Relevance and rigor in premedical education. *New England Journal of Medicine*, 359,
51. Dirac, P. A. M. (1929). Quantum mechanics of many-electron systems. *Proceedings of the Royal Society of Science*.
52. Driver, R. (1994), “Planning and Teaching a Chemistry Topic from Constructivist Perspective”, *Proceedings of “The Content of Science: A Constructivist Approach to its Teaching and Learning”*, in Fensham, Gunstone and White (Eds.).
53. Driver, R., (1983), *The pupil as scientist?* Open University Press, Milton Keynes.
54. Driver, R., (1989), *The Construction of Scientific Knowledge in School Classrooms*, in Millar, R. (ed.), *Doing Science: Images of Science in Science Education*, Falmer Press, Lewes.
55. Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (1985), *οι ιδέες των παιδιών στις φυσικές επιστήμες*, Open University Press, για την Ελληνική γλώσσα: ΕΕΦ, Τροχαλία Β' έκδοση 1995.
56. Driver, R., Leach, J., Millar, R., & Scott, P. (1996), *Young people's images of science*, Open University Press.
57. Driver, R., Newton, P. and Osborne, J. (2000), *Establishing the Norms of Scientific Argumentation in Classrooms*, *Science Education*, 84, 87-112.
58. Duhem, P. (1906/1954), *The aim and structure of physical theory*, Princeton University Press, Princeton, NJ.
59. Duhem, P. (1996), *Essays in the history and philosophy of science*, Indianapolis: Hackett.
60. Duhem, Pierre (1892), “Notation atomique et hypothèses atomistiques”, *Revue des questions scientifiques*, 31, 391–457; translated (with the original

- pagination) by Paul Needham as “Atomic Notation and Atomistic Hypotheses”, *Foundations of Chemistry*, 2 (2000): 127–180.
61. Earley, J. (2004), Would introductory chemistry courses work better with a new philosophical basis? *Foundations of chemistry* 6: 137-160.
 62. Earley, J. (2008), How chemistry shifts horizons: element, substance and the essential, *Found Chem* DOI 10.1007/s10698-008-9054-5.
 63. Earley, J. E. (1998). Modes of chemical becoming. *Hyle: The International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 2, 105–115.
 64. Earley, J. E. (2003). Varieties of properties. An alternative distinction among qualities. *Annals of the New*
 65. Earley, Joseph E. (2005), “Why There is no Salt in the Sea”, *Foundations of Chemistry*, 7: 85–102.
 66. Ellis, B. (2001): *Scientific Essentialism*. Cambridge University Press, Cambridge
 67. Emsley, J. (1994). *The consumer’s good chemical guide: Separating facts from fiction about everyday*
 68. *Energy Efficiency and Renewable Energy*, <http://www.eere.energy.gov>
 69. Erduran, S. (2005). Applying the philosophical concept of reduction to the chemistry of water: Implications for chemical education. *Science & Education*, 14, 161–171.
 70. Erduran, S., & Scerri, E. (2003). The nature of chemical knowledge and chemical education. In J. Gilbert, O. de Jong, R. Justi, D. Treagust, & J. van Driel (Eds.), *Chemical education: Towards research-based practice* (pp. 7–27). Dordrecht: Kluwer.
 71. Erduran, S., Bravo, A. A., & Naaman, R. M. (2007). Developing epistemologically empowered teachers: Examining the role of philosophy of chemistry in teacher education. *Science & Education*, 16, 975–989.
 72. Famhy A. F. M. and Lagowski J.J. (1999), The use of a systemic approach in teaching and learning chemistry for the 21st century, *Pure Appl. Chem.*, Vol. 71, No5, 859-863.
 73. Fearn, N. (2006), *Philosophy: The Latest Answers to the Oldest Questions*, Atlantic Books Ltd. Για την ελληνική γλώσσα, Εκδόσεις METAIXMIO , Αθήνα 2009.

74. Fensham, P.J., Gunstone, R., White, R. (Eds.) (1994), *The content of science: a constructivist approach to its teaching and learning*. Falmer Press, London.
75. Feyerabend, P. (1975), *Against Method*, London: New Left Books. Για την Ελληνική γλώσσα, Θεσσαλονίκη (1983), Εκδόσεις Σύγχρονα Θέματα.
76. Feynman, R. P. (1985), Σίγουρα θα αστειεύεστε, κύριε Feynman!, Ελληνική έκδοση, Αθήνα 1990, εκδόσεις Τροχαλία, 332-341.
77. Finney, John L. (2004), “Water? What's so special about it?”, *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B*, 359: 1145-1165.
78. Fodor, J. (1990), *A Theory of Content and Other Essays*, MIT Press.
79. Fouad, A. (2005), Developing deeper of nature of science, *Int. J. Sci. Educ.*, 2005, Vol. 27, No 1, 15-42.
80. Fuller, S. (1993), *Critical notice: David Bloor's Knowledge and social imagery (Second Edition)*. *Philos Sci* 60:158–170.
81. Fuller, S. (1997), *Science*, Open University Press.
82. Gabel, D. (1999), Improving teaching and learning through chemistry education research: A look at the future, *Journal of Chemical Education*, 76(4), 548-554.
83. Gabel, D. (2002), “Foreword” in *Chemical Education: Towards Research-Based Practice*. In: Gilbert, J., De Jong, O., Justi, R., Treagust, D.F. and Van Driel, J.H. (Eds.), *Chemical Education: Towards Research-Based Practice*, Dordrecht: Kluwer, xv-xx.
84. Gabel, D. L., Samuel, K. V., & Hunn, D. (1987). Understanding the particulate nature of matter. *Journal of Chemical Education*, 64, 695–697.
85. Gadamer, H. G. (1989). *Truth and method* (2nd ed.). New York: Crossroad.
86. Gavroglou K., (1997), PHILOSOPHICAL ISSUES IN THE HISTORY OF CHEMISTRY, *Synthese* 111: 283-304.
87. Gavroglou, K. (Ed.) (2000), “Theoretical Chemistry in the making: Appropriating concepts and legitimizing techniques”. In: *Studies in the History and Philosophy of Modern Physics*, vol. 31B, 429-609.
88. Ghigliano, C., Novelli, L. (1989), *La storia della Chimica a fumetti*, Για την Ελληνική γλώσσα, Εκδόσεις ΚΑΤΟΠΤΡΟ (1992), Αθήνα.
89. Giere, R.N. (1988), *Explaining Science: A Cognitive Approach*, University of Chicago Press.

90. Giere, R.N. (1991), *Understanding scientific reasoning* (3rd Ed.). Fort Worth, TX: Holt, Rinehart, Winston.
91. Gilbert, J., De Jong, O., Justi, R., Treagust, D.F. and Van Driel J.H. (2002), ‘Research and Development for the Future of Chemical education’, in Gilbert, J., De Jong, O., Justi, R., Treagust, D.F. and Van Driel, J.H. (Eds.), *Chemical Education: Towards Research-Based Practice*, Dordrecht: Kluwer, 391-408.
92. Gilbert, J.K. (2006), On the Nature of “Context” in Chemical Education, *Int. J. Sci. Educ.*, 2005, Vol. 28, No 9, 957-975.
93. Gilmore, M.R. (1997), Einstein’s God. Just What Did Einstein Believe About God?, *Skeptic*, Vol. 5, No 2, 62ff.
94. Gore, A. (2006), *An Inconvenient Truth*, για την Ελληνική γλώσσα: εκδόσεις Η ΚΑΘΗΜΕΡΙΝΗ 2007.
95. Gross, P. & Levitt, N. (1994), *Higher superstition: The academic left and its quarrels with science*. Baltimore: John Hopkins University Press.
96. Habermas, J. (2001), *Το μέλλον της ανθρώπινης φύσης. Πίστη και γνώση*, Suhrkamp Verlag Frankfurt am Main, για την Ελληνική γλώσσα: εκδόσεις SCRIPTA 2004.
97. Hacking, I. (1983), *Representing and Intervening*, Cambridge University Press, για την Ελλάδα, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις ΕΜΠ, 2000, 29-33, 51-63, 203-245.
98. Hacking, I. (2001), *The social construction of what?* Harvard University Press, Cambridge MA and London.
99. Hanson, N.R. (1958/1961), *Patterns of Discovery*, Cambridge U.P.
100. Harré, R. (2008), Trope theory and the ontology of chemistry, *Found Chem*, 10.1007/s10698-008-9052-7.
101. Harré, R., Llored J-P (2013). *Molecules and mereology*. *Found Chem*.
102. Harré, R., Needham, P., Scerri, E., Chalmers, A. (2010), A revision history of atomism, *BOOK REVIEW*, *Metascience* 19:349-371.
103. Harré, Rom and Jean-Pierre Llored (2011), “Mereologies as the Grammars of Chemical Discourses”, *Foundations of Chemistry*, 13: 63–76.
104. Harré, R., & Llored, J.-P. (2009). *Mereologies as the grammars of chemical discourses*. Philadelphia.
105. Harré, R. (2006): Resolving the emergence-reduction debate. *Synthese* 151, 499–509

106. Hendry, R. F. (2004). The physicists, the chemists and the pragmatics of explanation. In S. D. Mitchell (Ed.), *Philosophy of Science*, 71(5-December proceedings of the 2002 Biennial meeting of the philosophy of science association. Part II: Symposia (pp. 1048–1059).
107. Hendry, R. F. (2006a): Elements, compounds and other chemical kinds. *Philos. Sci.* 73(5), 864–875.
108. Hendry, R. F. (2006b): Is there downward causation in chemistry? In: Bairs, D., Scerri, E.R., McIntyre, L. (eds.) *Philosophy of Chemistry: The Synthesis of a New Discipline*. Springer, Heidelberg.
109. Hendry, R. F. (2010): Ontological reduction and molecular structure. *Stud. Hist. Philos. Mod. Phys.* 41, 183–191.
110. Hendry, R. F. (1998), “Models and Approximations in Quantum Chemistry”, in Niall Shanks, ed., *Idealization IX: Idealization in Contemporary Physics* (Poznan Studies in the Philosophy of the Sciences and the Humanities, Vol. 63), Amsterdam: Rodopi; pp. 123–42.
111. Hendry, R. F. and Needham P. (2007), “Le Poidevin on the Reduction of Chemistry”, *British Journal for the Philosophy of Science*, 58: 339–53.
112. Herron, D. (1975), Piaget for Chemists, *Journal of Chemical Education*, 53, 146-151.
113. Herron, D. (1996), *The Chemistry Classroom: Formulas for Successful Teaching*, Washington: American Chemical Society.
114. Herron, D. (2008), Advice to my intellectual grandchildren, *JCE* 85(1):24–32.
115. Hodson, D., (2003), Time for action: science education for an alternative future. *Int. J. Sci. Educ.*, 2003, Vol. 25, No 6, 645-670.
116. Hodson, D., Hodson, J. (1998): From constructivism to social constructivism: a Vygotskian perspective on teaching and learning science. *Sch. Sci. Rev.* 79, 33–41.
117. Hoffmann, R. (2007): What might philosophy of science look like if chemists built it? *Synthese* 155(3) section 5, 321–336
118. Howitt, D. and Cramer, D. (2005), *Introduction to SPSS in Psychology* 03, Pearson Education Limited.
119. Hydrogen & Fuel Cell Investor Government Economics, <http://www.h2fc.com>
120. Hydrogen: The Perfect Fuel, <http://www.commutercars.com>

121. I.O.P., The post-16 Initiative, (Ogborn, J., Director), <http://www.iop.org>
122. Jacob, C. (2001). Analysis and synthesis. Interdependent operations in chemical language and practice. Hyle,
123. Jenkins, E.W. (2000) ‘Science for all’: time for a paradigm shift? In: Millar R., Leach J., Osborne J. (eds.) Improving science education: the contribution of research. Open University Press, Buckingham.
124. Jha, S. R. (2006). The bid to transcend Popper, and the Lakatos-Polanyi connection. Perspectives on Science,
125. Johnstone, A.H. (1993), The development of chemistry teaching: A changing response to changing demand, Journal of Chemical Education, 70(9), 701-705.
126. Justi R. S. and Gilbert J. K., (2002), PHILOSOPHY OF CHEMISTRY IN UNIVERSAL CHEMICAL EDUCATION: THE CASE OF MODELS AND MODELLING, Foundations of Chemistry, 4, 213-240.
127. Kahveci, A. et al., (2008), Understanding Chemistry Professors’ Use of Educational Technologies: an activity theoretical approach, *Int. J. Sci. Educ.*, Vol. 30, No 3, 325-351.
128. Karle, Jerome, 1985 Nobel Laureate for Chemistry, (2002), *The role of Science and Technology in Future Design*, <http://www.nobel.se>
129. Kim, J., (1984), Concepts of supervenience, *Philos. Phenomenol. Res.* 45, 153-176.
130. Kim, J., (1998), Philosophy of Mind, Ελληνική έκδοση, Leader Books A.E., Αθήνα 2005, 27-32, 355-359, 365-375.
131. Kim, J. (1999), “Making Sense of Emergence”, *Philosophical Studies*, 95: 3–36.
132. Kindi V., (2005), Should science teaching involve the history of science? An assessment of Kuhn’s view. *Sci & Educ* 14:721–731.
133. Kitcher, Philip (1984), “1953 and All That. A Tale of Two Sciences”, *Philosophical Review*, 93: 335–73.
134. Knorr-Cetina, K. (1981), The manufacture of knowledge: an essay on the constructivist and the contextual nature of science. Pergamon Press, Oxford.
135. Koulaidis, V. (1987), A Study of Science Teachers’ Opinions and their implications, PhD Thesis, University of London.

136. Koulaidis, V. and Ogborn, J. (1988), Construction of systemic networks for the development of a questionnaire to elicit views of philosophy of science, *International Journal of Science Education*, 10 (5), 497-509.
137. Koulaidis, V. and Ogborn, J. (1989), Teachers' views of philosophy of science, *International Journal of Science Education*, 11 (2), 173-184.
138. Koulaidis, V. and Ogborn, J. (1995), Science teachers' philosophical assumptions: how well do we understand them? *International Journal of Science Education*, 17 (3), 273-283.
139. Kripke, S. (1972): Naming and necessity. In: Harman, G., Davidson, D. (eds.) *Semantics of Natural Language*, pp. 253–355. Reidel, Dordrecht .
140. Kripke, S. (1980), *Naming and Necessity*, Cambridge: Harvard University Press.
141. Kuhn, T. S. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*, University of Chicago Press. Edition in Greek, *Synchrona Themata*, Thessaloniki.
142. Kuhn, T. S. (1970a), Reflection on my critics. In: I. Lakatos A. Musgrave, *Criticism and the growth of knowledge*, London: Cambridge University Press, 231-278.
143. Kuhn, T. S. (1970b), Logic of discovery or psychology of research? In: I. Lakatos, A. Musgrave, *Criticism and the growth of knowledge*, London: Cambridge University Press, 1-23.
144. Labarca, M., Lombardi, O. (2010), Why orbitals do not exist? *Found Chem* 12:149-157.
145. Lakatos, I. (1971), History of science and its rational reconstruction', in *PSA 1970*, 91–135. Reprinted in Worrall J, Currie G (Eds.) (1978) *Imre Lakatos: Philosophical Papers*, vol. 1, Cambridge University Press, Cambridge.
146. Lakatos. I. (1970), Falsification and the methodology of scientific research programs. In: Lakatos I, Musgrave A (Eds.), *Criticism and the growth of knowledge*. Cambridge University Press, New York, 91–196.
147. Laszlo, P. (1999). Circulation of concepts. *Foundations of Chemistry*, 1, 225–238.
148. Laszlo, P. (2000). Playing with molecular models. *Hyle*, 6(1), 85–97.
149. Laszlo, P. (2011). Towards Teaching Chemistry as a Language. *Sci & Edu*.
150. Laszlo, P., & Schrobilgen, G. J. (1988). One or several pioneers? The discovery of noble gas compounds.

151. Latour, B. (1999), *Pandora's Hope: Essays on the Reality of Science Studies*, Cambridge: Harvard University press.
152. Latour, B., Woolgar, S. (1986), *Laboratory life: the construction of scientific facts*. Princeton University Press, Princeton. (1st edn 1979, Sage Publications, London).
153. Laudan, L. (1990), *Science and relativism: Some key controversies in the philosophy of science*. Chicago: University of Chicago Press.
154. Laudan, L. (1996), *beyond positivism and relativism*, Westview Press.
155. Le Poidevin. R. (2005) "Missing Elements and Missing Premises: A Combinatorial Argument for the Ontological Reduction of Chemistry", *British Journal for the Philosophy of Science*, 56: 117-134
156. Learning in Europe: Observatory on National and International Evolution, LEONIE, Seminar (2004), DELPHI survey Report, Lambrakis Research Foundation, Athens.
157. Lenderman, N., Abd-el-Khalick, F., Bell, R.L. & Schwatz, R.S. (2002), Views of Nature of Science Questionnaire: Towards valid and meaningful assessment of learners' conceptions of the nature of science, *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497-521.
158. Linstone, H. and Turrof M., (Eds.) (2002), *The Delphi Method: Techniques and Applications*, Murray Turrof and Harold Linstone, New Jersey Institute of Technology, 15-67.
159. Linthorst, J. A. (2010), An overview: origins and development of Green Chemistry, *Found Chem* 12: 55-68.
160. Llored J.P. (2012). Emergence and quantum chemistry. *Found Chem* 14:245–274
161. Llored, J.-P. (2010). Mereology and quantum chemistry: the approximation of molecular orbital. *Found. Chem.* 12, 203–221
162. Lombardi, O., Labarca, M., (2005), The ontological Autonomy Of The Chemical World, *Found Chem* 7:125-148.
163. Lombardi, O., Labarca, M., (2006), The ontological Autonomy Of The Chemical World: a response to Needham, *Found Chem* 8:81-92.
164. Longino, H. (1990), *Science as social Knowledge*. Princeton NJ: Princeton University Press.

165. Luisi, P. L. (2002). Emergence in chemistry: Chemistry as the embodiment of emergence. *Foundations of Chemistry*, 4, 183–200.
166. Matthews, M. R. (2009). Teaching the philosophical and worldview components of science. *Science & Education*.
167. Matthews, M.R. (Ed.) (1998), *Constructivism and science education: a philosophical examination*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
168. Matthews, M.R., (1993), *Constructivism and Science Education: Some Epistemological problems*, *Journal of Science Education and Technology* 2(1), 359-370.
169. Matthews, M.R., (1994), *Science Teaching: The Role of History and Philosophy of Science*, Routledge, New York.
170. Matthews, M.R., (1997a), *Introductory Comments on Philosophy and Constructivism in Science Education*, *Science & Education* 6, 5-14.
171. Matthews, M.R., (1997b), *Problems with Piagetian Constructivism*, *Science & Education* 6, 105-119.
172. Matthews, M.R., (2000a), *Appraising constructivism in science and mathematics education*. In Phillips, D.C. (Eds.), *Constructivism in Education: Opinions and Second Opinions on Controversial Issues*, Chicago: National Society for the Study of Education, 161-192.
173. Matthews, M.R., (2003), *Thomas Kuhn’s Impact on Science Education: What Lessons can be Learned?*, *Science Education* 88:90-118.
174. Matthews, M.R. (2000b): *Editorial*. *Sci. Educ.* 9, 491–505
175. Mayr, E. (1982), “The Growth of Biological Thought”. Για την Ελληνική γλώσσα, *Μορφωτικό Ίδρυμα της Εθνικής Τράπεζας*, Αθήνα 2005.
176. Mayr, E. (2001), *What Evolution Is*, *Basic Books*. Για την Ελληνική γλώσσα, *Εκδόσεις Κάτοπτρο*, Αθήνα 2005.
177. Mayr, E. (2004), ‘80 years of watching the evolutionary scenery’, *Science*, vol. 305.
178. Mc Laughlin, B. (1992): *The rise and the fall of British emergentism*. In: Beckerman, A., Flohr, H., Kim, J. (eds.) *Emergence or Reduction? Essays on the Prospect of a Non-Reductive Physicalism*, pp. 49–93. Walter de Gruyter, Berlin.

179. McComas, W.F. & Olson, J.K. (1998), The nature of science in international science education standards. In: McComas, W.F. (Ed.), *The nature of science in science education: Rational and strategies*, Kluwer, 41-52.
180. McComas, W.F., (1996), Ten myths of science: reexamining what we think about the nature of science, *School Science and Mathematics*, 96, 10-16.
181. McIntyre, L. (2007). Emergence and reduction in chemistry: Ontological or epistemological concepts? *Synthese*, 155, 337–343.
182. McIntyre, L., (1999), The emergence of the philosophy of chemistry. *Foundations of chemistry*, 1, 1999, 57-63.
183. Medawar, P. (1984), *The Limits of Science*. Για την Ελληνική γλώσσα, Εκδόσεις Τροχαλία 1992, Αθήνα.
184. Merton, R.K. (1973), *The sociology of science*. The University of Chicago Press, Chicago.
185. Millar R., Leach, J., Osbourne, J. (Eds.) (2000), *Improving science education: the contribution of research*. Open University Press, Buckingham, 187–206.
186. Millar, R. & Driver, R., (1987), Beyond Processes, *Studies in Science Education* 14, 33-62.
187. Millar, R. & Osborne, J. (Eds.), (1998), *Beyond 2000: science education for the future*. London: King's College, London.
188. Millar, R., (1996), Towards a science curriculum for public understanding. *Sch Sci Rev*, Mar 1996, 77 (280), 7-18.
189. Moore, J. T. (2003). *Chemistry for dummies*. Indianapolis: Wiley.
190. Morange, M. (2008), *ΤΑ ΜΥΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΖΩΗΣ*. Ενάντιον μιας μονοδιάστατης θεώρησης. ΔΑΙΔΑΛΟΣ, Αθήνα.
191. Morrison, R. T., & Boyd, R. N. (1987). *Organic chemistry* (5th ed.). Boston: Allyn & Bacon.
192. Musgrave, A. (1974), The objectivism of Popper's epistemology. In: Schilpp, P.A. (Ed.), *The philosophy of Karl Popper*. Open Court, La Salle, pp 560–596.
193. Musgrave, A. (1996), Realism, truth and objectivity. In: Cohen RS, Hilpinen, R., Qiu Renzong (Eds.), *Realism and Anti-Realism in the Philosophy of Science*, 19–44.
194. Nagel, Ernest (1961), *The Structure of Science*, London: Routledge and Kegan Paul.

195. Nagel, T. (1974), "What Is It Like to Be a Bat?" *Philosophical Review* 83: 435-450.
196. Nagel, T. (1979), "Subjective and Objective in Mortal Questions, Cambridge: Cambridge University Press.
197. Nagel, T. (1989), *Θεμελιώδη φιλοσοφικά προβλήματα*, Αθήνα, Σμίλη.
198. Nakleh, M.B. (1992), Why some students don't learn chemistry: Chemical misconceptions, *Journal of Chemical Education*, 69, 191-196.
199. Näpinen, L. (2007), The need for the Historical understanding of nature in physics and chemistry, *Foundations of chemistry* 9: 65-84.
200. National Research Council (1996), *National Science Education Standards*, National Academy Press, Washington DC.
201. Needham, P. (2000). What is water? *Analysis*, 60, 13–21.
202. Needham, P. (2006), Ontological Reduction: a comment on Lombardi and Labarca, *Found Chem* 8:73-80.
203. Needham, Paul (1996), "Substitution: Duhem's Explication of a Chemical Paradigm", *Perspectives on Science*, 4: 408–33.
204. Newman, M. (2008). Chemical supervenience. *Foundations of Chemistry*, 10(1), 49–62.
205. Newman, M. (2012). Emergence, Supervenience, and Introductory Chemical Education. Published online: *Science & Education*, 09 February 2012.
206. Newton-Smith, W.H. (1988), Modest Realism. In: Fine, A., Leplin, J. (Eds.), *PSA 1988*, vol. 2, 179–189. Reprinted in Worrall J (Ed.) 1994.
207. Niaz, M., (2001), Understanding Nature of Science as Progressive Transitions in Heuristic Principles, *Science Education*, 85, 684-690.
208. Niaz, M., (2009), Progressive transitions in chemistry teachers' understanding of nature of science based on historical controversies. *Sci & Educ* 18:43–65.
209. Nickles, T. (1987). Lakatosian heuristics and epistemic support. *The British Journal for the Philosophy of Science*.
210. Nola, R. (1997). Constructivism in science and science education: A philosophical critique. *Science &*
211. Nola, R. (2003), *Rescuing reason. A critique of anti-rationalist views of science and knowledge*. Boston Studies in the Philosophy of Science.

212. Ogborn, J. & Κουλαϊδής, Β. (1994), Αρχές κατασκευής αναλυτικών προγραμμάτων για τη διδασκαλία των φυσικών επιστήμων: μια πρόταση για «ολοκλήρωση», στο Κουλαϊδής, Β. (επ.), *Αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου*, Αθήνα: Gutenberg, 311-349.
213. Ogborn, J. (1995), Recovering reality, *Stud Sci Educ* 25:3–38.
214. Ogborn, J. (1997), Constructivist Metaphors of Learning Science, *Science & Education*, 6, 121-133.
215. Osborne J., (1996), Beyond Constructivism. *Science Education*, 80 (1), 53-82.
216. Osborne J., Collins S., Ratcliffe M., Millar R., Duschl R., (2003), What “Ideas-about-Science” Should Be Taught in School Science? A Delphi Study of the Expert Community, *Journal of Research in Science Teaching*, Vol. 40, 7, pp. 692-720.
217. Osborne, J. (2003), Attitudes towards science: a review of the literature and its implications, *Int. J. Sci. Educ.*, 2003, Vol. 25, No 9, 1049-1079.
218. Osborne, R. & Fryberg, P. (1985), *Learning in Science: The implications of children’s Science*, Heinemann, London.
219. Ostrovsky, V. N. (2003). Physical explanation of the periodic table. In: *Annals of the New York academy of Science*.
220. Ostrovsky, V. N. (2005), “Towards a Philosophy of Approximations in the ‘Exact’ Sciences”, *Hyle: International Journal for the Philosophy of Chemistry*, 11: 101–26.
221. Papayannakos, D. P., (2008), Philosophical scepticism not relativism is the problem with the Strong Programme in Science Studies and with Educational Constructivism, *Sci & Educ* 17: 573-611.
222. Penrose, R. (2004), *The Road to Reality*. Ελληνική έκδοση, ΓΚΟΒΟΣΤΗΣ ΕΚΔΟΤΙΚΗ, Αθήνα 2010.
223. Phillips, D.C. (1995), The good, the bad and the ugly: The Many Faces of constructivism. *Educ Res* 24:5–12.
224. Phillips, D.C. (Ed.) (2000), *Constructivism in education*. National Society for the Study of Science, Chicago.
225. Piaget, J. (1971), *OU VA L’ EDUCATION*. Για την Ελληνική γλώσσα, Εκδόσεις ΥΠΟΔΟΜΗ 1979, Αθήνα.
226. Piaget, J. (1972), *The Principles of Genetic Epistemology*, Basic Books, New York.

227. Poincaré, H. (1968), *La science et l' hypothèse*, Paris.
228. Polony, N. (2005), *Nos enfants gâchés. Petit traité sur la fracture générationnelle*. Ελληνική έκδοση, ΠΟΛΙΣ., Αθήνα 2007.
229. Polya, G. (1945). *How to solve it: A new aspect of mathematical method*. Princeton, NJ: Princeton University
230. Popper, K.R. (1934/1959), *The Logic of Scientific Discovery*, Hutchinson, London.
231. Popper, K.R. (1962), *Conjectures and refutations: the growth of scientific knowledge*. Routledge and Kegan Paul Ltd, London.
232. Popper, K.R. (1972), *Objective knowledge*. Clarendon Press, Oxford.
233. Prigogine, I. - Stengers, I., (1984), *Τάξη μέσα από το χάος*, Ελληνική έκδοση, Κέδρος Α.Ε., Αθήνα 1986, 52-62, 195-196, 239-242.
234. Prigogine, I. (1993), *οι νόμοι του χάους*, Ελληνική έκδοση, ΤΡΑΥΛΟΣ, Αθήνα 2003.
235. Prigogine, I. (2003), *EINAI TO MEΛΛON ΔΕΔΟΜΕΝΟ*; Εκδόσεις Ε.Μ.Π.
236. Primas, H. (1981), *Chemistry, Quantum Mechanics and Reductionism*, New York: Springer-Verlag.
237. Primas, H. (1983), *Chemistry, quantum mechanics and reductionism: perspectives in theoretical chemistry*, Springer, Berlin.
238. Primas, H. (1998): *Emergence in exact natural sciences*. *Acta Polytech. Scand.* Ma 91, 83–98
239. Psillos, S. (1999), *Scientific realism. How science tracks truth*. Routledge, London and New York.
240. Putnam, H. (1975), *Mind, Language and Reality*, Cambridge University Press, Cambridge.
241. Putnam, H. (1979). *The corroboration of theories*. In: *Philosophical Papers*, Vol. 1, Mathematics, Matter and
242. Putnam, H. (1981), *Reason, truth and history*. Cambridge University Press, Cambridge.
243. Putnam, H. (1987). *The many faces of realism: The Paul Carus lectures*. La Salle: Open Court.
244. Putnam, H. (1988), *Representation and Reality*, Cambridge: MIT Press.
245. Putnam, Hilary (1975), “The Meaning of ‘Meaning’,” in *Philosophical Papers*, Vol. 2, Cambridge: Cambridge University Press, pp. 215–71.

246. Quine, W. V. (1960), *World and Object*, Cambridge and New York: Technology Press of MIT and John Wiley & Sons.
247. Quine, W. V. (1970), *Philosophy of Logic*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
248. Quine, W. V. (1978), *Otherworldly*, *New York Rev. Books* (November):23.
249. Quine, W. V. and Ullian, J.S. (1978), *The Web of Belief*. Για την Ελληνική γλώσσα Leader Books, Αθήνα 2002.
250. Ramsey, J. (1997), “Molecular Shape, Reduction, Explanation and Approximate Concepts”, *Synthese* 111: 233–251.
251. Rifkin, J., (2002), *The Hydrogen Economy, για την Ελλάδα*, Αθήνα: Εκδόσεις Λιβάνη, 2003.
252. Robson, C. (1993), *Real World Research*, Blackwell Publishers Ltd, reprinted 1999, Oxford UK.
253. Rose, S. (1997), *Lifelines – Biology, Freedom, Determinism*, Ελληνική έκδοση, ΚΑΤΟΠΤΡΟ, Αθήνα 2005, 32-47, 116-120, 140-142, 384-398.
254. Royal Society of Chemistry, (2000), *Cutting Edge Chemistry*, London: RSoC.
255. Russell, B. (1912), *The Problems of philosophy*. Oxford University Press, Oxford.
256. Russell, B. (1948), *Human Knowledge*. New York: Simon and Schuster.
257. Salmon M.H. et al., (1992), *Introduction to the Philosophy of Science*, Prentice-Hall, Inc. Για την Ελληνική γλώσσα, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ, Ηράκλειο 1999.
258. Scerri, Eric (1991), “The Electronic Configuration Model, Quantum Mechanics and Reduction”, *British Journal for the Philosophy of Science*, 42: 309–25.
259. Scerri, E., & McIntyre, L. (1997). The case for philosophy of chemistry. *Synthese*, 111, 213–232.
260. Scerri, E. (2003). Constructivism, relativism, and chemical education. In: *Annals of the New York academy*
261. Scerri, E., (2003a), Philosophical confusion in chemical education. *J Chem Educ* 80:468–474.
262. Scerri, E., (2003b), *Philosophy of Chemistry*, CHEMISTRY International May-June 2003.

263. Scerri, E., (2004a), Just How Ab Initio is Ab Initio Quantum Chemistry?, *Foundations of Chemistry*, 6, 93-116.
264. Scerri, E.R. (2005), Some Aspects of the Metaphysics of Chemistry and the Nature of the Elements, *HYLE*, Vol. 11, No 2, 127-145.
265. Scerri, E., (2006), EDITORIAL23, *Foundations of Chemistry*, 8, 93-95.
266. Scerri, E., (2007a), Reduction and emergence in chemistry, proceedings of the philosophy of science association (PSA 2006). *Philos Sci* 74:920–931
267. Scerri, E., (2007b), The ambiguity of reduction. *Int J Phil Chem* 13(2):67–81
268. Scerri, E., (2007c), The periodic table, its story and its significance. Oxford University Press, New York.
269. Scerri, E.R. (2008): *Collected Papers on the Philosophy of Chemistry*. Imperial College Press, London
270. Scerri, E.R (2004b): *Philosophy of chemistry: Where has it been and where is it going?* In: Llored J.P. (ed.) *Philosophy of Chemistry: Practices, Methodologies and Concepts*. Cambridge Scholars Publishing, Cambridge
271. Scerri, E.R. (2012): Top-down causation regarding the chemistry-physics interface: a sceptical view. *Royal Soc. Publ.* 2(1), 20–25.
272. Scerri, E.R. (2013). *A Tale of Seven Elements*. Oxford University Press.
273. Schummer, J. (1998), The Chemical Core of Chemistry I, A Conceptual Approach, *HYLE* 4: 129-162.
274. Schummer, J. (2003), The philosophy of chemistry. *Endeavour*, vol. 27, No 1, March 2003, 37-41.
275. Schummer, J. (2006), *THE PHILOSOPHY OF CHEMISTRY. From Infancy to Maturity*, in Baird et al. (eds.), *Philosophy of Chemistry*, Springer, The Netherlands, 19-39.
276. Schwartz, A. T. (1999). Creating a context for chemistry. *Science & Education*, 8(6), 605–618.
277. Schwartz, T. A. (2006), Contextualized Chemistry Education: The American experience, *Int. J. Sci. Educ.*, 2005, Vol. 28, No 9, 977- 998.
278. Schwarz, W. H. Eugen (2007), “Recommended Questions on the Road Towards a Scientific Explanation of the periodic System of Chemical Elements with the Help of the Concepts of Quantum Physics”, *Foundations of Chemistry*, 9: 139–88.
279. Searle, J.R. (1992), *The rediscovery of mind*, MIT Press.

280. Sears, J. and Sorensen, P. (eds.) (2000), *issues in science teaching*, Routledge Falmer, London UK.
281. Sellars, W. (1963). *Philosophy and the scientific image of man*. In W. Sellars (Ed.), *Science, perception, and reality*. New York: The Humanities Press.
282. Shamos, M.H., (1995), *The myth of scientific literacy*. Rutgers University Press, New Brunswick, NJ.
283. Shapin, S. (1982), *History of science and its sociological reconstructions*. *Hist Sci* 20:157–211.
284. Shwartz, Y. et al. (2005), *The importance of involving high-school chemistry teachers in the process of defining the operational meaning of “chemical literacy”*, *Int. J. Sci. Educ.*, 2005, Vol. 27, No 3, 323-344.
285. Simonian, J. (2005). *The paradoxes of chemical classification: Why ‘water is H₂O’ is not an identity statement*. *Foundations of Chemistry*, 7, 49–56.
286. Skinner, Q. (1990), *The Return of Grand Theory in the Human Sciences*, Cambridge University Press. Για την Ελληνική γλώσσα Εκδ. ΚΑΤΟΠΤΡΟ 2006.
287. Slezak, P. (1994), *Sociology of scientific knowledge and science education: part 1*. *Sci & Educ* 3:265–294. Reprinted in Matthews, M. (Ed.) 1998.
288. Sokal, A. and Bricmont J. (1998), *Intellectual Impostures: Postmodern philosophers’ abuse of science*, Profile, London.
289. Sokal, A., (1996), *Transgressing the boundaries-towards a transformative hermeneutics of quantum gravity*, *Social Text*, 14, 46/47:217-252.
290. Solomon J., (1994), *The Rise and Fall of Constructivism*. *Studies in Science Education* 23, 1-19.
291. Solomon J., (1995), *Higher level understanding of the nature of science*, *SSR*, 76, 276, 15-22.
292. Steiner, G., Spire, A. (1998), *Barbarie de l’ignorance*, για την Ελληνική γλώσσα: εκδόσεις SCRIPTA 2000.
293. Stengers, I., Bensaude-Vincent, B. (1992), *Histoire de la Chimie*, Editions La Decouverte. Για την Ελληνική γλώσσα, Εκδοτικός οίκος Τραυλός (1999), Αθήνα.
294. Strathern, P. (2000), *Mendeleev’s Dream, The Quest for the Elements*. Για την Ελληνική γλώσσα, Εκδοτικός Τραυλός (2004), Αθήνα.

295. Suchting, W., (1992), Constructivism Deconstructed, *Science & Education* 1, 223-254. Reprinted in Matthews, M. (Ed.) (1998).
296. Tiles, M., (1984), *Bachelard: science and objectivity*. Cambridge University Press, Cambridge. Για την Ελληνική γλώσσα, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΚΡΗΤΗΣ, Ηράκλειο 1999.
297. Tobin, K. (Ed.) (1993), *The practice of constructivism in science education*. AAAS Press, Washington DC.
298. Tsaparlis, G., (2008), The rivalry among the separate science subjects for dominance in secondary education: the case of Greece and beyond. In: Coll R., Taylor N. (Eds.) *Science education in context: an international examination of the influence of context on science curricula development and implementation*. Sense Publishers, Rotterdam.
299. Tsaparlis, G., (2009), *Learning at the Macro Level: The Role of Practical Work*. In: Gilbert, J.K., Treagust, D.F. (Eds.) *Multiple Representations in Chemical Education, Models and Modelling in Science Education* 4, Springer Science+Business Media B.V.
300. UNESCO: Science 2000+ Curriculum, <http://www.ddc2000.com>
301. Vamvakeros X., Pavlatou E. A. and Spyrellis N., (2010), Survey Exploring Views of Scientists on Current Trends in Chemistry Education, *Sci & Educ* 19: 119-145.
302. Van Aalsvoort, V., (2004a), Activity theory as a tool to analyze the problem of chemistry's lack of relevance in secondary school chemical education. *Int J Sci Educ* 26(13):1635–1651
303. Van Aalsvoort, V., (2004b), Logical positivism as a tool to analyze the problem of chemistry's lack of relevance in secondary school chemical education. *Int J Sci Educ* 26(9):1152–1168
304. van Brakel J., (2000), *Philosophy of Chemistry: Between the Manifest and the Scientific Image*, Leuven University Press, Leuven.
305. van Brakel J., (2010), *Chemistry and physics: no need for metaphysical glue*, *Foundations of Chemistry*, published online 07 March 2010.
306. van Brakel, J. (2003). The ignis fatuus of reduction and unification. Back to the rough ground. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 998 (Chemical Explanation: Characteristics, Development, Autonomy), pp. 30–43.

307. van Brakel, Jaap (1986), “The Chemistry of Substances and the Philosophy of Mass Terms”, *Synthese*, 69: 291–324.
308. van Driel J et al (2005) The conceptions of chemistry teachers about teaching and learning in the context of a curriculum innovation. *Int J Sci Educ* 27(3):303–322.
309. Van Fraassen, B. (1980), *The Scientific Image*, Oxford: Clarendon.
310. Van Fraassen, B. (2002,) *The Empirical Stance*, Yale University Press.
311. Vanderbeeken, R. -Weber, E., (2000), Dispositional Explanations of Behavior, *Behavior and Philosophy*, 30, 43-59.
312. Varelas, M. et al (2005), Beginning Teachers Immersed into Science: Scientist and Science Teacher Identities, *Science Teacher Education* (www.interscience.wiley.com).
313. von Glasersfeld, E. (1986), Steps in construction of “others” and “reality”. In R. Trappl (Eds.), *Power, autonomy, utopia* (pp. 107-116). New York: Plenum.
314. von Glasersfeld, E. (1989), *Cognition, Construction of Knowledge, and Teaching*. In: M.R. Matthews (Eds.), *Constructivism in Science Education: A Philosophical Examination*, Dordrecht: Kluwer.
315. von Glasersfeld, E. (1995), *Radical constructivism: a way of knowing and learning*. Falmer Press, London.
316. Vygotsky, L.S., (1978), *Mind in society: The development of higher psychological processes*, Cole, John-Steiner, Scribner & Souberman (eds.), Harvard University Press, Cambridge, MA.
317. Wei B. and Thomas G. P., (2005), Explanations for the transition of the junior secondary school chemistry curriculum in the people’s republic of china during the period from 1978 to 2001, *Science Education* 89:1-19.
318. Weinberg, S. (1992), *Dreams of a Final Theory*. New York: Pantheon Books.
319. Weinberg, S. (2001), *Can Science Explain Everything? Anything?*, *The New York Review of Books*, May 31.
320. Weisberg, M. (2004), “Qualitative theory and chemical explanation”. *Philosophy of Science*, 71: 1071–1081.
321. Weisberg, M. (2006). Water is not H₂O. In D. Baird, E. Scerri, & L. McIntyre (Eds.), *Philosophy of chemistry: Synthesis of a new discipline* (Vol. 242, pp. 337–346). Dordrecht: Boston studies in the Philosophy of Science, Springer.

322. Wink, D.J. (2006), Connections between Pedagogical and Epistemological Constructivism: Questions for Teaching and Research in Chemistry, *Foundations of Chemistry*, 8, 111-151.
323. Wittgenstein, L. (1922), *Tractatus Logico-Philosophicus*, trans. C.K. Ogden, Routledge and Kegan Paul 1993, London. Για την Ελληνική γλώσσα Εκδ. Παπαζήσης, 1978.
324. Wittgenstein, L. (1953). *Philosophical Investigations*. (G. E. M. Anscombe, Trans.). New York.
325. Woolgar, S. (1988,) *Science: the very idea*. Tavistock Publishers, London. Για την Ελληνική γλώσσα, Εκδόσεις ΚΑΤΟΠΤΡΟ, Αθήνα 2003.
326. Woolley, R. (1978), “Must a Molecule Have a Shape?”, *Journal of the American Chemical Society*, 100: 1073–1078.
327. Yilmaz-Tuzun O. and Topcu M.S. (2007), Relationships among Preservice Science Teachers’ Epistemological Beliefs, Epistemological World Views and Self-efficacy Beliefs, *Int. J. Sci. Educ.*, 2007, Vol. 30, No 1, 65-85.
328. Young, M., (2007), *Bringing Knowledge Back In: From social constructivism to social realism in the sociology of Education*, London, Routledge.
329. Young, M., (2008), *Γιατί υπάρχουν τα σχολεία;* στο Κουλαϊδής Β., Αποστόλου Α., Καμπουράκης Κ., (επιμ.), *Η Φύση των Επιστημών. Διδακτικές Προσεγγίσεις.*, ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ ΓΕΙΤΟΝΑ, Εκδόσεις CHILD SERVICES.
330. Zammito J. H., (2004), *A Nice Derangement of Epistemes: Post-Positivism in the Study of Science from Quine to Latour*, University of Chicago Press, Chicago.
331. Ziman, J. (2000), *Real science: What it is and what it means*, Cambridge: Cambridge University Press.
332. Zuo, J. M., M. Kim, M. O’Keeffe and J. C. H. Spence (1999), “Direct Observation of *d*-orbital Holes and Cu-Cu Bonding in Cu₂O”, *Nature*, 401 (6748): 4952.
333. Αθανασάκης, Α. (1995), ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΕΙΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, Εκδόσεις Σαββάλας, Αθήνα.
334. Αποστόλου Α. & Κουλαϊδής Β., (2008), Συσχετίσεις ανάμεσα σε φιλοσοφικές και παιδαγωγικές αντιλήψεις εκπαιδευτικών φυσικών επιστημών, στο Κουλαϊδής Β., Αποστόλου Α., Καμπουράκης Κ., (επ.), *Η Φύση των*

- Επιστημών. Διδακτικές Προσεγγίσεις., ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ ΓΕΙΤΟΝΑ, Εκδόσεις CHILD SERVICES.
335. Αυγελής, Ν. (1998), Φιλοσοφία της Επιστήμης, Εκδόσεις Κώδικας, Θεσσαλονίκη.
336. Βάρβογλης, Α. (1995α), ΜΕΓΑΛΟΙ ΧΗΜΙΚΟΙ – Η ΠΑΛΙΑ ΦΡΟΥΡΑ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.
337. Βάρβογλης, Α. (1995β), ΜΕΓΑΛΟΙ ΧΗΜΙΚΟΙ – Η ΧΡΥΣΗ ΕΠΟΧΗ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.
338. Βάρβογλης, Α. (Εκδ.) (2001), Η ΧΗΜΕΙΑ χωρίς τύπους, ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη.
339. Βεΐκος, Θ. (1980α), Εμπειρική Φιλοσοφία, Εκδόσεις ΓΡΗΓΟΡΗ, Αθήνα.
340. Βεΐκος, Θ. (1980β), Φιλοσοφία και Επιστήμη, Εκδόσεις ΓΡΗΓΟΡΗ, Αθήνα.
341. Βιρβιδάκης, Σ., Κατσιμάνης, Κ.Σ., Τουρνά, Χ. (2009), ΑΡΧΕΣ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑΣ, Ο.Ε.Δ.Β., Έκδοση Γ'.
342. Βλάχος, Ι. (2002), Οι απόψεις των καθηγητών του κλάδου ΠΕ4 για τα προβλήματα και τη λύση τους, εργασία στο 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο της ΕΔΙΦΕ, Αθήνα.
343. Γαβρόγλου, Κ. (2004), ΤΟ ΠΑΡΕΛΘΟΝ ΤΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΩΣ ΙΣΤΟΡΙΑ, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
344. Γεωργιάδου, Καφετζόπουλος, Προβής, Χηνιάδης, & Σπυρέλλης (2000). Νεότερες τάσεις στη διαμόρφωση Αναλυτικών Προγραμμάτων και Διδακτικών Βιβλίων Χημείας.
345. Γιαλαμάς, Β. (2004), ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΙΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ ΤΗΣ ΑΓΩΓΗΣ, Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα, 94-100.
346. Γκόνοσ Ε. (2004). Γενετική τύχη ή εξελικτική αναγκαιότητα; Παρουσίαση στο «Φιλοσοφία και Θετικές Επιστήμες στον 20^ο αιώνα». ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΑ, Ε.Ι.Ε.
347. Δεβελάκη, Μ. (2003), Θεωρίες της Φυσικής – Εργαλεία μόνο ή και αλήθειες; εργασία στο 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φ.Ε. στη Διδασκαλία», ΕΚΠΑ-ΠΤΔΕ, Αθήνα.
348. Δοξιάδης, Α., Παπαδημητρίου, Χ. (2008), LOGICOMIX, ΙΚΑΡΟΣ Εκδοτική Εταιρία, Αθήνα.
349. Ζαβλανός, Μ. (1987), Διδακτική Φυσικών Επιστημών, Εκδόσεις ΙΩΝ , Αθήνα.

350. Θηραϊός Γ. (2004). Γονιδιακός ντετερμινισμός: κίνδυνος για την επιστήμη και την κοινωνία. Παρουσίαση στο «Φιλοσοφία και Θετικές Επιστήμες στον 20^ο αιώνα». ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΚΟΙΝΩΝΙΑ, Ε.Ι.Ε.
351. Καζάζη, Μ. (2000), ΚΟΙΝΩΝΙΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ, ΕΚΔΟΣΕΙΣ «ΕΛΛΗΝ», Αθήνα.
352. Καραγιάννη, Μ. και Χατζημιχαήλ, Θ. (2004), Η Διδασκαλία της Χημείας στο Γυμνάσιο και το Λύκειο, Εκδόσεις Αδελφοί Κυριακίδη Α.Ε., Θεσσαλονίκη.
353. Καραγιαννίδης, Π. Π., Ειδική Ανόργανη Χημεία (1999), Τα Χημικά Στοιχεία και οι Ενώσεις τους, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
354. Κατάκης, Μεθενίτης, Μητσοπούλου, Πνευματικάκης (2002), Ανόργανη Χημεία Β' -Τα Στοιχεία, σελ. 72.
355. Κατσίλλης, Ι. (2000), ΠΕΡΙΓΡΑΦΙΚΗ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ, εκδόσεις GUTENBERG, Αθήνα, 29-32 και 115-124.
356. Κατσιμάνης, Κ.Σ., Βιρβιδάκης, Σ. (2003), ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑΣ, Ο.Ε.Δ.Β., Έκδοση Δ'.
357. Κιντή, Β. (1995), KUHN & WITTGENSTEIN. Φιλοσοφική Έρευνα της Δομής των Επιστημονικών Επαναστάσεων, Εκδόσεις ΣΜΙΛΗ, Αθήνα.
358. Κλούρας, Ν., (1995), Βασική Ανόργανη Χημεία, Εκδοτικός Οίκος Π. ΤΡΑΥΛΟΣ, 91-92, 101-107, 224.
359. Κόκκοτας, Π. (1998), Σύγχρονες Προσεγγίσεις στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, 2^η έκδοση, Αθήνα.
360. Κούκιος, Μ., (2003), Συστήματα Ανανεώσιμων Πηγών Ενέργειας, Βιομάζα , Ε.Μ.Π.
361. Κουλαϊδής, Β. και Αποστόλου, Α. (2002), Ανάλυση των Επιστημολογικών Αντιλήψεων των Εκπαιδευτικών, εργασία στο 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο της ΕΔΙΦΕ, ΕΚΠΑ, Αθήνα.
362. Κουρεμένος, Κ. Γ. (1992), Η Διδασκαλία των Φυσικών Μαθημάτων, Εκδόσεις ΓΡΗΓΟΡΗΣ , Αθήνα.
363. Κωνσταντίνου Κ. Π. & Παπαδούρης Ν., (2008), Επιστημολογική επάρκεια: μία θεμελιώδης συνιστώσα των μαθησιακών επιδιώξεων στις Φυσικές Επιστήμες, στο Κουλαϊδής Β., Αποστόλου Α., Καμπουράκης Κ., (επιμ.), Η Φύση των Επιστημών. Διδακτικές Προσεγγίσεις., ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΗΡΙΑ ΓΕΙΤΟΝΑ, Εκδόσεις CHILD SERVICES.

364. Λοΐζος, Ζ., (2002), Γενική Χημεία, τεύχος 1^ο: Γενικό μέρος, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2002, 40, 66-67.
365. Μακράκης, Β. (2005), Ανάλυση δεδομένων στην Επιστημονική Έρευνα, εκδόσεις GUTENBERG, Αθήνα, 93-109.
366. Μαραγκός, Γ. (1996), ΓΝΩΣΙΟΛΟΓΙΣΜΟΙ στο μεταίχμιο της Φιλοσοφίας της Επιστήμης και της Γνωσιοεπιστήμης, Εκδόσεις ΟΔΥΣΣΕΑΣ, Αθήνα.
367. Μαρούλης, Απ. Ι., Χατζηαντωνίου-Μαρούλη, Κ. Π., “Ηθική του Περιβάλλοντος”, 12ο Επιμορφωτικό Σεμινάριο Διδακτική της Χημείας στη δευτεροβάθμια Εκπαίδευση”, 1 και 2 Μαρτίου 2003, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Ζήτη.
368. Μαυρογιώργος, Γ. (1992), Εκπαιδευτικοί και Διδασκαλία, Εκδόσεις ΣΥΓΧΡΟΝΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ, Αθήνα.
369. Μαυρόπουλος, Μ. Σ. (1997), Διδάσκω Χημεία, Εκδόσεις Σαββάλας, Αθήνα.
370. Μεταξόπουλος, Α. (1988), ΣΥΜΒΑΣΗ ΚΑΙ ΑΛΗΘΕΙΑ, περιπέτειες της σύγχρονης επιστημολογίας από τη θέση Duhem έως τη μεθοδολογία του Lakatos, Εκδόσεις ΠΑΠΑΖΗΣΗ, Αθήνα.
371. Μπιτσάκης, Ε. (2000), Ο δαίμων του Einstein, Αθήνα: Gutenberg, 151-192.
372. Μπόκαρης, Ε. Π. (2002), ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ, Πανεπιστημιακές παραδόσεις, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
373. Παπαδημητρίου, Ε.Γ. (1988), ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΗΣ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑΣ. Για μια φιλοσοφικά και κοινωνικά θεμελιωμένη Επιστημολογία, GUTENBERG, Αθήνα.
374. Παπανούτσος, Ε. Π., (1984), ΠΡΑΚΤΙΚΗ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑ, Εκδόσεις ΔΩΔΩΝΗ, δεύτερη έκδοση, Αθήνα.
375. Πελεgrίνης, Θ. (2007), Η Αιώνια Επιστροφή της Φιλοσοφίας, Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα, Αθήνα.
376. Σκορδούλης, Κ. (επιμ.) (2008), Ζητήματα Θεωρίας των Επιστημών της Φύσης, Εκδόσεις Τόπος, Αθήνα.
377. Σκορδούλης, Κ. και Σωτηράκου, Μ., (2005), *Περιβάλλον, Επιστήμη και Εκπαίδευση*, Αθήνα 2005, εκδόσεις Leader Books A.E, 33.
378. Στεφανίδου, Κ. (2007), «Ο ρεαλισμός του Albert Einstein- Είχε συγκεκριμένη θεωρία για τη γνώση;», Πρακτικά 16^{ου} Σεμιναρίου Χημείας, Αθήνα.

379. Τσελφές, Β., (2001), 2000+: Αλλαγή παραδείγματος στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών;, εργασία που παρουσιάστηκε στην ημερίδα της Ε.ΔΙ.Φ.Ε., Αθήνα 2001, Αθήνα: Μ.Π. Γρηγόρης, 47-54.
380. Υδρογόνο, ο Ενεργειακός Φορέας του Μέλλοντος, <http://www.psxm.gr>
381. Φίλιας, Β. κ.ά. (1996), Εισαγωγή στη Μεθοδολογία και τις Τεχνικές των Κοινωνικών Ερευνών, 2^η συμπληρωμένη έκδοση, εκδόσεις GUTENBERG, Αθήνα, 248-266.
382. Ψαρρού, Μ., Ζαφειρόπουλος, Κ. (2001), Επιστημονική Έρευνα. ΘΕΩΡΙΑ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΙΣ ΚΟΙΝΩΝΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ, τυπωθήτω-ΔΑΡΔΑΝΟΣ, Αθήνα.
383. Ψύλλος, Σ. (2004), Μετριοπάθεια και τόλμη: Πώς η επιστήμη ιχνηλατεί την αλήθεια. Στο: Φιλοσοφία και Θετικές Επιστήμες στον 20^ο αιώνα, ΕΙΕ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι ΤΟ ΥΛΙΚΟ ΤΗΣ ΠΙΛΟΤΙΚΗΣ ΦΑΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Αγαπητέ κύριε ή κυρία

Στο πλαίσιο διδακτορικής διατριβής στο ΕΜΠ, στη θεματική περιοχή της Διδακτικής της Χημείας, διεξάγεται έρευνα με σκοπό τη διερεύνηση των συγχρόνων απόψεων των επιστημόνων Χημικών και Χημικών Μηχανικών. Η έρευνα αυτή θα πραγματοποιηθεί με τη διανομή ερωτηματολογίων κατανεμημένων σε τρεις θεματικές ενότητες. Οι επιστήμονες στους οποίους θα διανεμηθούν τα τελικά ερωτηματολόγια κατέχουν υπεύθυνες θέσεις στην Εκπαίδευση, στην κοινωνία, την παραγωγή και την οικονομία και μπορούν να έχουν διαμορφωμένη άποψη απέναντι στα προβλήματα, αλλά και να συμβάλουν και να επηρεάσουν τις τρέχουσες τάσεις και πολιτικές για τη διδασκαλία της Χημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση.

Συνημμένα επισυνάπτεται μια σειρά προτάσεων, οι οποίες θα αποτελέσουν τον κορμό των ερωτηματολογίων. Οι προτάσεις αυτές θα βαθμολογηθούν, από τους συμμετέχοντες στην έρευνα, με βάση την πενταβάθμια κλίμακα Likert.

Θα σας παρακαλούσαμε να συμβάλετε ως κριτής των ερωτηματολογίων της έρευνας. Συγκεκριμένα:

1. Να κατατάξετε τις προτάσεις του καταλόγου στις ακόλουθες τρεις θεματικές ενότητες:
Α) Θέματα Εκπαίδευσης σε σχέση με την Επιστήμη, την Τεχνολογία, την Κοινωνία και το Περιβάλλον.
Β) Θέματα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και της Χημείας.
Γ) Θέματα Μεθοδολογίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών και της Χημείας.
2. Να αξιολογήσετε κάθε πρόταση με έναν από τους χαρακτηρισμούς:
i) περιττή
ii) ενδιαφέρουσα
3. Να σημειώσετε το βαθμό συμφωνίας σας με την καθεμία πρόταση και να καταγράψετε το συνολικό χρόνο που απαιτήθηκε για τη βαθμολόγηση. Βαθμολογείστε, σημειώνοντας τον ανάλογο αριθμό.
1: καθόλου **2:** λίγο **3:** αρκετά **4:** πολύ **5:** πλήρως
Η κλίμακα χρησιμοποιείται για να καταγράψει μόνο το βαθμό συμφωνίας με την αντίστοιχη πρόταση και διαβαθμίζεται από την πλήρη διαφωνία «καθόλου» ως την πλήρη συμφωνία «πλήρως».
4. Να διατυπώσετε τις παρατηρήσεις σας και τα σχόλια σας.

Ευχαριστούμε εκ των προτέρων για την πολύτιμη συμμετοχή σας.

Μετά τιμής

Ξ. Βαμβακερός

Υ.Γ.: Αν συμπληρώσετε ηλεκτρονικά τα έντυπα που περιέχονται στο ΚΡΙΣΗ.doc μπορείτε να τα στείλετε και με e-mail στις διευθύνσεις xvamvake@central.ntua.gr ή xvamvake@sch.gr

ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ	ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ Α-Β-Γ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ i) περιττή ii) ενδιαφέρουσα	ΒΑΘΜΟΣ ΣΥΜΦΩΝΙΑΣ 1-5
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			
39			
40			
41			
42			
ΣΥΝΟΛΙΚΟΣ ΧΡΟΝΟΣ ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗΣ σε min			----- min

ΚΡΙΣΕΙΣ, ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ και ΣΧΟΛΙΑ

ΓΕΝΙΚΑ:	
ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ: επικαλυπτόμενη, δυσνόητη, ασαφής, σαφής κλπ	
ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΕΙΣ:	
ΆΛΛΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ:	
ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΚΡΙΣΗ:	

ΑΡΙΘΜΟΣ ΠΡΟΤΑΣΗΣ	ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟΥ
1	Η σχετική με τις Φ.Ε. γνώση έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, με την έννοια ότι οδηγεί σε ένα συστηματικό τρόπο σκέψης που αποπειράται μια αντικειμενική περιγραφή της Φύσης.
2	Οι Φ.Ε. είναι καλύτερο να διδάσκονται σαν ένα ενιαίο αντικείμενο σε όλες τις βαθμίδες της σχολικής εκπαίδευσης (Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας).
3	Ανάπτυξη της οικονομίας της γνώσης: Η γνώση αποτελεί βασικό πλουτοπαραγωγικό πόρο. Η ικανότητα κατάκτησης, διαχείρισης και εμπλουτισμού της γνώσης θα αποτελέσει την αιχμή του ανταγωνισμού για τη νέα χιλιετία.
4	Τα καλύτερα επιχειρήματα, για να διδάσκονται οι Φ.Ε. αναλυτικά ανά αντικείμενο, εδράζονται στην ανάγκη για υψηλό ακαδημαϊκό επίπεδο αλλά και στην πρακτική διευκόλυνση της οργάνωσης και λειτουργίας του σχολικού προγράμματος και της απασχόλησης των εκπαιδευτικών σε αντικείμενα που γνωρίζουν καλά.
5	Στις τελευταίες τάξεις του Λυκείου στη Θετική/Τεχνολογική Κατεύθυνση είναι καλύτερο να διδάσκονται οι Φ.Ε. αναλυτικά ανά αντικείμενο από έμπειρους καθηγητές ειδικότητας.
6	Η σχετική με τις Φ.Ε. γνώση έχει ιδιαίτερη αξία επειδή είναι πρακτικά χρήσιμη.
7	Η διδασκαλία των Φ.Ε. διαθεματικά, σε σχέση με το ευρύτερο πλαίσιο, βοηθά τους μαθητές να δουν και να εκτιμήσουν πιο καθαρά τη σύνδεση μεταξύ των Φ.Ε. που μελετούν και της καθημερινής ζωής.
8	Τα κρίσιμα ζητήματα του 21ου αιώνα είναι συνδεδεμένα με τις Φ.Ε. και την Τεχνολογία. Ενδεικτικός είναι ο πολυσχιδής ρόλος της Χημείας στην υγεία, στη διατροφή, στο περιβάλλον, στην ποιότητα της ζωής, στην έρευνα και την ανάπτυξη, στην παραγωγή και την ενέργεια.
9	Τα ζητήματα της ενέργειας, του περιβάλλοντος και των καυσίμων είναι αλληλένδετα κι έχουν κοινωνικές, πολιτικές και οικονομικές προεκτάσεις.
10	Ο κόσμος θα συνεχίσει να δίνει έμφαση στην οικονομική ανάπτυξη και στη δημιουργία νέων θέσεων απασχόλησης ακόμα κι αν αυτό επιβαρύνει την περιβαλλοντική ισορροπία.
11	Η επιστημονική μέθοδος συνίσταται στη συλλογή παρατηρήσεων και πειραματικών δεδομένων για ένα πρόβλημα και την διατύπωση γενικευμένων υποθέσεων.
12	Η επιστημονική μέθοδος συνίσταται στον έλεγχο των θεωρητικών προβλέψεων σε σχέση με τα πειραματικά αποτελέσματα.
13	Οι Φ.Ε. είναι καλύτερο να διδάσκονται στη σύγχρονη τους μορφή και περιεχόμενο και να μην επιβαρύνονται οι μαθητές με θέματα ιστορικής σημασίας.

14	Η επιστημονική και τεχνολογική εξέλιξη μπορεί να οδηγήσει στην επίλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, παράλληλα με την οικονομική ανάπτυξη.
15	Το πρόβλημα των εναλλακτικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ένα από τα κυριότερα ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπίσει η ανθρωπότητα τις προσεχείς δεκαετίες.
16	Ο κύριος στόχος και επιδίωξη της διδασκαλίας της Χημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση πρέπει να είναι η ορθολογική κατανόηση του αντικειμένου.
17	Το περιεχόμενο της σχολικής Χημείας πρέπει να περιλαμβάνει κυρίως θεωρίες και νόμους.
18	Η ανώτερη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση οφείλει να παρέχει στους αυριανούς πολίτες τη δυνατότητα κατανόησης των πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων μεταξύ της Επιστήμης, της Τεχνολογίας, της Κοινωνίας και του Περιβάλλοντος, ώστε να μπορούν να παίρνουν θέση σε ζητήματα κοινωνικού, οικονομικού και περιβαλλοντικού προβληματισμού.
19	Ανάμεσα σε δύο ανταγωνιστικές επιστημονικές θεωρίες η καλύτερη είναι εκείνη που δίνει τα πιο χρήσιμα και αξιοποιήσιμα αποτελέσματα.
20	Το περιεχόμενο της σχολικής Χημείας πρέπει να περιλαμβάνει κυρίως επιστημονική μεθοδολογία, τεχνικές/δεξιότητες πειραματισμού και τον χειρισμό/αξιολόγηση παρατηρήσεων και πειραματικών δεδομένων.
21	Η σύγχρονη αντίληψη για την επίλυση μεγάλων προβλημάτων απαιτεί ολιστική προσέγγιση και διεπιστημονική συνεργασία. Όμως το πρόγραμμα σπουδών των Φ.Ε. στην ανώτερη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση είναι σήμερα σε μεγάλο βαθμό κατακερματισμένο και αποσπασματικό με αποτέλεσμα την έλλειψη ενιαίου οράματος, γεγονός που το κάνει μη ελκυστικό σε πολλούς μαθητές.
22	Οι μαθητές είναι σε θέση να ελέγξουν διαφορετικές παραμέτρους και μεταβλητές σε μια ακαθοδήγητη από τη θεωρία πειραματική διαδικασία, να πραγματοποιήσουν συστηματική συλλογή παρατηρήσεων για ένα «ανοικτού τύπου» πρόβλημα χωρίς προσχεδιασμένη και αναμενόμενη κατάληξη και να προχωρήσουν στην εξαγωγή γενικών υποθέσεων στη βάση μόνον των πειραματικών δεδομένων.
23	Για την αποτελεσματική διδασκαλία των Φ.Ε. πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι αντιλήψεις των μαθητών για τις ανάγκες τους καθώς και οι εναλλακτικές «ιδέες» και οι παρανοήσεις που έχουν ήδη διαμορφώσει και απαιτείται επιστημολογική ρήξη για την ανασκευή, την αναπλαισίωση και την αλλαγή τους.

24	Το πρόγραμμα και το περιεχόμενο σπουδών των Φ.Ε. της ανώτερης Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης αντιμετωπίζουν την πρόκληση να ανταποκριθούν σε δύο διαφορετικού είδους απαιτήσεις. Το καλά θεμελιωμένο μέρος, το οποίο απαιτείται για εκείνους που θέλουν να ακολουθήσουν σταδιοδρομία στις θετικές επιστήμες και το ευρύ μέρος γενικής παιδείας, απαραίτητο για κάθε ενημερωμένο πολίτη.
25	Ανάμεσα σε δύο ανταγωνιστικές επιστημονικές θεωρίες η επικρατέστερη προκύπτει μετά από κριτικό έλεγχο και από τη συναίνεση της επιστημονικής κοινότητας.
26	Οι παρατηρήσεις δεν μπορούν να αποτελέσουν αντικειμενικό κριτήριο στην επιλογή μεταξύ θεωριών, γιατί εξαρτώνται από την προηγούμενη γνώση.
27	Η χρήση υπολογιστών στη διδασκαλία της Χημείας κινητοποιεί το ενδιαφέρον των μαθητών. Ειδικά φαίνεται να εκτιμούν το ότι ελέγχουν οι ίδιοι αυτά που μαθαίνουν.
28	Η χρήση υπολογιστών στη διδασκαλία της Χημείας ενέχει τον κίνδυνο παρανοήσεων και λαθών, ή εύκολων και βιαστικών συμπερασμάτων, αφού οι δυνατότητες διερεύνησης καθορίζονται και περιορίζονται σε όσα έχουν εκ των προτέρων προβλεφθεί και συμπεριληφθεί στο λογισμικό.
29	Η νέα επιστημονική γνώση προκύπτει κυρίως μέσω της συσσώρευσης νέων πειραματικών δεδομένων και παρατηρήσεων.
30	Η νέα επιστημονική γνώση είτε εντάσσεται στο υπάρχον πλαίσιο, γνωστό και ως «Παράδειγμα», είτε παράγει ένα νέο πλαίσιο ασύμμετρο και ασύμβατο με το παλιό.
31	Η χρήση υπολογιστών στη διδασκαλία της Χημείας επιτρέπει στους μαθητές να αποκτήσουν εποπτεία για φαινόμενα που η κλίμακα μεγέθους (μικρόκοσμος, μακρόκοσμος), η χρονική διάρκεια ή η επικινδυνότητα δεν επιτρέπουν την αναπαράσταση τους στην τάξη ή στο σχολικό εργαστήριο.
32	Οι θεμελιώδεις επιστήμες της φύσης ιεραρχούνται κλασικά ως εξής: Φυσική, Χημεία και Βιολογία. Οντολογικά και επιστημολογικά η Βιολογία μπορεί να αναχθεί στη Χημεία και η Χημεία στη Φυσική.
33	Οι μαθητές αντιμετωπίζουν τη Χημεία στο σχολείο σαν ένα δύσκολο αντικείμενο με αποτέλεσμα να κρατούν αρνητική στάση, ειδικά όσο προχωρούν στην ανώτερη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση.
34	Η αποστροφή πολλών μαθητών της ανώτερης Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης προς τη Χημεία αποκλίνει με τη διάθεση και το ενδιαφέρον των παιδιών αυτής της ηλικίας για την επιστήμη και την τεχνολογία. Η αντίφαση αυτή ίσως εξηγείται επειδή οι μαθητές δε βλέπουν τη σχολική Χημεία σχετική με την καθημερινή ζωή.

35	Η ακριβής ηλεκτρονιακή δομή κάθε ατόμου μπορεί να υπολογισθεί. Επομένως η όλη χημική κανονικότητα του Περιοδικού Συστήματος των στοιχείων μπορεί να εξαχθεί από απλές αρχές.
36	Οι αναδύομενες ιδιότητες είναι νέες ιδιότητες που εμφανίζονται όταν ένα ανώτερο επίπεδο δομικής πολυπλοκότητας σχηματίζεται από συστατικά μέρη κατώτερης πολυπλοκότητας. Η Χημεία αντιπροσωπεύει την «ενσάρκωση» των αναδυομένων ιδιοτήτων.
37	Τα κορίτσια δεν υστερούν σε τίποτα των αγοριών ως προς την επίδοση τους στο μάθημα της Χημείας, ούτε στο βαθμό επιτυχίας τους στις εξετάσεις.
38	Προσεγγίσεις που εντάσσουν στο διδακτικό υλικό θέματα ιδιαίτερου γυναικείου ενδιαφέροντος (κοινωνικά, περιβαλλοντικά, διατροφικά, υγείας, ευζωίας κλπ) έχουν απήχηση στα κορίτσια (αλλά και στα αγόρια) οδηγώντας σε πιο ουσιαστικό περιεχόμενο διδασκαλίας της Χημείας.
39	Ούτε η Βιολογία είναι δυνατόν να αναχθεί πλήρως σε επεξηγηματικά πλαίσια Χημείας, ούτε η Χημεία είναι απλώς «εφαρμοσμένη φυσική».
40	Η χρήση μιας «συστημικής προσέγγισης» στη διδασκαλία και τη μάθηση της Χημείας, όπου όλα τα προς διερεύνηση αντικείμενα βρίσκονται σε ένα σύστημα δηλαδή «...ένα σύνολο πραγμάτων του οποίου τα μέρη βρίσκονται μεταξύ τους σε στενή σχέση αλληλεπίδρασης, αλληλεξάρτησης κ.ά.», μπορεί να διευρύνει τον τρόπο σκέψης των μαθητών αυξάνοντας τις δυνατότητες τους να αντιμετωπίζουν σφαιρικά και ολιστικά τα ζητήματα.
41	Οι νόμοι της Φυσικής και της Χημείας δεν προβλέπουν την εμφάνιση της ζωής, όπως τα συστατικά στοιχεία του βενζολίου δεν προβλέπουν την αρωματικότητα των μορίων του και ο αριθμός, το είδος και οι ιδιότητες των αμινοξέων της μυσσφαιρίνης και της αιμοσφαιρίνης δεν προβλέπουν τις διαφορές στη λειτουργικότητα τους.
42	Το μάθημα της Χημείας με χρήση της «συστημικής προσέγγισης» μπορεί να γίνει σε σχέση με την καθημερινή ζωή και τα ενδιαφέροντα των μαθητών καθιστώντας το περισσότερο ελκυστικό.

ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΠΙΛΟΤΙΚΗΣ ΦΑΣΗΣ							
α/α Β	Θεματική ενότητα	α/α Α	Συνολικός βαθμός κριτών	Μέσος όρος επί συνόλου κριτών	Ποσοστό % βαθμού επί συνόλου κριτών	Αριθμός κριτή	Χρόνος βαθμολόγης σε min
1	A1	3	104	4,0	80,0	1	30
2	A2	8	108	4,2	83,1	2	30
3	A3	9	124	4,8	95,4	3	30
4	A4	10	78	3,0	60,0	4	25
5	A5	14	100	3,8	76,9	5	65
6	A6	15	122	4,7	93,8	6	
7	A7	18	112	4,3	86,2	7	25
10	B1	2	78	3,0	60,0	8	25
11	B2	4	82	3,2	63,1	9	30
12	B3	5	124	4,8	95,4	10	80
14	B5	13	66	2,5	50,8	11	50
15	B6	23	106	4,1	81,5	12	120
17	B8	17	50	1,9	38,5	13	
18	B9	20	98	3,8	75,4	14	30
19	B10	22	65	2,5	50,0	15	75
20	B11	27	91	3,5	70,0	16	25
21	B12	28	88	3,4	67,7	17	30
22	B13	31	116	4,5	89,2	18	40
26	B17	38	82	3,2	63,1	19	29
27	B18	40	96	3,7	73,8	20	30
28	B19	42	101	3,9	77,7	21	25
29	Γ1	1	110	4,2	84,6	22	50
31	Γ3	11	81	3,1	62,3	23	120
32	Γ4	12	85	3,3	65,4	24	15
33	Γ5	25	93	3,6	71,5	25	40
34	Γ6	26	81	3,1	62,3	26	20
36	Γ8	29	85	3,3	65,4		
37	Γ9	30	89	3,4	68,5		
38	Γ10	32	67	2,6	51,5		
39	Γ11	35	75	2,9	57,7		
40	Γ12	36	91	3,5	70,0		
42	Γ14	41	98	3,8	75,4		
			αριθμός κριτών	3,5	70,8	Μέσος όρος	43.3
			26	Μέσος όρος επί συνόλου κριτών			

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΣΕ ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ						
α/α Β	Θεματική ενότητα	Αριθμός κριτών επί συνόλου	Ποσοστό %	Άλλες επιλογές των κριτών	Αριθμός κριτών	Ποσοστό %
1	A1	21	80,8	Β, Γ	5	19,2
2	A2	23	88,5	Γ	3	11,5
3	A3	22	84,6	Γ	4	15,4
4	A4	20	76,9	Γ	6	23,1
5	A5	24	92,3	Γ	2	7,7
6	A6	23	88,5	Γ	3	11,5
7	A7	21	80,8	Β, Γ	5	19,2
8	A8	13	50,0	Β, Γ	13	50,0
9	A9	15	57,7	Β, Γ	11	42,3
10	B1	23	88,5	Α, Γ	3	11,5
11	B2	19	73,1	Α, Γ	7	26,9
12	B3	22	84,6	Α, Γ	4	15,4
13	B4	15	57,7	Α, Γ	11	42,3
14	B5	25	96,2	Α	1	3,8
15	B6	23	88,5	Α, Γ	3	11,5
16	B7	24	92,3	Α	2	7,7
17	B8	21	80,8	Α, Γ	5	19,2
18	B9	24	92,3	Γ	2	7,7
19	B10	20	76,9	Α, Γ	6	23,1
20	B11	25	96,2	Α	1	3,8
21	B12	24	92,3	Γ	2	7,7
22	B13	25	96,2	Α	1	3,8
23	B14	13	50,0	Α, Γ	13	50,0
24	B15	12	46,2	Α, Γ	14	53,8
25	B16	11	42,3	Α, Γ	15	57,7
26	B17	16	61,5	Α, Γ	10	38,5
27	B18	19	73,1	Α, Γ	7	26,9
28	B19	21	80,8	Α, Γ	5	19,2
29	Γ1	25	96,2	Α	1	3,8
30	Γ2	14	53,8	Α, Β	12	46,2
31	Γ3	23	88,5	Β	3	11,5
32	Γ4	24	92,3	Β	2	7,7
33	Γ5	24	92,3	Α	2	7,7
34	Γ6	24	92,3	Α	2	7,7
35	Γ7	22	84,6	Α, Β	4	15,4
36	Γ8	22	84,6	Α, Β	4	15,4
37	Γ9	24	92,3	Α	2	7,7
38	Γ10	23	88,5	Α	3	11,5
39	Γ11	16	61,5	Α, Β	10	38,5
40	Γ12	24	92,3	Α, Β	2	7,7
41	Γ13	22	84,6	Α, Β	4	15,4
42	Γ14	20	76,9	Α, Β	6	23,1
Μ.Ο.	79,8	Μ.Ο. - 1σ	64,3	αριθμός κριτών	26	20,2

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΠΙΛΟΤΙΚΗΣ ΦΑΣΗΣ							
α/α Β	Θεματική ενότητα	Χαρακτηρισμός	Αριθμός κριτών	Ποσοστό % επί συνόλου κριτών	Χαρακτηρισμός	Αριθμός κριτών	Ποσοστό % επί συνόλου κριτών
1	A1	ενδιαφέρουσα	22	84,6	περιττή	4	15,4
2	A2	ενδιαφέρουσα	25	96,2	περιττή	1	3,8
3	A3	ενδιαφέρουσα	20	76,9	περιττή	6	23,1
4	A4	ενδιαφέρουσα	20	76,9	περιττή	6	23,1
5	A5	ενδιαφέρουσα	24	92,3	περιττή	2	7,7
6	A6	ενδιαφέρουσα	24	92,3	περιττή	2	7,7
7	A7	ενδιαφέρουσα	22	84,6	περιττή	4	15,4
8	A8	ενδιαφέρουσα	23	88,5	περιττή	3	11,5
9	A9	ενδιαφέρουσα	22	84,6	περιττή	4	15,4
10	B1	ενδιαφέρουσα	25	96,2	περιττή	1	3,8
11	B2	ενδιαφέρουσα	23	88,5	περιττή	3	11,5
12	B3	ενδιαφέρουσα	25	96,2	περιττή	1	3,8
13	B4	ενδιαφέρουσα	23	88,5	περιττή	3	11,5
14	B5	ενδιαφέρουσα	24	92,3	περιττή	2	7,7
15	B6	ενδιαφέρουσα	18	69,2	περιττή	8	30,8
16	B7	ενδιαφέρουσα	16	61,5	περιττή	10	38,5
17	B8	ενδιαφέρουσα	21	80,8	περιττή	5	19,2
18	B9	ενδιαφέρουσα	22	84,6	περιττή	4	15,4
19	B10	ενδιαφέρουσα	22	84,6	περιττή	4	15,4
20	B11	ενδιαφέρουσα	24	92,3	περιττή	2	7,7
21	B12	ενδιαφέρουσα	23	88,5	περιττή	3	11,5
22	B13	ενδιαφέρουσα	21	80,8	περιττή	5	19,2
23	B14	ενδιαφέρουσα	26	100,0	περιττή	0	0,0
24	B15	ενδιαφέρουσα	19	73,1	περιττή	7	26,9
25	B16	ενδιαφέρουσα	19	73,1	περιττή	7	26,9
26	B17	ενδιαφέρουσα	26	100,0	περιττή	0	0,0
27	B18	ενδιαφέρουσα	25	96,2	περιττή	1	3,8
28	B19	ενδιαφέρουσα	23	88,5	περιττή	3	11,5
29	Γ1	ενδιαφέρουσα	23	88,5	περιττή	3	11,5
30	Γ2	ενδιαφέρουσα	20	76,9	περιττή	6	23,1
31	Γ3	ενδιαφέρουσα	21	80,8	περιττή	5	19,2
32	Γ4	ενδιαφέρουσα	21	80,8	περιττή	5	19,2
33	Γ5	ενδιαφέρουσα	21	80,8	περιττή	5	19,2
34	Γ6	ενδιαφέρουσα	23	88,5	περιττή	3	11,5
35	Γ7	ενδιαφέρουσα	19	73,1	περιττή	7	26,9
36	Γ8	ενδιαφέρουσα	22	84,6	περιττή	4	15,4
37	Γ9	ενδιαφέρουσα	21	80,8	περιττή	5	19,2
38	Γ10	ενδιαφέρουσα	19	73,1	περιττή	7	26,9
39	Γ11	ενδιαφέρουσα	23	88,5	περιττή	3	11,5
40	Γ12	ενδιαφέρουσα	24	92,3	περιττή	2	7,7
41	Γ13	ενδιαφέρουσα	24	92,3	περιττή	2	7,7
42	Γ14	ενδιαφέρουσα	23	88,5	περιττή	3	11,5
	Μέσος όρος	σύνολο κριτών	26	85,3			14,7

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΣΧΟΛΙΑ/ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΕΠΙ ΤΩΝ 42 ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ

α/α Α	ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΩΝ	ΠΡΟΤ ΑΣΕΙΣ	Θεμα τική ενότητα Ποσο στό %	Ενδιαφ έρον Ποσοσ τό %	Μ.Ο. επί συνό λου κριτ ών	Α Π Ο Ρ Ρ Ι Ψ Η
3	Ανάπτυξη της οικονομίας της γνώσης: Η γνώση αποτελεί βασικό πλουτοπαραγωγικό πόρο. Η ικανότητα κατάκτησης, διαχείρισης και εμπλουτισμού της γνώσης θα αποτελέσει την αιχμή του ανταγωνισμού για τη νέα χιλιετία.	A1	80,8	84,6	4,0	
8	Τα κρίσιμα ζητήματα του 21ου αιώνα είναι συνδεδεμένα με τις Φ.Ε. και την Τεχνολογία. Ενδεικτικός είναι ο πολυσχιδής ρόλος της Χημείας στην υγεία, στη διατροφή, στο περιβάλλον, στην ποιότητα της ζωής, στην έρευνα και την ανάπτυξη, στην παραγωγή και την ενέργεια.	A2	88,5	96,2	4,2	
9	Τα ζητήματα της ενέργειας, του περιβάλλοντος και των καυσίμων είναι αλληλένδετα κι έχουν κοινωνικές, πολιτικές και οικονομικές προεκτάσεις.	A3	84,6	76,9	4,8	
10	Ο κόσμος θα συνεχίσει να δίνει έμφαση στην οικονομική ανάπτυξη και στη δημιουργία νέων θέσεων απασχόλησης ακόμα κι αν αυτό επιβαρύνει την περιβαλλοντική ισορροπία.	A4	76,9	76,9	3,0	
	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Αόριστος ο χρονικός ορίζοντας (Α.Α.)					
14	Η επιστημονική και τεχνολογική εξέλιξη μπορεί να οδηγήσει στην επίλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, παράλληλα με την οικονομική ανάπτυξη.	A5	92,3	92,3	3,8	
	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Είναι πολύ επικίνδυνο να υιοθετήσουμε μια τέτοια πρόταση χωρίς προϋποθέσεις, αλλά ούτε και να υποτιμήσουμε την ανάπτυξη της τεχνολογίας. Όσο για την οικονομική ανάπτυξη, ας δούμε ποιος μπορεί να βάλει όρια π.χ. στην Κίνα. (Α.Τ.)					
15	Το πρόβλημα των εναλλακτικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ένα από τα κυριότερα ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπίσει η ανθρωπότητα τις προσεχείς δεκαετίες.	A6	88,5	92,3	4,7	

	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Οι ερωτήσεις 8, 9, 10, 14, 15 μπορεί να υπαχθούν σε μια κατηγορία σύνδεσης της κοινωνίας με την επιστήμη (που στη συνέχεια θα εκφράζεται και στην εκπαίδευση). (Α.Τ.)					
18	Η ανώτερη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση οφείλει να παρέχει στους αυριανούς πολίτες τη δυνατότητα κατανόησης των πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων μεταξύ της Επιστήμης, της Τεχνολογίας, της Κοινωνίας και του Περιβάλλοντος, ώστε να μπορούν να παίρνουν θέση σε ζητήματα κοινωνικού, οικονομικού και περιβαλλοντικού προβληματισμού.	A7	80,8	84,6	4,3	
21	Η σύγχρονη αντίληψη για την επίλυση μεγάλων προβλημάτων απαιτεί ολιστική προσέγγιση και διεπιστημονική συνεργασία. Όμως το πρόγραμμα σπουδών των Φ.Ε. στην ανώτερη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση είναι σήμερα σε μεγάλο βαθμό κατακερματισμένο και αποσπασματικό με αποτέλεσμα την έλλειψη ενιαίου οράματος, γεγονός που το κάνει μη ελκυστικό σε πολλούς μαθητές.	A8	50,0	88,5	3,5	ΝΑΙ
	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Τι σημαίνει ολιστική προσέγγιση; Σε τι διαφέρει από την διαθεματική προσέγγιση; (Γ.Τ.)					
24	Το πρόγραμμα και το περιεχόμενο σπουδών των Φ.Ε. της ανώτερης Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης αντιμετωπίζουν την πρόκληση να ανταποκριθούν σε δύο διαφορετικού είδους απαιτήσεις. Το καλά θεμελιωμένο μέρος, το οποίο απαιτείται για εκείνους που θέλουν να ακολουθήσουν σταδιοδρομία στις θετικές επιστήμες και το ευρύ μέρος γενικής παιδείας, απαραίτητο για κάθε ενημερωμένο πολίτη.	A9	57,7	84,6	4,2	ΝΑΙ
2	Οι Φ.Ε. είναι καλύτερο να διδάσκονται σαν ένα ενιαίο αντικείμενο σε όλες τις βαθμίδες της σχολικής εκπαίδευσης (Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας).	B1	88,5	96,2	3,0	
	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Ίσως κάποιος να θέλει να ξεχωρίσει τα μαθήματα σε επίπεδο εξειδίκευσης δηλαδή στις κατευθύνσεις. Η συμφωνία μου περιλαμβάνει τη γενική παιδεία. (Α.Τ.)					

4	Τα καλύτερα επιχειρήματα, για να διδάσκονται οι Φ.Ε. αναλυτικά ανά αντικείμενο, εδράζονται στην ανάγκη για υψηλό ακαδημαϊκό επίπεδο αλλά και στην πρακτική διευκόλυνση της οργάνωσης και λειτουργίας του σχολικού προγράμματος και της απασχόλησης των εκπαιδευτικών σε αντικείμενα που γνωρίζουν καλά.	B2	73,1	88,5	3,2	
5	Στις τελευταίες τάξεις του Λυκείου στη Θετική/Τεχνολογική Κατεύθυνση είναι καλύτερο να διδάσκονται οι Φ.Ε. αναλυτικά ανά αντικείμενο από έμπειρους καθηγητές ειδικότητας.	B3	84,6	96,2	4,8	
7	Η διδασκαλία των Φ.Ε. διαθεματικά, σε σχέση με το ευρύτερο πλαίσιο, βοηθά τους μαθητές να δουν και να εκτιμήσουν πιο καθαρά τη σύνδεση μεταξύ των Φ.Ε. που μελετούν και της καθημερινής ζωής.	B4	57,7	88,5	3,9	ΝΑΙ
13	Οι Φ.Ε. είναι καλύτερο να διδάσκονται στη σύγχρονη τους μορφή και περιεχόμενο και να μην επιβαρύνονται οι μαθητές με θέματα ιστορικής σημασίας.	B5	96,2	92,3	2,5	
	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Είναι και θέμα συνθηκών, χρόνου γι' αυτό είμαι μετριοπαθής. (Α.Τ.)					
23	Για την αποτελεσματική διδασκαλία των Φ.Ε. πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι αντιλήψεις των μαθητών για τις ανάγκες τους καθώς και οι εναλλακτικές «ιδέες» και οι παρανοήσεις που έχουν ήδη διαμορφώσει και απαιτείται επιστημολογική ρήξη για την ανασκευή, την αναπλαισίωση και την αλλαγή τους.	B6	88,5	69,2	4,1	
	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Δυο διαφορετικά θέματα / να σπάσει σε δυο προτάσεις. (Γ.Τ.)					
16	Ο κύριος στόχος και επιδίωξη της διδασκαλίας της Χημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση πρέπει να είναι η ορθολογική κατανόηση του αντικειμένου.	B7	92,3	61,5	3,2	ΝΑΙ
17	Το περιεχόμενο της σχολικής Χημείας πρέπει να περιλαμβάνει κυρίως θεωρίες και νόμους.	B8	80,8	80,8	1,9	
20	Το περιεχόμενο της σχολικής Χημείας πρέπει να περιλαμβάνει κυρίως επιστημονική μεθοδολογία, τεχνικές/δεξιότητες πειραματισμού και τον χειρισμό/αξιολόγηση παρατηρήσεων και πειραματικών δεδομένων.	B9	92,3	84,6	3,8	

	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Τι άλλο μένει; ήδη αυτά είναι υπεραρκετά. (Γ.Τ.)					
22	Οι μαθητές είναι σε θέση να ελέγξουν διαφορετικές παραμέτρους και μεταβλητές σε μια ακαθοδήγητη από τη θεωρία πειραματική διαδικασία, να πραγματοποιήσουν συστηματική συλλογή παρατηρήσεων για ένα «ανοικτού τύπου» πρόβλημα χωρίς προσχεδιασμένη και αναμενόμενη κατάληξη και να προχωρήσουν στην εξαγωγή γενικών υποθέσεων στη βάση μόνον των πειραματικών δεδομένων.	B10	76,9	84,6	2,5	
	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Πολύπλοκη/σύνθετη πρόταση (να απλοποιηθεί) (Γ.Τ.)					
27	Η χρήση υπολογιστών στη διδασκαλία της Χημείας κινητοποιεί το ενδιαφέρον των μαθητών. Ειδικά φαίνεται να εκτιμούν το ότι ελέγχουν οι ίδιοι αυτά που μαθαίνουν.	B11	96,2	92,3	3,5	
28	Η χρήση υπολογιστών στη διδασκαλία της Χημείας ενέχει τον κίνδυνο παρανοήσεων και λαθών, ή εύκολων και βιαστικών συμπερασμάτων, αφού οι δυνατότητες διερεύνησης καθορίζονται και περιορίζονται σε όσα έχουν εκ των προτέρων προβλεφθεί και συμπεριληφθεί στο λογισμικό.	B12	92,3	88,5	3,4	
31	Η χρήση υπολογιστών στη διδασκαλία της Χημείας επιτρέπει στους μαθητές να αποκτήσουν εποπτεία για φαινόμενα που η κλίμακα μεγέθους (μικρόκοσμος, μακρόκοσμος), η χρονική διάρκεια ή η επικινδυνότητα δεν επιτρέπουν την αναπαράστασή τους στην τάξη ή στο σχολικό εργαστήριο.	B13	96,2	80,8	4,5	
	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Μπορεί να ισχύουν και οι δύο περιπτώσεις ανάλογα με τη χρήση των υπολογιστών γι' αυτό τοποθετούμαι ανάλογα. (Α.Τ.). Ναι σε όλα (Γ.Τ.)					
33	Οι μαθητές αντιμετωπίζουν τη Χημεία στο σχολείο σαν ένα δύσκολο αντικείμενο με αποτέλεσμα να κρατούν αρνητική στάση, ειδικά όσο προχωρούν στην ανώτερη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση.	B14	50,0	100,0	3,8	ΝΑΙ
	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Ασαφής. (Κ.Κ.).					

34	Η αποστροφή πολλών μαθητών της ανώτερης Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης προς τη Χημεία αποκλίνει με τη διάθεση και το ενδιαφέρον των παιδιών αυτής της ηλικίας για την επιστήμη και την τεχνολογία. Η αντίφαση αυτή ίσως εξηγείται επειδή οι μαθητές δε βλέπουν τη σχολική Χημεία σχετική με την καθημερινή ζωή.	B15	46,2	73,1	3,5	NAI
	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Ασαφής. (Κ.Κ.). Ίσως εξηγείται και αλλιώς, π.χ. τρόπος διδασκαλίας. (Γ.Τ)					
37	Τα κορίτσια δεν υστερούν σε τίποτα των αγοριών ως προς την επίδοση τους στο μάθημα της Χημείας, ούτε στο βαθμό επιτυχίας τους στις εξετάσεις.	B16	42,3	73,1	4,6	NAI
	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: (?) Εξαρτάται από διαφορές παραμέτρους. (Γ.Τ.)					
38	Προσεγγίσεις που εντάσσουν στο διδακτικό υλικό θέματα ιδιαίτερου γυναικείου ενδιαφέροντος (κοινωνικά, περιβαλλοντικά, διατροφικά, υγείας, ευζωίας κλπ) έχουν απήχηση στα κορίτσια (αλλά και στα αγόρια) οδηγώντας σε πιο ουσιαστικό περιεχόμενο διδασκαλίας της Χημείας.	B17	61,5	100,0	3,2	
	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Περιττή. Δεν καταλαβαίνω το διαχωρισμό "θέματα για κορίτσια". (Α.Τ.). Αφού έχουν απήχηση και στα αγόρια, ποιο το ζητούμενο; (Γ.Τ.). Η 38 είναι ασαφής ως προς ποια είναι «θέματα ιδιαίτερου γυναικείου ενδιαφέροντος». Αυτά τουλάχιστον που αναφέρονται δεν είναι αποκλειστικά τέτοια. (Σ.Α.)					
40	Η χρήση μιας «συστημικής προσέγγισης» στη διδασκαλία και τη μάθηση της Χημείας, όπου όλα τα προς διερεύνηση αντικείμενα βρίσκονται σε ένα σύστημα δηλαδή «...ένα σύνολο πραγμάτων του οποίου τα μέρη βρίσκονται μεταξύ τους σε στενή σχέση αλληλεπίδρασης, αλληλεξάρτησης κ.ά.», μπορεί να διευρύνει τον τρόπο σκέψης των μαθητών αυξάνοντας τις δυνατότητες τους να αντιμετωπίζουν σφαιρικά και ολιστικά τα ζητήματα.	B18	73,1	96,2	3,7	
	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Πολύπλοκη/σύνθετη/ασαφής πρόταση. Να εξηγηθεί με παραδείγματα (Γ.Τ). Οι 40 και 42 είναι σχετικά δυσνόητες. Ο όρος «συστημική προσέγγιση» δεν είναι πολύ καλά κατανοητός με βάση την επεξήγησή του (που μάλλον είναι δανεισμένη από το					

	νέο ΔΕΠΠΣ για το Γυμνάσιο). (Σ.Α.)					
42	Το μάθημα της Χημείας με χρήση της «συστημικής προσέγγισης» μπορεί να γίνει σε σχέση με την καθημερινή ζωή και τα ενδιαφέροντα των μαθητών καθιστώντας το περισσότερο ελκυστικό.	B19	80,8	88,5	3,9	
	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Ασαφής. (Κ.Κ.). Η «συστημική προσέγγιση» ασαφής (βλ. παραπάνω). (Γ.Τ.)					
1	Η σχετική με τις Φ.Ε. γνώση έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, με την έννοια ότι οδηγεί σε ένα συστηματικό τρόπο σκέψης που αποπειράται μια αντικειμενική περιγραφή της Φύσης.	Γ1	96,2	88,5	4,2	
	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Κάθε γνωστικό αντικείμενο έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και απαιτεί συστηματικό τρόπο σκέψης. (Γ.Τ.)					
6	Η σχετική με τις Φ.Ε. γνώση έχει ιδιαίτερη αξία επειδή είναι πρακτικά χρήσιμη.	Γ2	53,8	76,9	3,3	ΝΑΙ
11	Η επιστημονική μέθοδος συνίσταται στη συλλογή παρατηρήσεων και πειραματικών δεδομένων για ένα πρόβλημα και την διατύπωση γενικευμένων υποθέσεων.	Γ3	88,5	80,8	3,1	
12	Η επιστημονική μέθοδος συνίσταται στον έλεγχο των θεωρητικών προβλέψεων σε σχέση με τα πειραματικά αποτελέσματα.	Γ4	92,3	80,8	3,3	
	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Ενδιαφέρουσα από την άποψη να δούμε τις σχετικές γνώμες και των άλλων. (Γ.Τ.)					
25	Ανάμεσα σε δύο ανταγωνιστικές επιστημονικές θεωρίες η επικρατέστερη προκύπτει μετά από κριτικό έλεγχο και από τη συναίνεση της επιστημονικής κοινότητας.	Γ5	92,3	80,8	3,6	
26	Οι παρατηρήσεις δεν μπορούν να αποτελέσουν αντικειμενικό κριτήριο στην επιλογή μεταξύ θεωριών, γιατί εξαρτώνται από την προηγούμενη γνώση.	Γ6	92,3	88,5	3,1	
19	Ανάμεσα σε δύο ανταγωνιστικές επιστημονικές θεωρίες η καλύτερη είναι εκείνη που δίνει τα πιο χρήσιμα και αξιοποιήσιμα αποτελέσματα.	Γ7	84,6	73,1	2,7	

	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Δεν θα μπορούσε να διαφωνήσει κανείς λόγω ασάφειας των όρων 'χρήσιμο' και 'αξιοποιήσιμο'. Σύγκρινε: 'χρήσιμο για περαιτέρω επιστημονική έρευνα', 'χρήσιμο για τεχνολογικές εφαρμογές', 'χρήσιμο για πρόβλεψη', κ.λπ. (Α.Α.). Ίσως μια άλλη διατύπωση να είναι : ...που ανοίγει πιο γόνιμο ερευνητικό πεδίο. (Α.Τ.)					
29	Η νέα επιστημονική γνώση προκύπτει κυρίως μέσω της συσσώρευσης νέων πειραματικών δεδομένων και παρατηρήσεων.	Γ8	84,6	84,6	3,3	
30	Η νέα επιστημονική γνώση είτε εντάσσεται στο υπάρχον πλαίσιο, γνωστό και ως «Παράδειγμα», είτε παράγει ένα νέο πλαίσιο ασύμμετρο και ασύμβατο με το παλιό.	Γ9	92,3	80,8	3,4	
	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Μολονότι είναι σαφής η αναφορά που «ευθύνεται» για τη διατύπωση, η ταυτόχρονη χρήση των όρων 'ασύμβατο' και 'ασύμμετρο' στο εν λόγω πλαίσιο μπορεί να οδηγήσει –και έχει οδηγήσει- σε σύγχυση. (Α.Α.)					
32	Οι θεμελιώδεις επιστήμες της φύσης ιεραρχούνται κλασικά ως εξής: Φυσική, Χημεία και Βιολογία. Οντολογικά και επιστημολογικά η Βιολογία μπορεί να αναχθεί στη Χημεία και η Χημεία στη Φυσική.	Γ10	88,5	73,1	2,6	
	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Θα ήταν ενδιαφέρον να έχετε κανείς ξεχωριστά τα ζητήματα οντολογικής και επιστημολογικής αναγωγής. (Α.Α.). Εν μέρει ναι, εν μέρει όχι . (Γ.Τ.)					
35	Η ακριβής ηλεκτρονιακή δομή κάθε ατόμου μπορεί να υπολογισθεί. Επομένως η όλη χημική κανονικότητα του Περιοδικού Συστήματος των στοιχείων μπορεί να εξαχθεί από απλές αρχές.	Γ11	61,5	88,5	2,9	ΝΑΙ

	<p>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Πρόκειται για επιχείρημα. Επομένως δεν θα είναι σαφές ποιο είναι το ενδεχόμενο σημείο διαφωνίας. Π.χ., η περιγραφή ενός φαινόμενου μπορεί να βασίζεται σε λίγες απλές αρχές (λ.χ., μια εξίσωση) αλλά η λύση του αντίστοιχου προβλήματος να μην είναι υπολογίσιμη ή αναλυτικά εκφράσιμη. Σε τέτοιες ερωτήσεις δεν θα είναι σαφές αν κάποιος διαφωνεί με κάποια από τις προκείμενες ή με το ότι οι προκείμενες στηρίζουν επαρκώς το συμπέρασμα. (Α.Α.). Ασαφής. (Κ.Κ.). Καταρχήν μόνο για το άτομο του υδρογόνου (+ σχετικιστική κβαντομηχανική), για τα άλλα άτομα προσεγγιστικά. Οποσδήποτε χρειάζονται και πειραματικά δεδομένα: το υδρογόνο έχει ένα ηλεκτρόνιο και ένα πρωτόνιο κ.ο.κ. (Γ.Τ)</p>					
36	<p>Οι αναδυόμενες ιδιότητες είναι νέες ιδιότητες που εμφανίζονται όταν ένα ανώτερο επίπεδο δομικής πολυπλοκότητας σχηματίζεται από συστατικά μέρη κατώτερης πολυπλοκότητας. Η Χημεία αντιπροσωπεύει την «ενσάρκωση» των αναδυομένων ιδιοτήτων.</p>	Γ12	92,3	92,3	3,5	
	<p>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Ασαφής. (Κ.Κ.). Οι προτάσεις 35 και 36 δεν φαίνεται να ταιριάζουν θεματικά με τις υπόλοιπες προτάσεις. Μάλλον αφορούν αποκλειστικά την επιστήμη της χημείας. Τέτοια όμως κατηγορία δεν αναφέρεται στο εισαγωγικό κείμενο. (Σ.Α.). Συμφωνώ ότι «δείχνεις» τον αναγωγισμό, αλλά μήπως η βιολογία είναι πολύ πιο εύλωτη στο θέμα αυτό. Ξέρω ότι το λένε και άλλοι, αλλά ίσως να μην είναι τόσο εμφανής η ανάδυση των νέων ιδιοτήτων στη χημεία όσο είναι στη βιολογία. (Α.Τ.).</p>					
39	<p>Ούτε η Βιολογία είναι δυνατόν να αναχθεί πλήρως σε επεξηγηματικά πλαίσια Χημείας, ούτε η Χημεία είναι απλώς «εφαρμοσμένη φυσική».</p>	Γ13	84,6	92,3	4,0	
	<p>ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Ασαφής. (Κ.Κ.).</p>					
41	<p>Οι νόμοι της Φυσικής και της Χημείας δεν προβλέπουν την εμφάνιση της ζωής, όπως τα συστατικά στοιχεία του βενζολίου δεν προβλέπουν την αρωματικότητα των μορίων του και ο αριθμός, το είδος και οι ιδιότητες των αμινοξέων της μυοσφαιρίνης και της</p>	Γ14	76,9	88,5	3,8	ΝΑΙ

	αιμοσφαιρίνης δεν προβλέπουν τις διαφορές στη λειτουργικότητα τους.					
	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ: Ασαφής. (Κ.Κ.).					
		M.O.	79,8	85,3	3,6	

ΜΕΡΙΚΕΣ ΓΕΝΙΚΕΣ ΚΡΙΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΠΙΛΟΤΙΚΗ ΦΑΣΗ

Παρατίθενται κρίσεις και σχόλια από:

1) Γ. Τ. (Καθηγητή Α.Ε.Ι. στη Διδακτική της Χημείας)

1. Το θέμα φαίνεται ενδιαφέρον και αρκετά σύνθετο/φιλόδοξο. Επειδή όμως πολλές από τις προτάσεις σου φαίνονται αρκετά οικείες, θα πρέπει να έχεις κάνει εξονυχιστικό ψάξιμο της βιβλιογραφίας, ώστε αυτό που κάνεις να είναι πρωτότυπο σε παγκόσμια κλίμακα.
2. Η έρευνα είναι ποσοτική. Χρειάζεσαι επομένως μεγάλο αριθμό απαντήσεων. Ποιοι θα απαντήσουν; καθηγητές γυμνασίων και λυκείων; καθηγητές πανεπιστημίου; Καλό θα ήταν να συνόδευες την έρευνα και με ποιοτικό μέρος (με προφορικές συνεντεύξεις με μικρό μέρος υποκειμένων που θα αντιπροσωπεύουν διαμετρικά αντίθετες και ενδιάμεσες απόψεις).
3. Ελπίζω οι κρίσεις που θα συγκεντρώσεις να συμβάλουν στην ουσιαστική βελτίωση του ερωτηματολογίου.

2) Α. Α. (Καθηγητή Α.Ε.Ι. στο ΑΚΕΔ της ΣΕΜΦΕ του ΕΜΠ)

Ενδιαφέρον. Ωστόσο, μερικές ερωτήσεις (π.χ., Ε35) αφορούν αποδοχή ολόκληρων επιχειρημάτων. Σε τέτοιες ερωτήσεις δεν θα είναι σαφές αν κάποιος διαφωνεί με κάποια από τις προκείμενες ή με το ότι οι προκείμενες στηρίζουν επαρκώς το συμπέρασμα. Επιπλέον μερικές ερωτήσεις είναι αόριστα ή ασαφώς διατυπωμένες.

3) Κ. Κ. (Σύμβουλο Εκπαίδευσης, Διδάκτορα στη Διδακτική της Χημείας.)

1. Ενδιαφέρον ερωτηματολόγιο.
2. Δεν μπορώ να καταλάβω πόσο αξιόπιστα συμπεράσματα βγάζει.

4) Α. Τ. (Σύμβουλο Εκπαίδευσης, Διδάκτορα στη Διδακτική της Χημείας)

1. Είναι πολύ καλό το ερωτηματολόγιο γιατί τοποθετεί τη χημεία 1. ανάμεσα στις άλλες φυσικές επιστήμες προσπαθώντας να αναδείξει τη διαφορετικότητά της 2. στο κοινωνικό της πλαίσιο προσπαθώντας να αναδείξει τις επιρροές της και 3. στο εκπαιδευτικό σύστημα.
2. Γενικά στα επιστημολογικά θέματα είναι δύσκολο να τοποθετηθεί κάποιος αφού οι διάφορες θεωρίες που υπάρχουν έχουν αρκετά ελκυστικά στοιχεία, αλλά καλύπτουν ένα μέρος της πρακτικής που παρατηρείται. Έτσι συχνά τοποθετούμαι στο μέσον.

5) Σ. Κ. (Καθηγητή Α.Ε.Ι. στο Χημικό Τμήμα του ΕΚΠΑ)

1. Ενδιαφέρουσες οι ιδέες που εμπεριέχονται στις προτάσεις..

2. Δεν κατανοώ γιατί γίνεται τόσο συχνή αναφορά στις «θεωρίες όπως και στις «αντικρουόμενες θεωρίες». Αυτό που ισχύει εν γένει είναι ότι όταν υπάρχει ικανός αριθμός πειραματικών δεδομένων γίνεται συνήθως μία πρόταση-θεωρία, η οποία μπορεί να ανασκευασθεί εάν άλλα (νεώτερα αλλά και προγενέστερα) πειραματικά δεδομένα συντείνουν σε κάτι τέτοιο.

6) Σ. Α. (Εκπαιδευτικό, Διδάκτορα Χημείας)

Οι περισσότερες ερωτήσεις είναι ενδιαφέρουσες έως πολύ ενδιαφέρουσες.

7) Μ. Κ. (Εκπαιδευτικό, Διδάκτορα στη Διδακτική της Χημείας)

1. Γενικά οι επιστημολογικές απόψεις επηρεάζουν τον τρόπο διδασκαλίας και γιατί δεν είναι δυνατόν να διαχωριστούν.
2. Θα πρέπει να εμπλουτιστεί και με ερωτήματα που εκφράζουν και άλλες απόψεις. Υπάρχουν και άλλες επιστημολογικές απόψεις πέραν από εκείνη που εκφράζει ο Kuhn.

8) Α. Γ. (Σύμβουλο Εκπαίδευσης, Διδάκτορα στη Διδακτική της Χημείας)

Θεωρώ το ερωτηματολόγιο εξαιρετικά ανεβασμένο ακαδημαϊκά, με λόγο για διανοούμενους μόνο, θα απαντηθεί σε μεγάλο βαθμό εμφορούμενο από προσωπικές – διαφορετικές κοσμοθεωρίες.

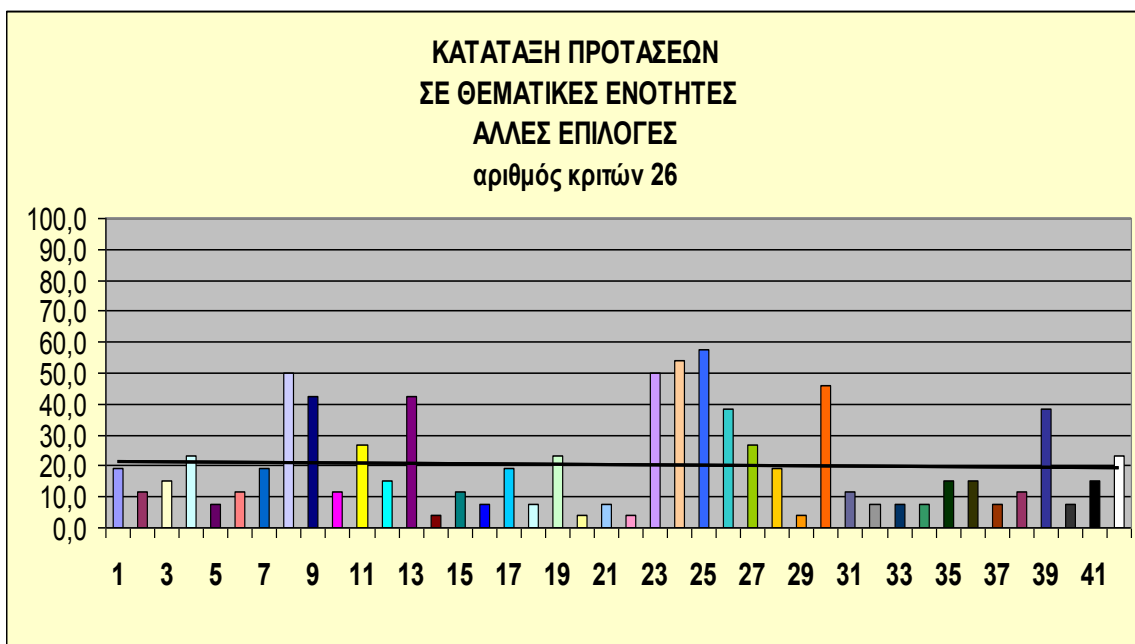
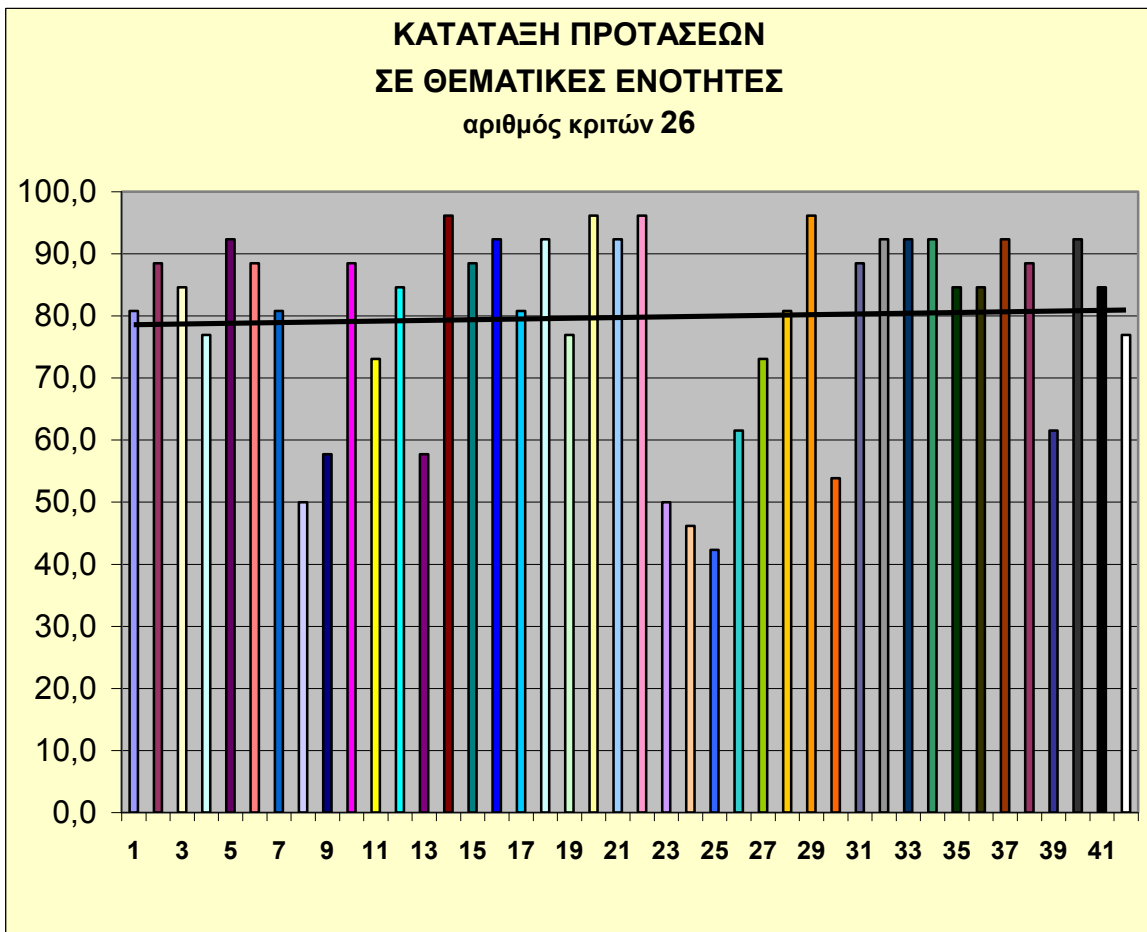
9) Β. Κ. (Καθηγήτρια Α.Ε.Ι. στο Μ.Ι.Θ.Ε. του ΕΚΠΑ)

1. Ως προς τι μπορεί να είναι περιττή μία πρόταση ή ακόμη και ενδιαφέρουσα;
2. Ορισμένες ερωτήσεις είναι ασαφείς: π.χ. τι θα πει «η σχετική με τις ΦΕ γνώση»; Η γνώση που παρέχουν οι ΦΕ ή η γνώση σχετικά με τις ΦΕ;

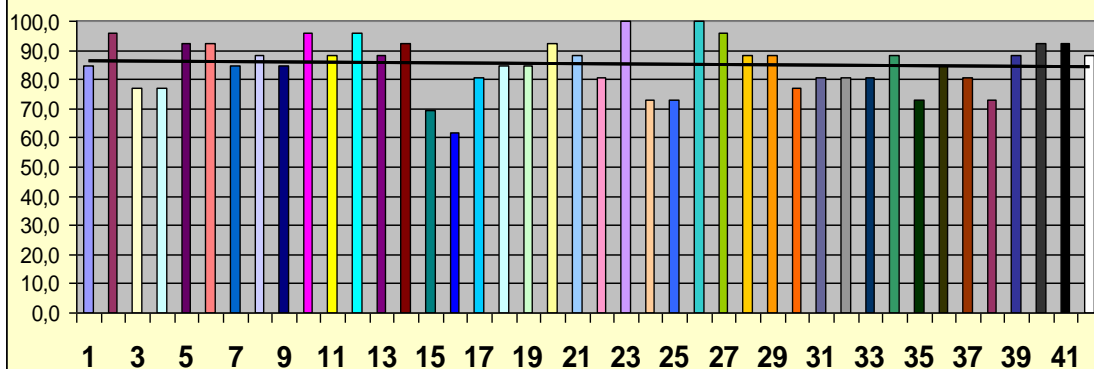
10) Β. Κ. (Υ.Δ., ερευνήτρια στη Σχολή Χημικών Μηχανικών ΕΜΠ)

Οι προτάσεις – ερωτήσεις θίγουν πολλά θεματικά πεδία σε σχέση με τη Χημεία και παραθέτουν αντικρουόμενες απόψεις. Η σύνθεση τους σε συνδυασμό με την υπάρχουσα εμπειρία μπορεί να οδηγήσει σε μία κατά το δυνατόν «αντικειμενική» αποτίμηση της παρούσας και στη διατύπωση ολοκληρωμένων προτάσεων για τη Χημεία στην εκπαίδευση.

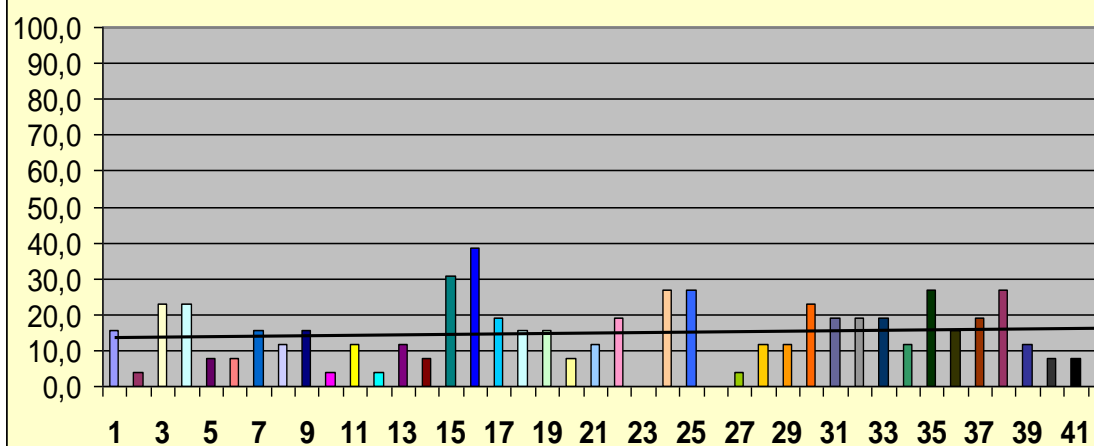
ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΠΙΛΟΤΙΚΗΣ ΦΑΣΗΣ



**ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ
ΩΣ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΥΣΕΣ**
αριθμός κριτών 26

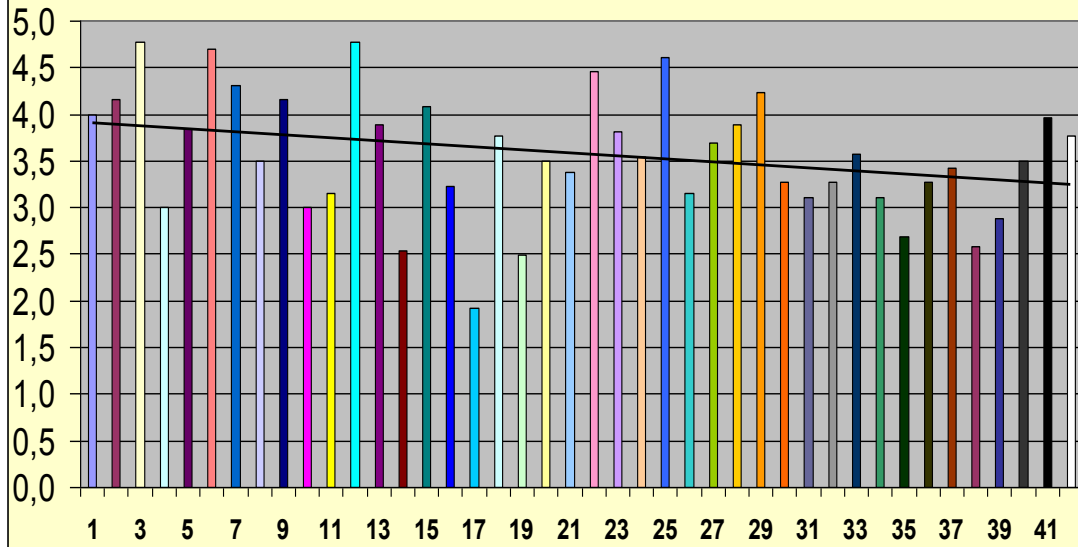


**ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ
ΩΣ ΠΕΡΙΤΤΕΣ**
αριθμός κριτών 26



ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ

αριθμός κριτών 26



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ. ΤΟ ΥΛΙΚΟ ΤΗΣ ΚΥΡΙΑΣ ΦΑΣΗΣ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Αγαπητέ κύριε ή κυρία

Στο πλαίσιο διδακτορικής διατριβής στο ΕΜΠ, στη θεματική περιοχή της Διδακτικής της Χημείας, διεξάγεται έρευνα με σκοπό τη διερεύνηση των συγχρόνων απόψεων των επιστημόνων Χημικών και Χημικών Μηχανικών.

Οι επιστήμονες που συμμετέχουν στην έρευνα κατέχουν υπεύθυνες θέσεις στην Εκπαίδευση, στην κοινωνία, την παραγωγή και την οικονομία και μπορούν να έχουν διαμορφωμένη άποψη απέναντι στα προβλήματα, αλλά και να συμβάλουν και να επηρεάσουν τις τρέχουσες τάσεις και πολιτικές για τη διδασκαλία της Χημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση.

Συνημμένα σας αποστέλλουμε ερωτηματολόγιο κατανεμημένο σε τρεις θεματικές ενότητες. Συγκεκριμένα:

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

Β) Θέματα Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και της Χημείας.

Γ) Θέματα Μεθοδολογίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών και της Χημείας. Βαθμολογείστε, σημειώνοντας τον ανάλογο αριθμό.

1: καθόλου 2: λίγο 3: αρκετά 4: πολύ 5: πλήρως

Η κλίμακα χρησιμοποιείται για να καταγράψει μόνο το βαθμό συμφωνίας με την αντίστοιχη πρόταση και διαβαθμίζεται από την πλήρη διαφωνία «καθόλου» ως την πλήρη συμφωνία «πλήρως».

Σε όλα τα θέματα δίνεται η δυνατότητα να διατυπώσετε, αν θέλετε, εκτός από την επιλογή σας και μια δική σας εναλλακτική πρόταση. Καμία επιλογή ή απάντηση δεν είναι υποχρεωτική, ότι αφηθεί κενό εκλαμβάνεται ως η επιλογή ΔΓ/ΔΑ.

Όσες προτάσεις, από αυτές που θα διατυπωθούν ανεξάρτητα από τον κάθε συμμετέχοντα, συγκεντρώσουν μια αξιόλογη συναίνεση θα προστεθούν στην έρευνα. Αυτή η έρευνα είναι σε μεγάλο βαθμό δική σας.

Ευχαριστούμε εκ των προτέρων για την πολύτιμη συμμετοχή σας.

Μετά τιμής

Ξ. Βαμβακερός

Υ.Γ.1: Τα προσωπικά στοιχεία που σας ζητείται να συμπληρώσετε είναι ανώνυμα και έχουν μόνο στατιστική σημασία στα πλαίσια της έρευνας που διεξάγουμε.

Δίνεται προς συμπλήρωση προαιρετικά και ένα ανεξάρτητο φύλλο επώνυμων Προσωπικών Στοιχείων. Από τη φύση αυτής της έρευνας θα έχει ενδιαφέρον να παρατεθεί στο τέλος της ένας ενδεικτικός κατάλογος συμμετεχόντων. Εννοείται ότι σε καμία περίπτωση δεν θα διασταυρωθούν οι απαντήσεις με τα προσωπικά στοιχεία.

Υ.Γ.2: Αν τα ερωτηματολόγια σας διαβιβαστούν σε ηλεκτρονική μορφή με δισκέτα, cd ή με e-mail, υπάρχουν οι εξής δυνατότητες: α) Τυπώνετε, απαντάτε και τα στέλνετε ταχυδρομικά στη διεύθυνση Ξ. ΒΑΜΒΑΚΕΡΟΣ, ΠΑΝΔΩΡΑΣ 34, 16674 ΓΛΥΦΑΔΑ. β) Τα απαντάτε ηλεκτρονικά και τα στέλνετε με e-mail στις διευθύνσεις xvamvake@central.ntua.gr ή xvamvake@sch.gr Τα αρχεία είναι MSWord 2000. Για να γράψετε μέσα στα ορθογώνια πλαίσια κειμένου ή τους πίνακες απλά τα επιλέγετε με το ποντίκι, κάνετε αριστερό κλικ και μετά γράφετε * ή + για απλές επιλογές και τους αριθμούς 1 ως 5 για βαθμολόγηση. Μετά απλά μετακινείτε το ποντίκι στην επόμενη επιλογή σας, δεν χρειάζεται enter.

Η έρευνα αυτή διεξάγεται στο πλαίσιο διδακτορικής διατριβής στο ΕΜΠ, στη Διδακτική της Χημείας, με σκοπό τη διερεύνηση των συγχρόνων απόψεων των επιστημόνων Χημικών και Χημικών Μηχανικών που κατέχουν υπεύθυνες θέσεις στην Εκπαίδευση, στην κοινωνία, την παραγωγή και την οικονομία και μπορούν να έχουν διαμορφωμένη άποψη απέναντι στα προβλήματα, αλλά και να συμβάλουν και να επηρεάσουν τις τρέχουσες τάσεις και πολιτικές για τη διδασκαλία της Χημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση.

Παρακαλούμε να επιλέξετε και να σημειώσετε το τετράγωνο ή να συμπληρώσετε τις απαντήσεις.

ΠΡΟΣΩΠΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Σπουδές: Χημικός Χημικός Μηχανικός & Μεταπτυχιακό Υ.Δ.

Διδακτορικό

α) Ηλικία : από 22-29 από 30-39 από 40-49 από 50-59 από 60-

β) Φύλο: Άνδρας Γυναίκα

γ) Τόπος Επαγγελματικής απασχόλησης (πόλη ή/και ευρύτερη περιοχή): πχ Αθήνα, Αττική, Κρήτη, Θεσσαλονίκη, Δυτική Μακεδονία κλπ

δ) Επαγγελματική απασχόληση:

Εκπαίδευση		Βιομηχανία & Επιχειρήσεις		
ΑΕΙ ή/και ΕΡΕΥΝΑ		ΠΑΡΑΓΩΓΗ		ΔΗΜΟΣΙΟΣ ΤΟΜΕΑΣ
ΤΕΙ		ΕΡΕΥΝΑ		ΕΛΕΥΘΕΡΟΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΑΣ
ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ		ΠΩΛΗΣΕΙΣ		ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ή/και ΣΥΝΔΙΚΑΛΙΣΤΗΣ
ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ		ΔΙΟΙΚΗΣΗ		ΆΛΛΟ

**Α. ΕΝΟΤΗΤΑ ΘΕΜΑΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ σε σχέση με τις
ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ, την ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ, την ΚΟΙΝΩΝΙΑ και το
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ**

Παρακαλούμε να μελετήσετε τα παρακάτω θέματα και να αποφανθείτε για το βαθμό συμφωνίας σας με την καθεμία πρόταση.

Βαθμολογείστε, σημειώνοντας τον ανάλογο αριθμό.

1: καθόλου **2:** λίγο **3:** αρκετά **4:** πολύ **5:** πλήρως

1) Ανάπτυξη της οικονομίας της γνώσης: Η γνώση αποτελεί βασικό πλουτοπαραγωγικό πόρο. Η ικανότητα κατάκτησης, διαχείρισης και εμπλουτισμού της γνώσης θα αποτελέσει την αιχμή του ανταγωνισμού για τη νέα χιλιετία.

Άλλη πρόταση.....
.....

2) Τα κρίσιμα ζητήματα του 21ου αιώνα είναι συνδεδεμένα με τις Φ.Ε. και την Τεχνολογία. Ενδεικτικός είναι ο πολυσχιδής ρόλος της Χημείας στην υγεία, στη διατροφή, στο περιβάλλον, στην ποιότητα της ζωής, στην έρευνα και την ανάπτυξη, στην παραγωγή και την ενέργεια.

Άλλη πρόταση.....
.....

3) Τα ζητήματα της ενέργειας, του περιβάλλοντος και των καυσίμων είναι αλληλένδετα κι έχουν κοινωνικές, πολιτικές και οικονομικές προεκτάσεις.

Άλλη πρόταση.....
.....

4) Ο κόσμος θα συνεχίσει τις προσεχείς δεκαετίες να δίνει έμφαση στην οικονομική ανάπτυξη και στη δημιουργία νέων θέσεων απασχόλησης ακόμα κι αν αυτό επιβαρύνει την περιβαλλοντική ισορροπία.

Άλλη πρόταση.....
.....

5) Η επιστημονική και τεχνολογική εξέλιξη μπορεί να οδηγήσει στην επίλυση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, παράλληλα με την οικονομική ανάπτυξη.

Άλλη πρόταση.....
.....

6) Το πρόβλημα των εναλλακτικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας είναι ένα από τα κυριότερα ζητήματα που πρέπει να αντιμετωπίσει η ανθρωπότητα τις προσεχείς

δεκαετίες.

Άλλη πρόταση.....
.....

7) Η ανώτερη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση οφείλει να παρέχει στους αυριανούς πολίτες τη δυνατότητα κατανόησης των πολύπλοκων αλληλεπιδράσεων μεταξύ της Επιστήμης, της Τεχνολογίας, της Κοινωνίας και του Περιβάλλοντος, ώστε να μπορούν να παίρνουν θέση σε ζητήματα κοινωνικού, οικονομικού και περιβαλλοντικού προβληματισμού.

Άλλη πρόταση.....
.....

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ Α: Συνοπτικός πίνακας βαθμολογίας.

ΠΡΟΤΑΣΗ	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7
ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ							

B. ΕΝΟΤΗΤΑ ΘΕΜΑΤΩΝ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ

Παρακαλούμε να μελετήσετε τα παρακάτω θέματα και να αποφανθείτε για το βαθμό συμφωνίας σας με την καθεμία πρόταση.

Βαθμολογείστε, σημειώνοντας τον ανάλογο αριθμό.

1: καθόλου **2:** λίγο **3:** αρκετά **4:** πολύ **5:** πλήρως

1) Οι Φ.Ε. είναι καλύτερο να διδάσκονται σαν ένα ενιαίο αντικείμενο σε όλες τις βαθμίδες της σχολικής (Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας) Εκπαίδευσης.

Άλλη πρόταση.....
.....

2) Τα καλύτερα επιχειρήματα, για να διδάσκονται οι Φ.Ε. αναλυτικά ανά αντικείμενο, εδράζονται στην ανάγκη για υψηλό ακαδημαϊκό επίπεδο αλλά και στην πρακτική διευκόλυνση της οργάνωσης και λειτουργίας του σχολικού προγράμματος και της απασχόλησης των εκπαιδευτικών σε αντικείμενα που γνωρίζουν καλά.

Άλλη πρόταση.....
.....

3) Στις τελευταίες τάξεις του Λυκείου στη Θετική/Τεχνολογική Κατεύθυνση είναι καλύτερο να διδάσκονται οι Φ.Ε. αναλυτικά ανά αντικείμενο από έμπειρους καθηγητές ειδικότητας.

Άλλη πρόταση.....
.....

4) Οι Φ.Ε. είναι καλύτερο να διδάσκονται στη σύγχρονη τους μορφή και περιεχόμενο και να μην επιβαρύνονται οι μαθητές με θέματα ιστορικής σημασίας.

Άλλη πρόταση.....
.....

5) Για την αποτελεσματική διδασκαλία των Φ.Ε. πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι εναλλακτικές «ιδέες» των μαθητών και οι παρανοήσεις που έχουν ήδη διαμορφώσει και απαιτείται επιστημολογική ρήξη για την ανασκευή, την αναπλαισίωση και την αλλαγή τους.

Άλλη πρόταση.....
.....

6) Το περιεχόμενο της σχολικής Χημείας πρέπει να περιλαμβάνει κυρίως θεωρίες και νόμους.

Άλλη πρόταση.....
.....

7) Η σχολική Χημεία πρέπει να περιλαμβάνει κυρίως επιστημονική μεθοδολογία, τεχνικές/δεξιότητες πειραματισμού και τον χειρισμό/αξιολόγηση παρατηρήσεων και πειραματικών δεδομένων.

Άλλη πρόταση.....
.....

8) Οι μαθητές είναι σε θέση να ελέγξουν διαφορετικές παραμέτρους και μεταβλητές σε μια ακαθοδήγητη από τη θεωρία πειραματική διαδικασία, να πραγματοποιήσουν συστηματική συλλογή παρατηρήσεων για ένα «ανοικτού τύπου» πρόβλημα χωρίς προσχεδιασμένη και αναμενόμενη κατάληξη και να προχωρήσουν στην εξαγωγή γενικών υποθέσεων στη βάση μόνον των πειραματικών δεδομένων.

Άλλη πρόταση.....
.....

9) Η χρήση υπολογιστών στη διδασκαλία της Χημείας κινητοποιεί το ενδιαφέρον των μαθητών. Ειδικά φαίνεται να εκτιμούν το ότι ελέγχουν οι ίδιοι αυτά που μαθαίνουν.

Άλλη πρόταση.....
.....

10) Η χρήση υπολογιστών στη διδασκαλία της Χημείας ενέχει τον κίνδυνο παρανοήσεων και λαθών, ή εύκολων και βιαστικών συμπερασμάτων, αφού οι δυνατότητες διερεύνησης καθορίζονται και περιορίζονται σε όσα έχουν εκ των προτέρων προβλεφθεί και συμπεριληφθεί στο λογισμικό.

Άλλη πρόταση.....
.....

11) Η χρήση υπολογιστών στη διδασκαλία της Χημείας επιτρέπει στους μαθητές να αποκτήσουν εποπτεία για φαινόμενα που η κλίμακα μεγέθους (μικρόκοσμος, μακρόκοσμος), η χρονική διάρκεια ή η επικινδυνότητα δεν επιτρέπουν την αναπαράστασή τους στην τάξη ή στο σχολικό εργαστήριο.

Άλλη πρόταση.....
.....

12) Προσεγγίσεις που εντάσσουν στο διδακτικό υλικό θέματα ιδιαίτερου γυναικείου ενδιαφέροντος (κοινωνικά, περιβαλλοντικά, διατροφικά, υγείας, ευζωίας κλπ) έχουν απήχηση στα κορίτσια (αλλά και στα αγόρια) οδηγώντας σε πιο ουσιαστικό περιεχόμενο της Χημείας.

Άλλη πρόταση.....
.....

13) Η χρήση διαθεματικής και «συστημικής» προσέγγισης στη διδασκαλία και τη μάθηση της Χημείας, όπου όλα τα προς διερεύνηση αντικείμενα βρίσκονται μεταξύ τους σε στενή σχέση αλληλεπίδρασης και αλληλεξάρτησης, μπορεί να διευρύνει τον τρόπο σκέψης των μαθητών αυξάνοντας τις δυνατότητες τους να αντιμετωπίζουν σφαιρικά και ολιστικά τα ζητήματα. (*)

Άλλη πρόταση.....
.....

14) Το μάθημα της Χημείας στη Γενική Παιδεία της ανώτερης Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, με τη χρήση διαθεματικής και «συστημικής» προσέγγισης στη διδασκαλία και τη μάθηση, μπορεί να συγκλίνει με το ενδιαφέρον και τη διάθεση των παιδιών αυτής της ηλικίας για την επιστήμη και την τεχνολογία, να είναι σε σχέση την καθημερινή ζωή και τα ενδιαφέροντα των μαθητών, καθιστώντας το

περισσότερο ελκυστικό.

Άλλη πρόταση.....
.....

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ Β: Συνοπτικός πίνακας βαθμολογίας.

ΠΡΟΤΑΣΗ	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14
ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ														

(*) πχ: Η χρήση της ενέργειας στην καθημερινή ζωή και στο ευρύτερο κοινωνικό πλαίσιο. Οι χημικές ενώσεις στα ορυκτά καύσιμα - ομόλογες σειρές - ισομερείς ενώσεις - παρασκευές - ιδιότητες - χρήσεις. Τα παγκόσμια οικολογικά προβλήματα και το Περιβάλλον. Το πρόβλημα των εναλλακτικών και ανανεώσιμων πηγών ενέργειας. Το υδρογόνο και οι ενεργειακές κυψέλες. Η ατομική ενέργεια και η πυρηνική σύντηξη, αλλά και η ΟΙΚΟΝΟΜΙΑ, η παραγωγή, η ανάπτυξη καθώς και ο ρόλος της Επιστήμης και της Τεχνολογίας.

**Γ. ΕΝΟΤΗΤΑ ΘΕΜΑΤΩΝ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΦΙΛΟΣΟΦΙΑΣ
ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ**

Παρακαλούμε να μελετήσετε τα παρακάτω θέματα και να αποφανθείτε για το βαθμό συμφωνίας σας με την καθεμία πρόταση.

Βαθμολογείτε, σημειώνοντας τον ανάλογο αριθμό.

1: καθόλου **2:** λίγο **3:** αρκετά **4:** πολύ **5:** πλήρως

1) Η σχετική με τις Φ.Ε. γνώση έχει ιδιαίτερα χαρακτηριστικά και αξία, με την έννοια ότι οδηγεί σε ένα συστηματικό τρόπο σκέψης που αποπειράται μια αντικειμενική περιγραφή της Φύσης.

Άλλη πρόταση.....

.....

2) Η επιστημονική μέθοδος συνίσταται στη συλλογή παρατηρήσεων και πειραματικών δεδομένων για ένα πρόβλημα και την διατύπωση γενικευμένων υποθέσεων.

Άλλη πρόταση.....

.....

3) Η επιστημονική μέθοδος συνίσταται στον έλεγχο των θεωρητικών προβλέψεων σε σχέση με τα πειραματικά αποτελέσματα.

Άλλη πρόταση.....

.....

4) Ανάμεσα σε δύο ανταγωνιστικές επιστημονικές θεωρίες η επικρατέστερη προκύπτει μετά από κριτικό έλεγχο και από τη συναίνεση της επιστημονικής κοινότητας.

Άλλη πρόταση.....

.....

5) Οι παρατηρήσεις δεν μπορούν να αποτελέσουν αντικειμενικό κριτήριο στην επιλογή μεταξύ θεωριών, γιατί εξαρτώνται από την προηγούμενη γνώση.

Άλλη πρόταση.....

.....

6) Ανάμεσα σε δύο ανταγωνιστικές επιστημονικές θεωρίες η καλύτερη είναι εκείνη που δίνει τα πιο χρήσιμα και πρακτικά αξιοποιήσιμα αποτελέσματα.

Άλλη πρόταση.....

.....

7) Η νέα επιστημονική γνώση προκύπτει κυρίως μέσω της συσσώρευσης νέων πειραματικών δεδομένων και παρατηρήσεων.

Άλλη πρόταση.....
.....

8) Η νέα επιστημονική γνώση είτε εντάσσεται στο υπάρχον πλαίσιο, γνωστό και ως «Παράδειγμα», είτε παράγει ένα νέο πλαίσιο ασύμμετρο και ασύμβατο με το παλιό.

Άλλη πρόταση.....
.....

9) Οι θεμελιώδεις επιστήμες της φύσης ιεραρχούνται κλασικά ως εξής: Φυσική, Χημεία και Βιολογία. Οντολογικά και επιστημολογικά η Βιολογία μπορεί να αναχθεί στη Χημεία και η Χημεία στη Φυσική.

Άλλη πρόταση.....
.....

10) Οι αναδυόμενες ιδιότητες είναι νέες ιδιότητες που εμφανίζονται όταν ένα ανώτερο επίπεδο δομικής πολυπλοκότητας σχηματίζεται από συστατικά μέρη κατώτερης πολυπλοκότητας. Η Χημεία αντιπροσωπεύει την «ενσάρκωση» των αναδυόμενων ιδιοτήτων. (*)

Άλλη πρόταση.....
.....

11) Ούτε η Βιολογία είναι δυνατόν να αναχθεί πλήρως σε επεξηγηματικά πλαίσια Χημείας, ούτε η Χημεία είναι απλώς «εφαρμοσμένη φυσική».

Άλλη πρόταση.....
.....

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ Γ: Συνοπτικός πίνακας βαθμολογίας.

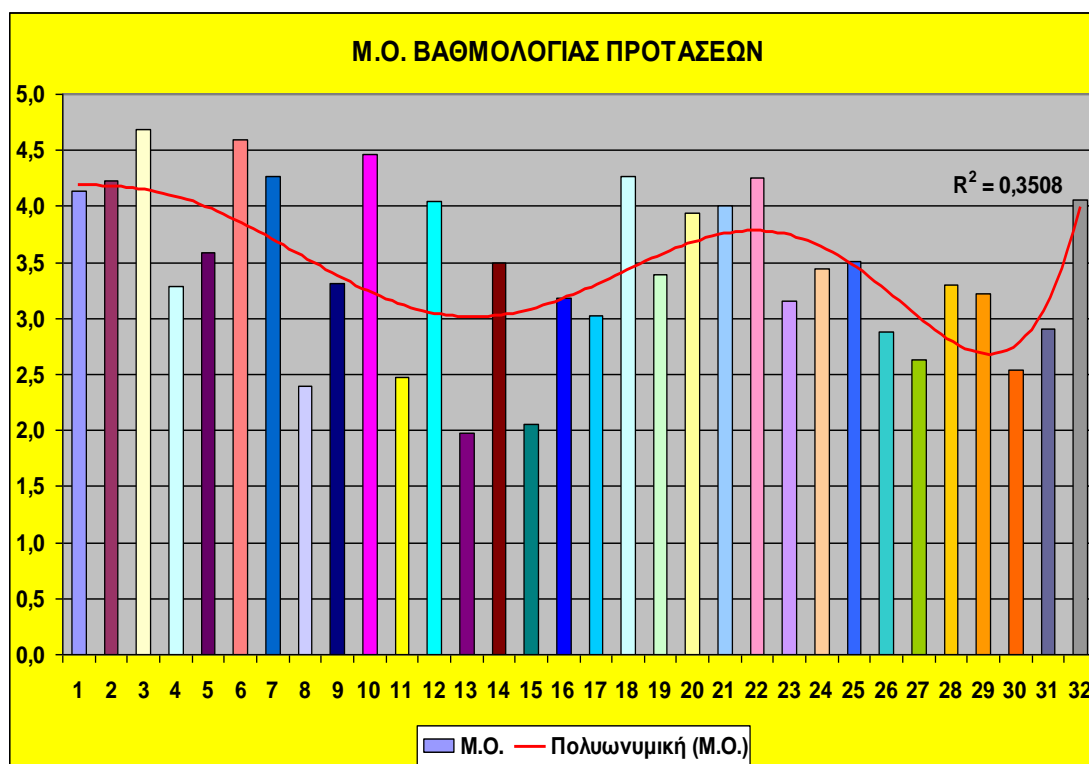
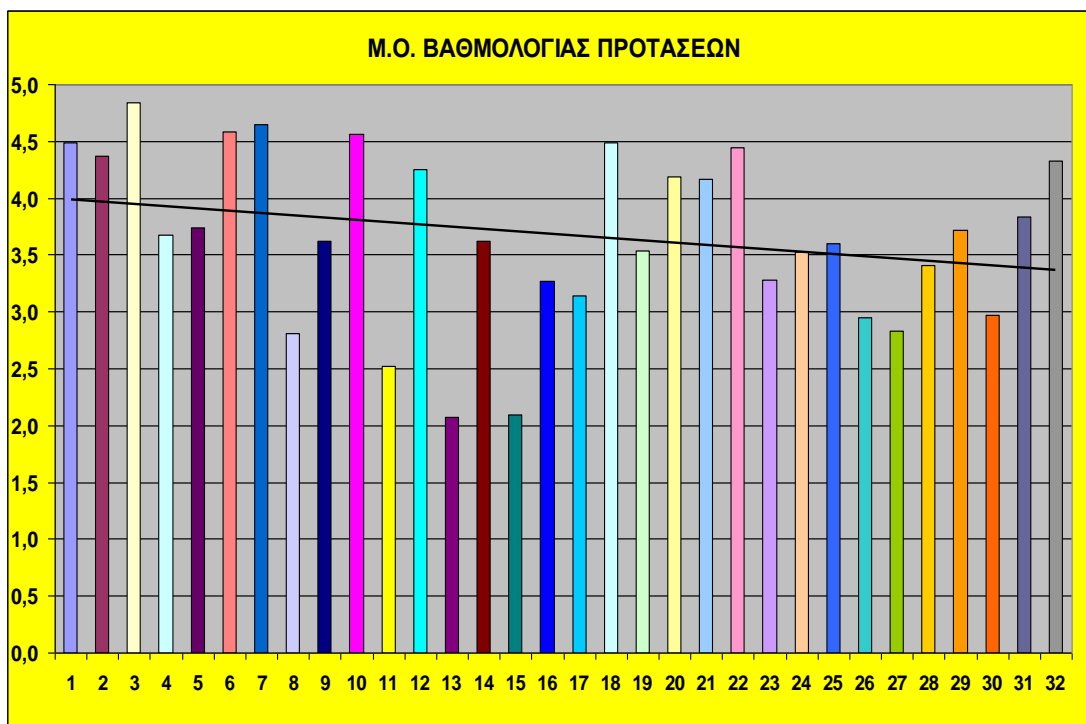
ΠΡΟΤΑΣΗ	Γ1	Γ2	Γ3	Γ4	Γ5	Γ6	Γ7	Γ8	Γ9	Γ10	Γ11
ΒΑΘΜΟΛΟΓΙΑ											

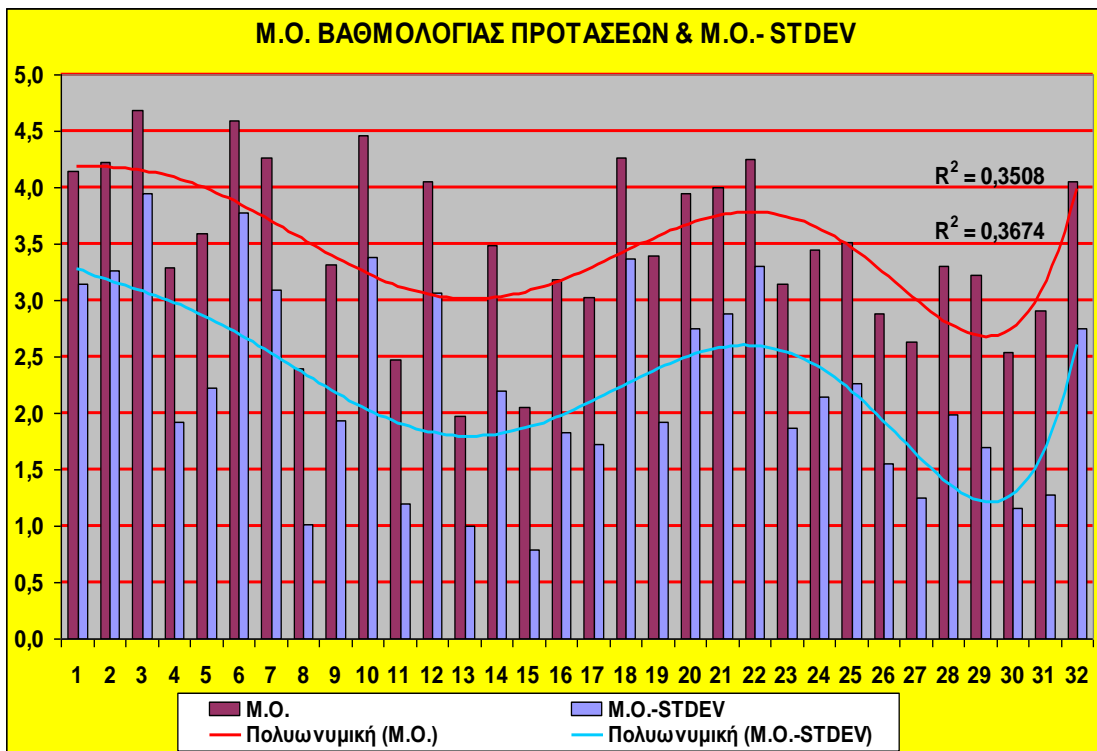
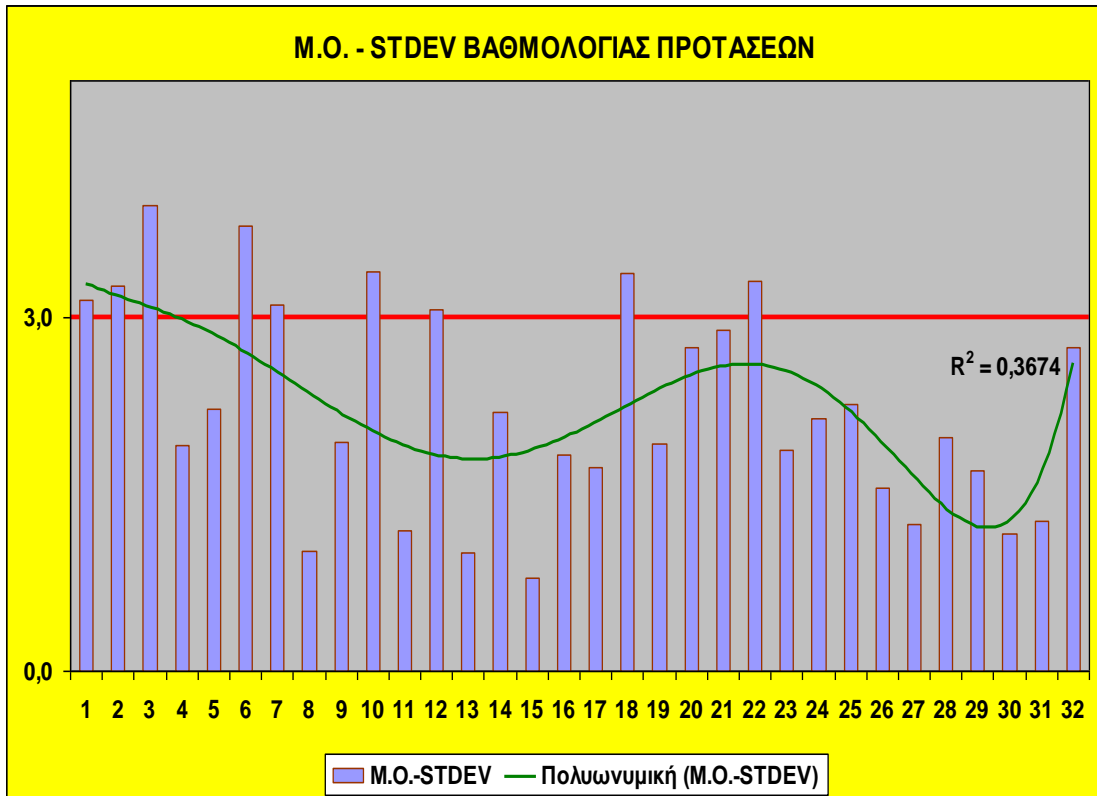
(*) Σημ.: Οι αναδυόμενες ή/και οι επιγιγνώμενες νέες ιδιότητες στο ανώτερο επίπεδο δομικής πολυπλοκότητας δεν αναιρούν την οντολογική εξάρτηση από τα συστατικά μέρη του κατώτερου επιπέδου. Ούτε υποθέτουν την εμφάνιση νέων μυστηριακών οντοτήτων ανύπαρκτων στο υποκείμενο θεμελιώδες επίπεδο (βιταλισμός). Οι ιδιότητες του όλου εξαρτώνται ασύμμετρα από τις ιδιότητες των μερών με τέτοιο τρόπο ώστε, κάθε αλλαγή στις ιδιότητες του όλου βασίζεται σε αλλαγές των ιδιοτήτων ή των σχέσεων μεταξύ των μερών, αλλά δεν ισχύει κατ' ανάγκην το αντίστροφο. Η ανάλυση εξηγεί a posteriori και η αρχή της αιτιότητας τηρείται προς τα κάτω, αλλά δεν υπάρχει πάντα a priori προβλεψιμότητα.

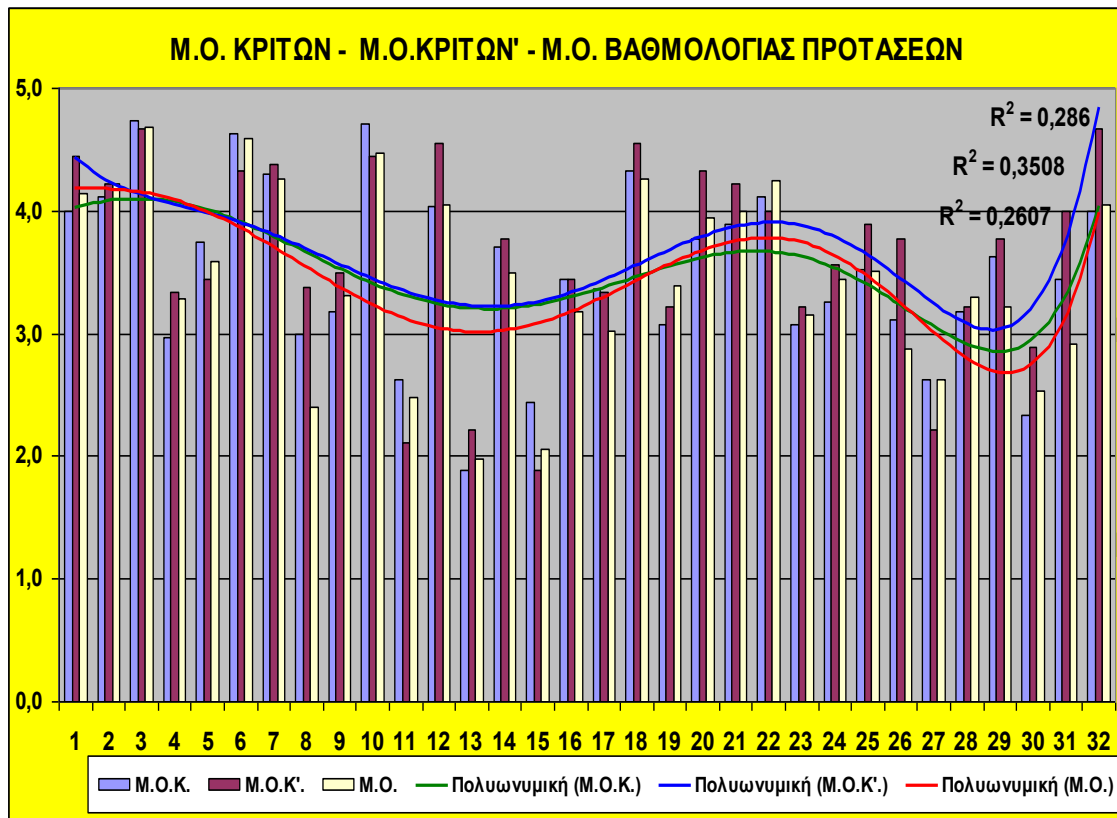
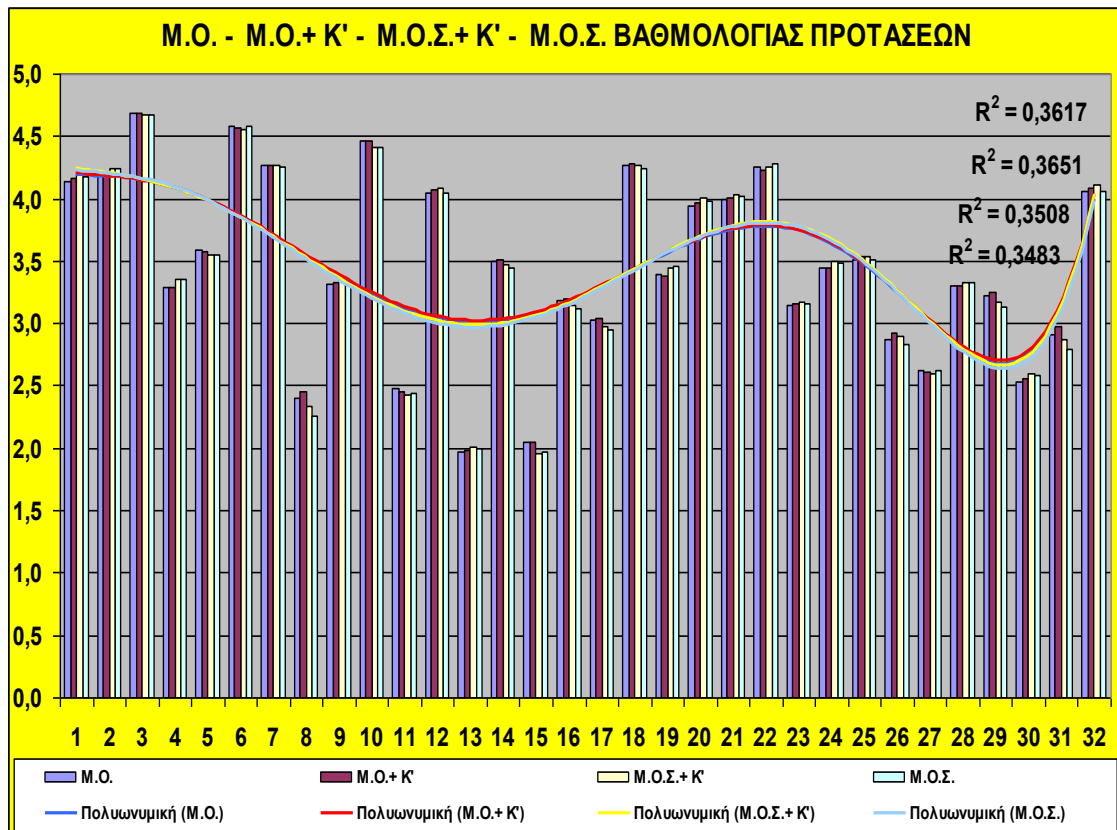
ΠΡΟΣΩΠΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ
(επώνυμα)

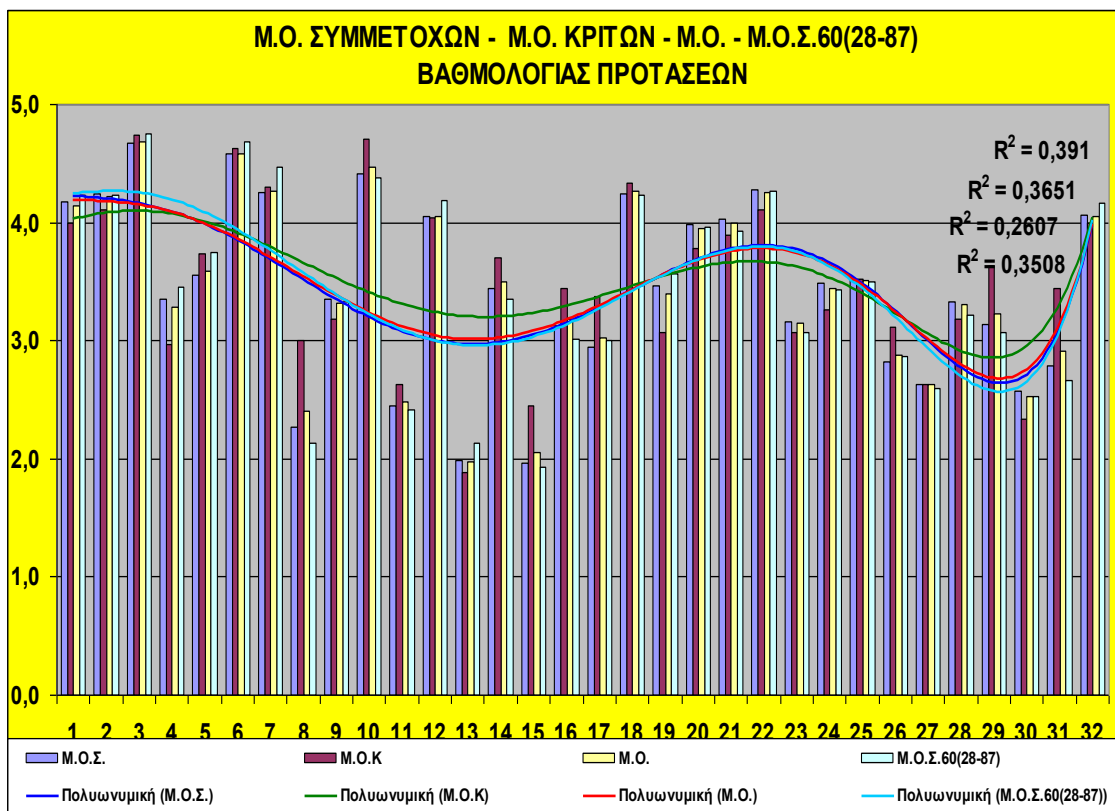
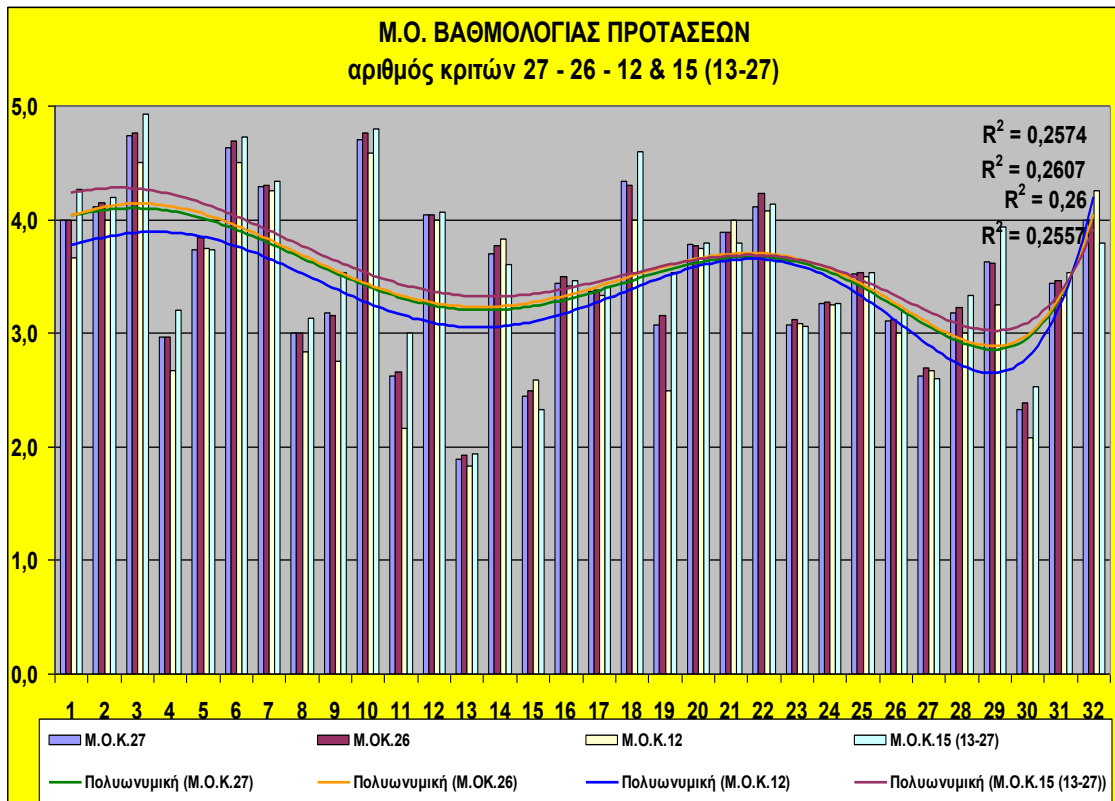
ΟΝΟΜΑ:
ΕΠΩΝΥΜΟ:
Α' ΠΤΥΧΙΟ:
ΑΕΙ σπουδών:
Β' ΠΤΥΧΙΟ:
ΑΕΙ σπουδών:
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ:
ΑΕΙ σπουδών:
ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ:
ΑΕΙ σπουδών:
ΕΡΓΑΣΙΑΚΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ:
ΘΕΣΗ-ΤΙΤΛΟΣ:
ΑΛΛΗ ΘΕΣΗ-ΤΙΤΛΟΣ:
ΑΛΛΗ ΘΕΣΗ-ΤΙΤΛΟΣ:
ΑΛΛΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ:
ΑΛΛΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ, ΑΣΧΟΛΙΕΣ, ΘΕΣΕΙΣ-ΤΙΤΛΟΙ:
που κατείχατε στο παρελθόν
ΑΛΛΟ:
E-MAIL:
ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ:
ΤΗΛ.:

ΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΥΡΙΑΣ ΦΑΣΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ







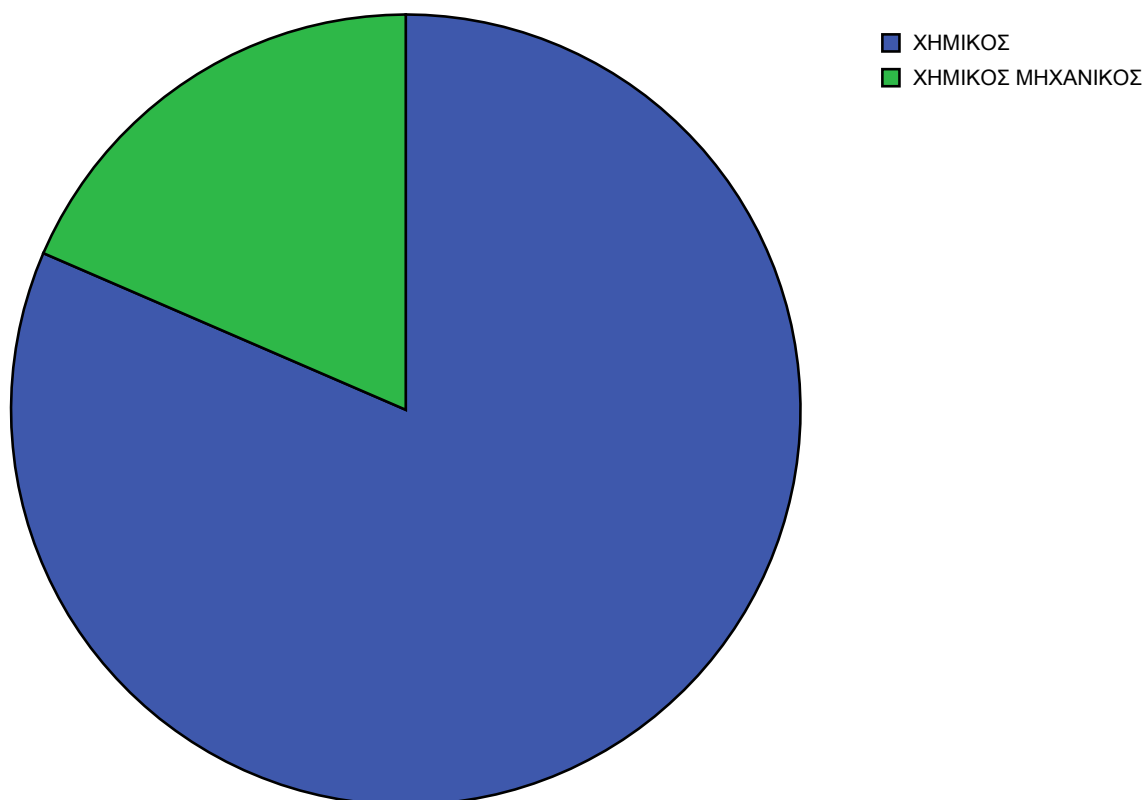


ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΚΡΙΤΩΝ-ΑΞΙΟΛΟΓΗΤΩΝ

ΒΑΣΙΚΟ ΠΤΥΧΙΟ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΧΗΜΙΚΟΣ	22	81,5	81,5	81,5
	ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ	5	18,5	18,5	100,0
	Total	27	100,0	100,0	

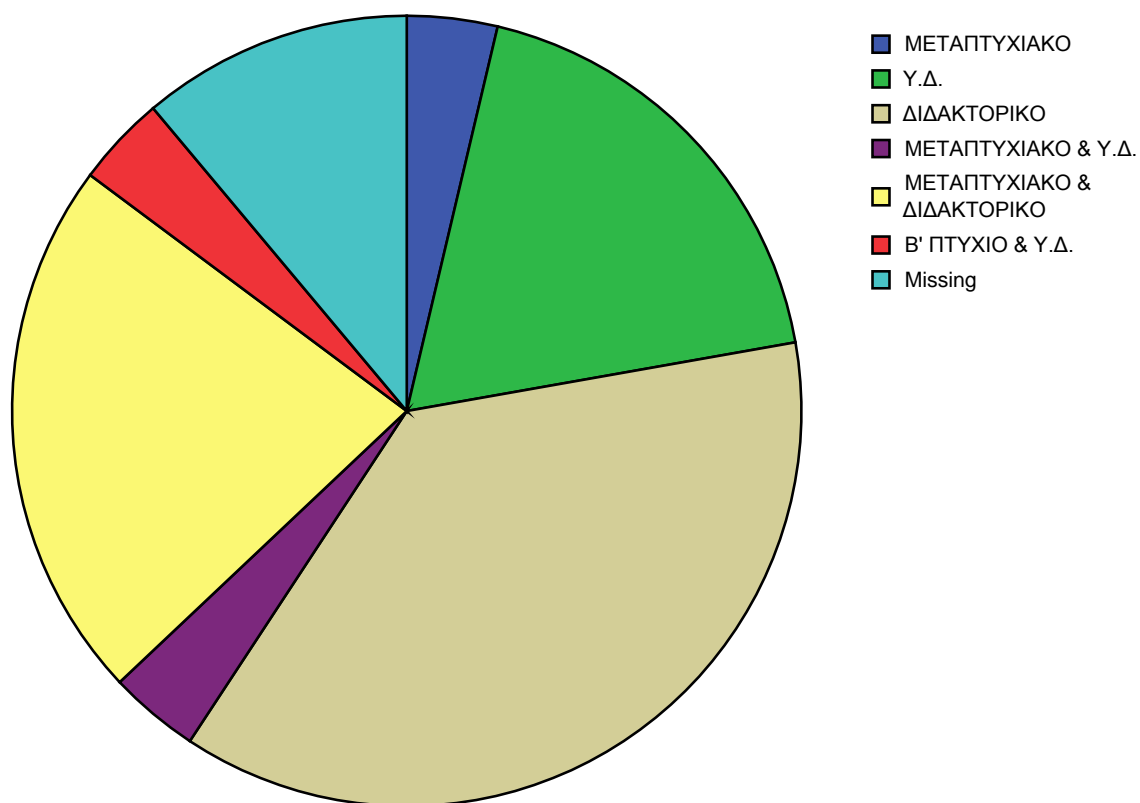
ΒΑΣΙΚΟ ΠΤΥΧΙΟ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΑ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ	1	3,7	4,2	4,2
	Υ.Δ.	5	18,5	20,8	25,0
	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	10	37,0	41,7	66,7
	ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ & Υ.Δ.	1	3,7	4,2	70,8
	ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ & ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	6	22,2	25,0	95,8
	Β' ΠΤΥΧΙΟ & Υ.Δ.	1	3,7	4,2	100,0
	Total	24	88,9	100,0	
Missing	System	3	11,1		
Total		27	100,0		

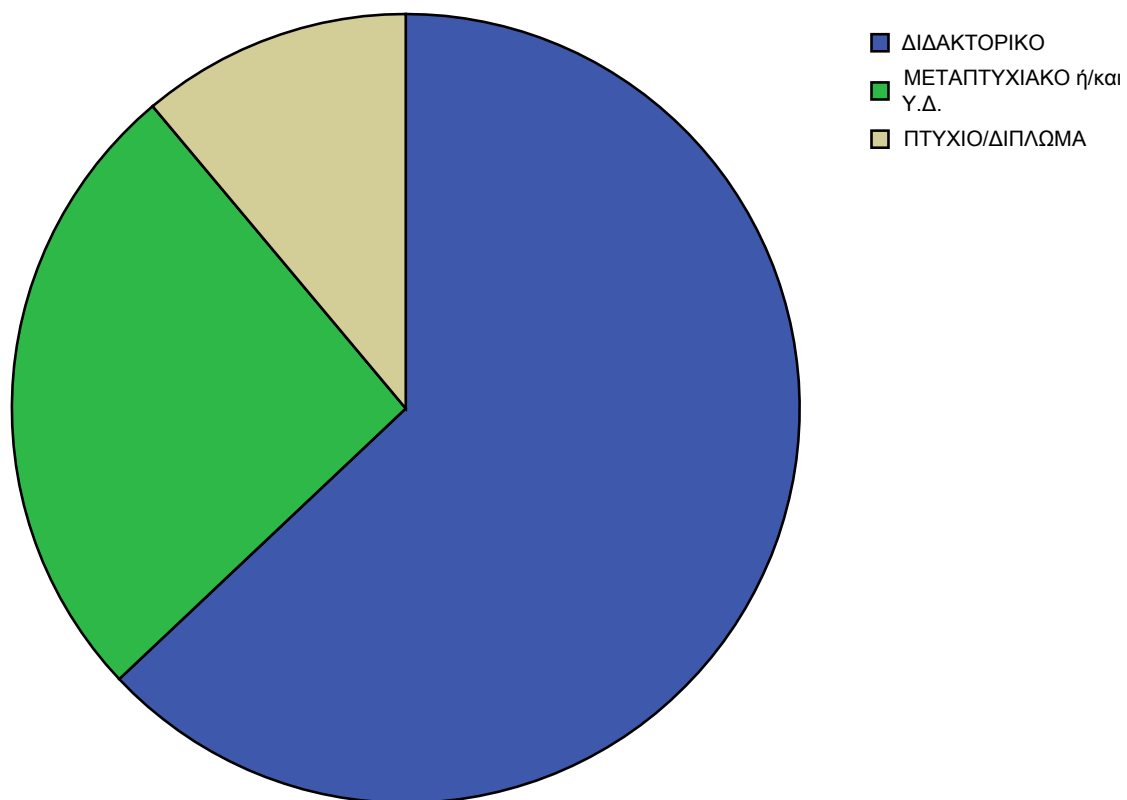
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΑ



ΠΤΥΧΙΟ/ ΔΙΠΛΩΜΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΑ ενιαία

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	17	63,0	63,0	63,0
	ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ή/και Υ.Δ.	7	25,9	25,9	88,9
	ΠΤΥΧΙΟ/ΔΙΠΛΩΜΑ	3	11,1	11,1	100,0
	Total	27	100,0	100,0	

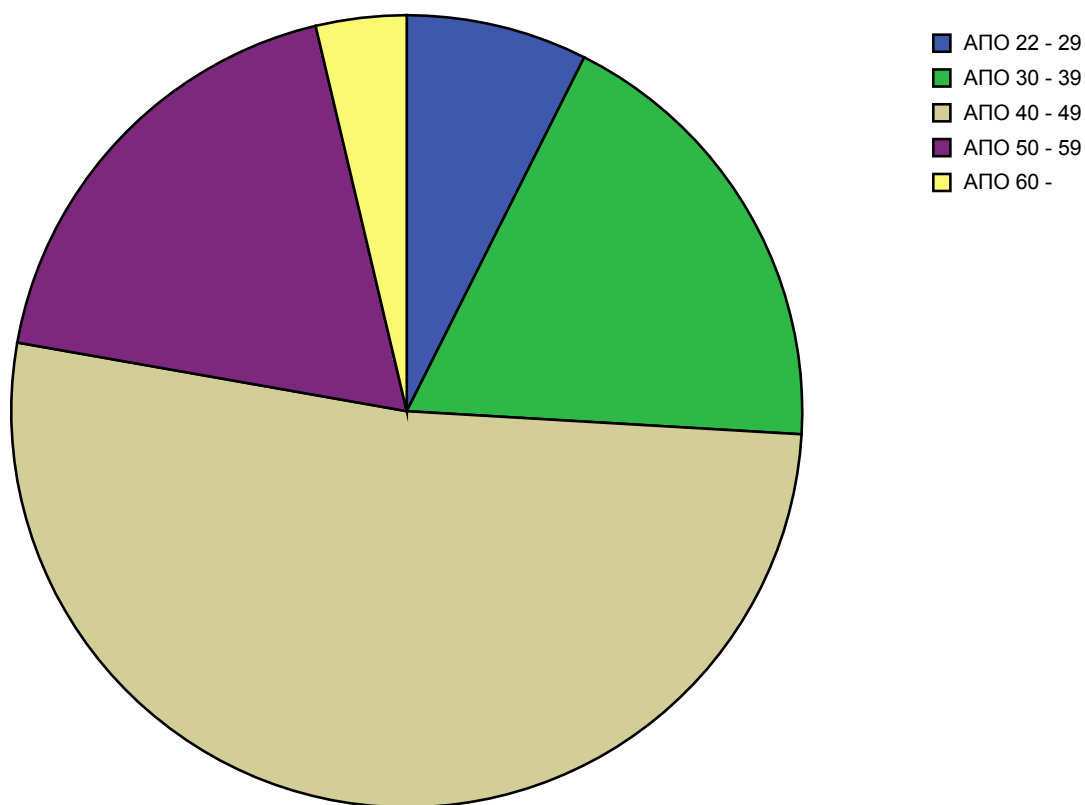
ΠΤΥΧΙΟ/ ΔΙΠΛΩΜΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΑ ενιαία



ΗΛΙΚΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΣΕ ΕΤΗ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΑΠΟ 22 - 29	2	7,4	7,4	7,4
	ΑΠΟ 30 - 39	5	18,5	18,5	25,9
	ΑΠΟ 40 - 49	14	51,9	51,9	77,8
	ΑΠΟ 50 - 59	5	18,5	18,5	96,3
	ΑΠΟ 60 -	1	3,7	3,7	100,0
	Total	27	100,0	100,0	

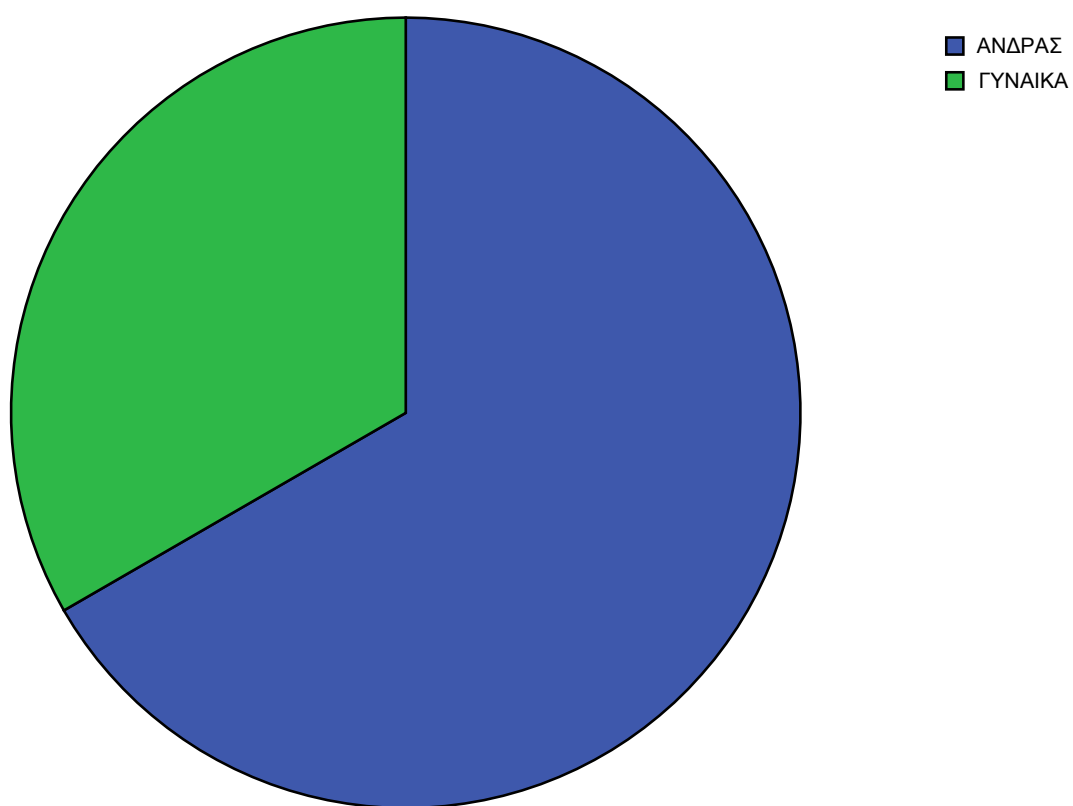
ΗΛΙΚΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΣΕ ΕΤΗ



ΦΥΛΟ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΑΝΔΡΑΣ	18	66,7	66,7	66,7
	ΓΥΝΑΙΚΑ	9	33,3	33,3	100,0
	Total	27	100,0	100,0	

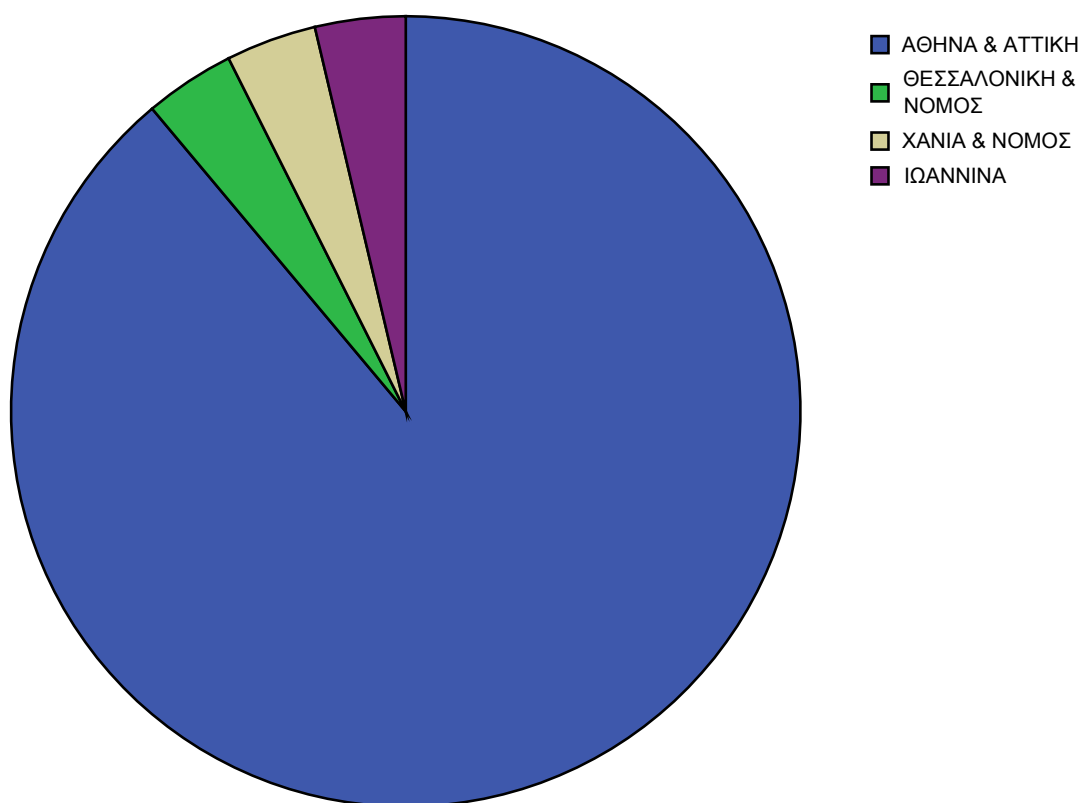
ΦΥΛΟ



ΠΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗΣ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΑΘΗΝΑ & ΑΤΤΙΚΗ	24	88,9	88,9	88,9
	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ & ΝΟΜΟΣ	1	3,7	3,7	92,6
	ΧΑΝΙΑ & ΝΟΜΟΣ	1	3,7	3,7	96,3
	ΙΩΑΝΝΙΝΑ	1	3,7	3,7	100,0
	Total	27	100,0	100,0	

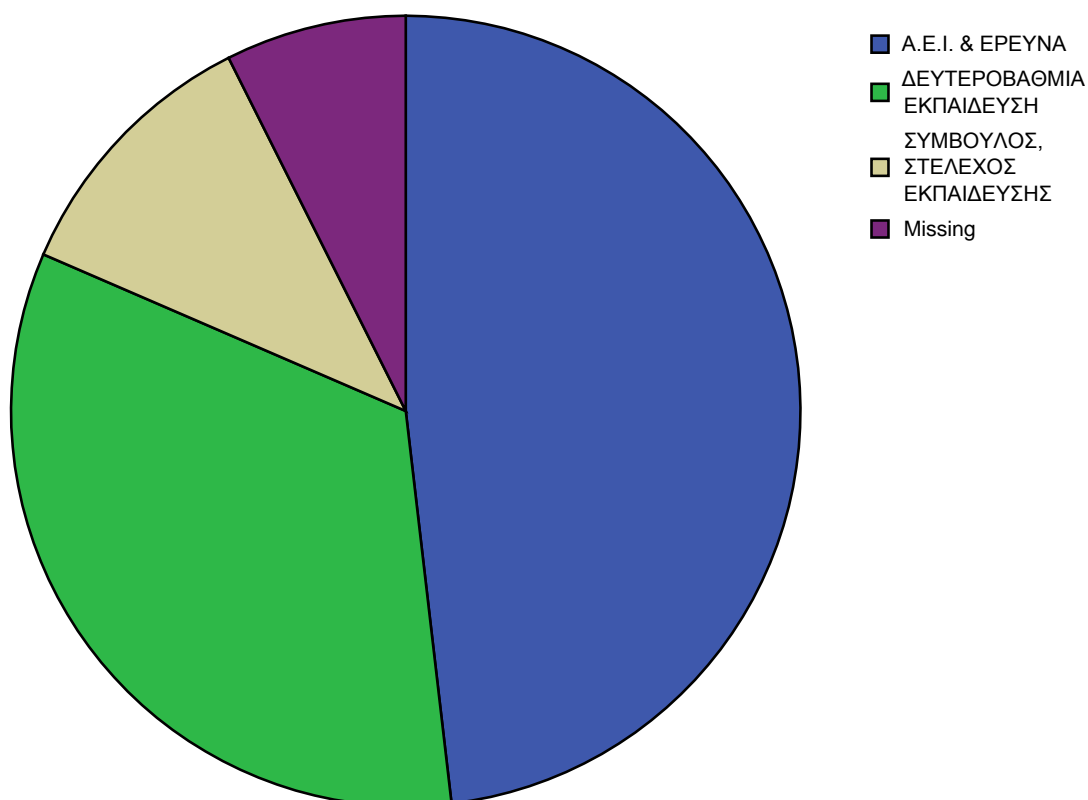
ΠΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗΣ



ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Α.Ε.Ι. & ΕΡΕΥΝΑ	13	48,1	52,0	52,0
	ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	9	33,3	36,0	88,0
	ΣΥΜΒΟΥΛΟΣ, ΣΤΕΛΕΧΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ	3	11,1	12,0	100,0
	Total	25	92,6	100,0	
Missing	System	2	7,4		
Total		27	100,0		

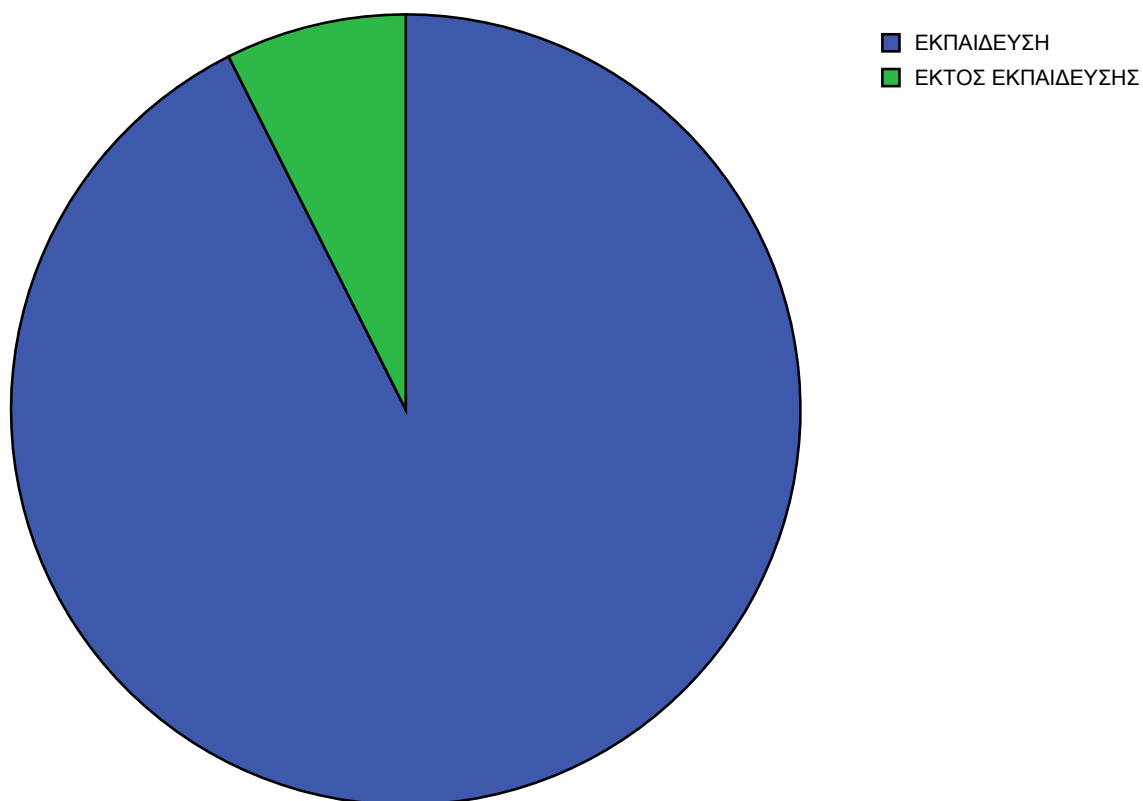
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ



ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΚΤΟΣ ΕΚΠ/ΣΗΣ ενιαία

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	25	92,6	92,6	92,6
	ΕΚΤΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ	2	7,4	7,4	100,0
	Total	27	100,0	100,0	

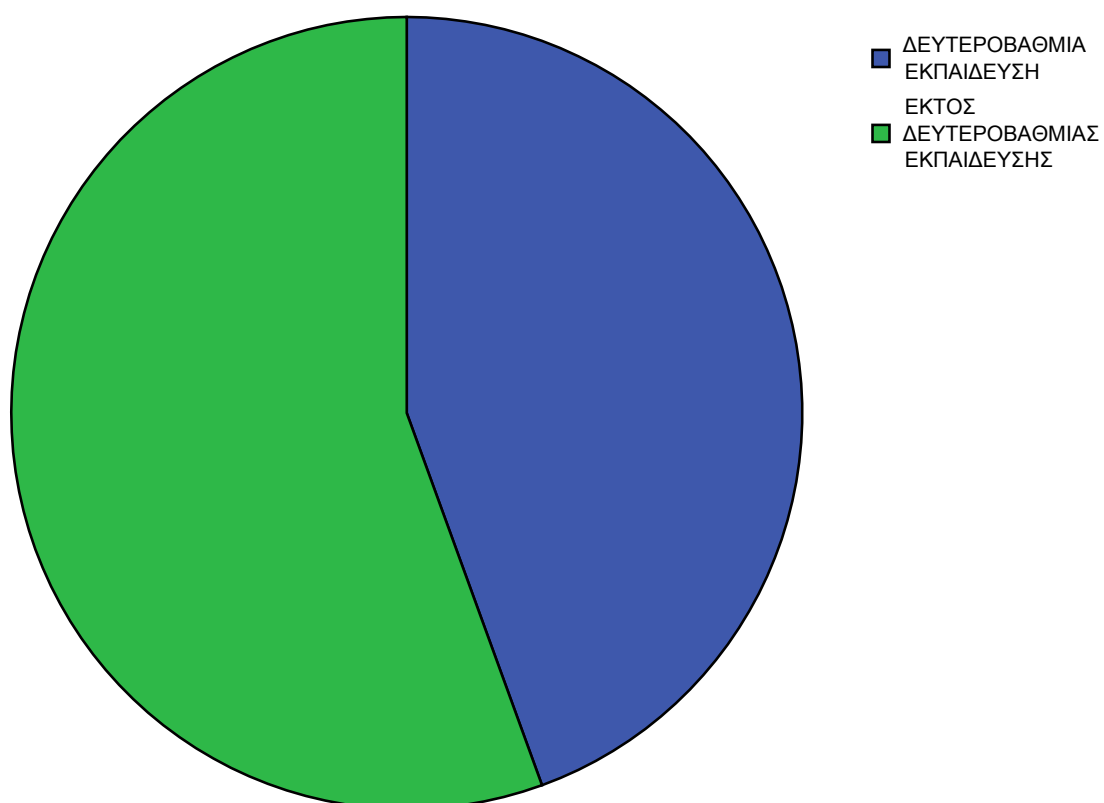
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΚΤΟΣ ΕΚΠ/ΣΗΣ ενιαία



ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΚΤΟΣ ενιαία

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	12	44,4	44,4	44,4
	ΕΚΤΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ	15	55,6	55,6	100,0
	Total	27	100,0	100,0	

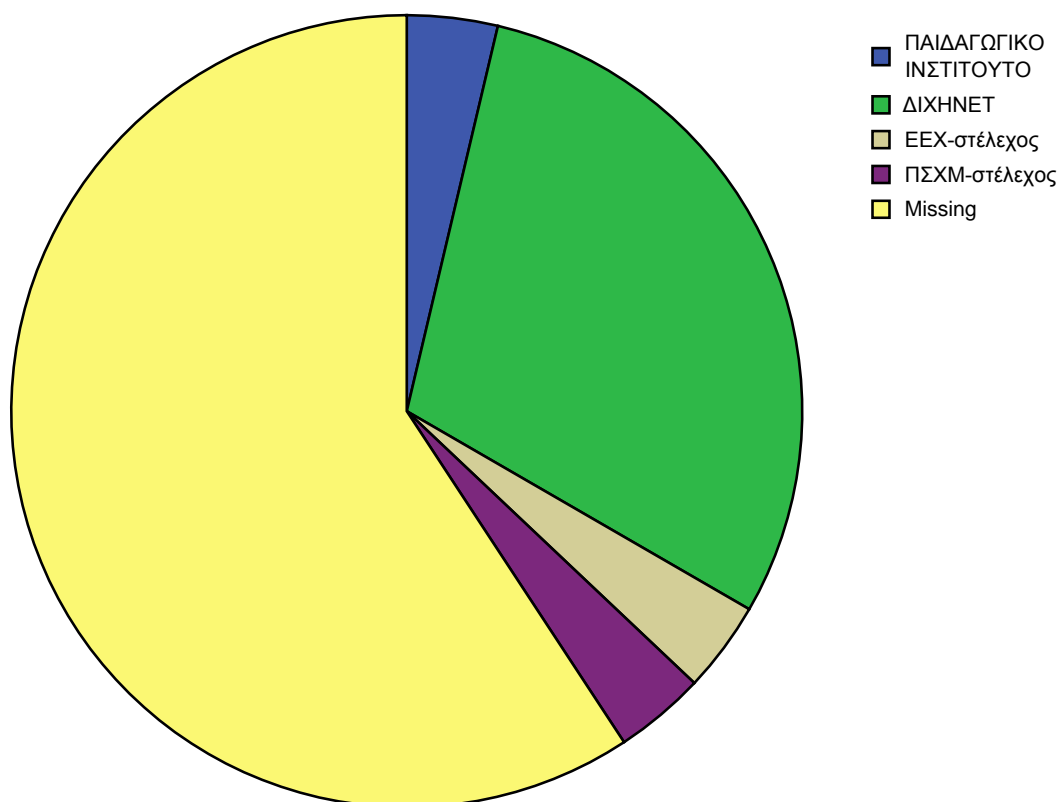
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΚΤΟΣ ενιαία



ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ / ΘΕΣΗ ΕΙΔΙΚΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ	1	3,7	9,1	9,1
	ΔΙΧΗΝΕΤ	8	29,6	72,7	81,8
	ΕΕΧ-στέλεχος	1	3,7	9,1	90,9
	ΠΣΧΜ-στέλεχος	1	3,7	9,1	100,0
	Total	11	40,7	100,0	
Missing	System	16	59,3		
Total		27	100,0		

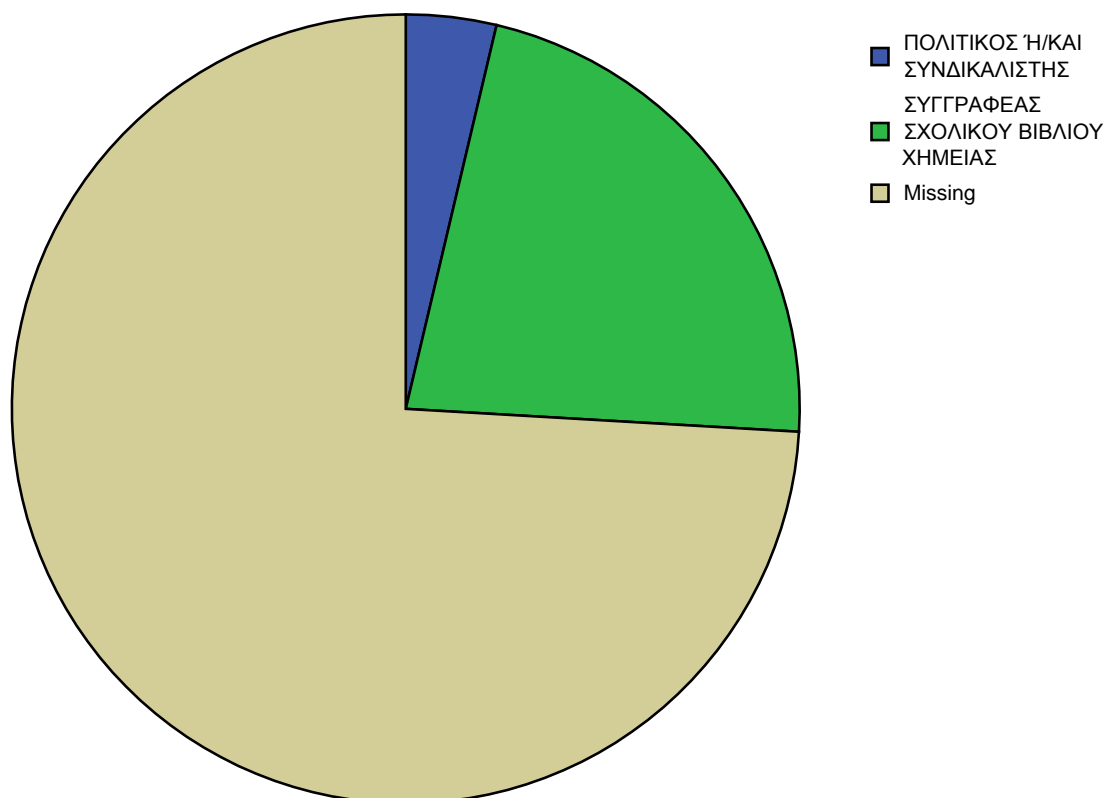
ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ / ΘΕΣΗ ΕΙΔΙΚΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ



ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΑΛΛΟΥ ΤΥΠΟΥ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ Ή/ΚΑΙ ΣΥΝΔΙΚΑΛΙΣΤΗΣ	1	3,7	14,3	14,3
	ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΧΗΜΕΙΑΣ	6	22,2	85,7	100,0
	Total	7	25,9	100,0	
Missing	System	20	74,1		
Total		27	100,0		

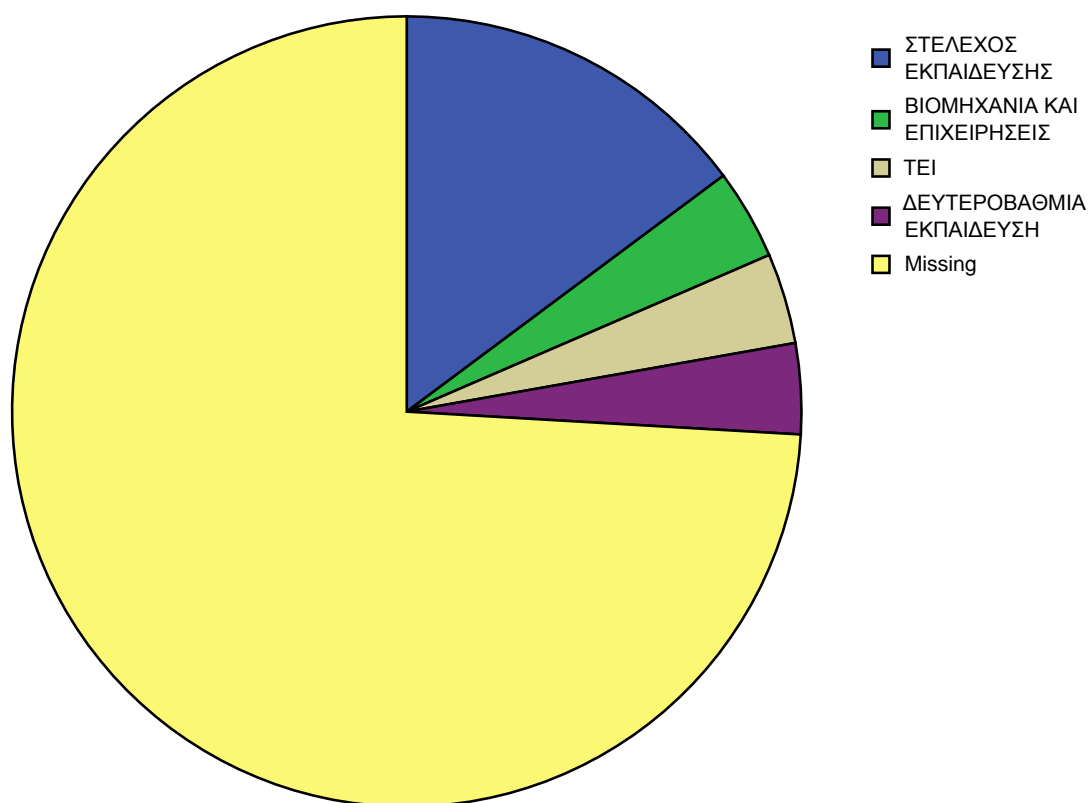
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΑΛΛΟΥ ΤΥΠΟΥ



ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΣΤΕΛΕΧΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ	4	14,8	57,1	57,1
	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ	1	3,7	14,3	71,4
	ΤΕΙ	1	3,7	14,3	85,7
	ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	1	3,7	14,3	100,0
	Total	7	25,9	100,0	
Missing	System	20	74,1		
Total		27	100,0		

ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ

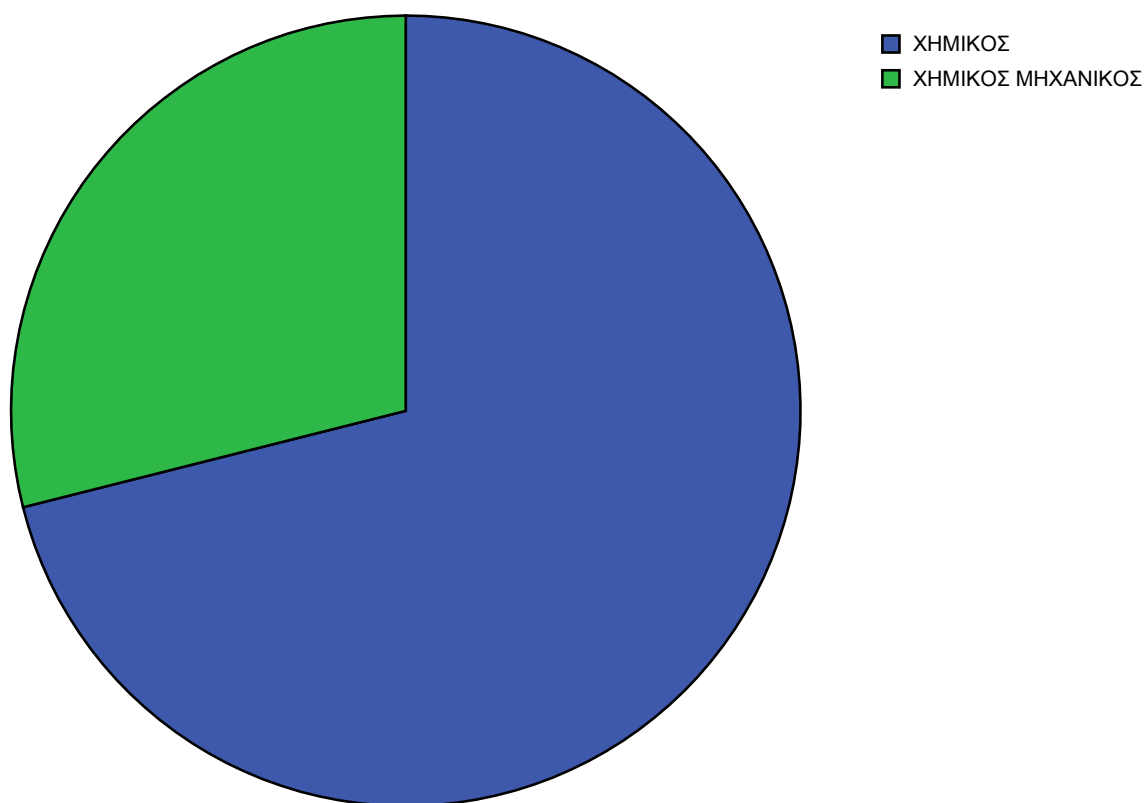


ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ

ΒΑΣΙΚΟ ΠΤΥΧΙΟ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΧΗΜΙΚΟΣ	86	71,1	71,1	71,1
	ΧΗΜΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ	35	28,9	28,9	100,0
	Total	121	100,0	100,0	

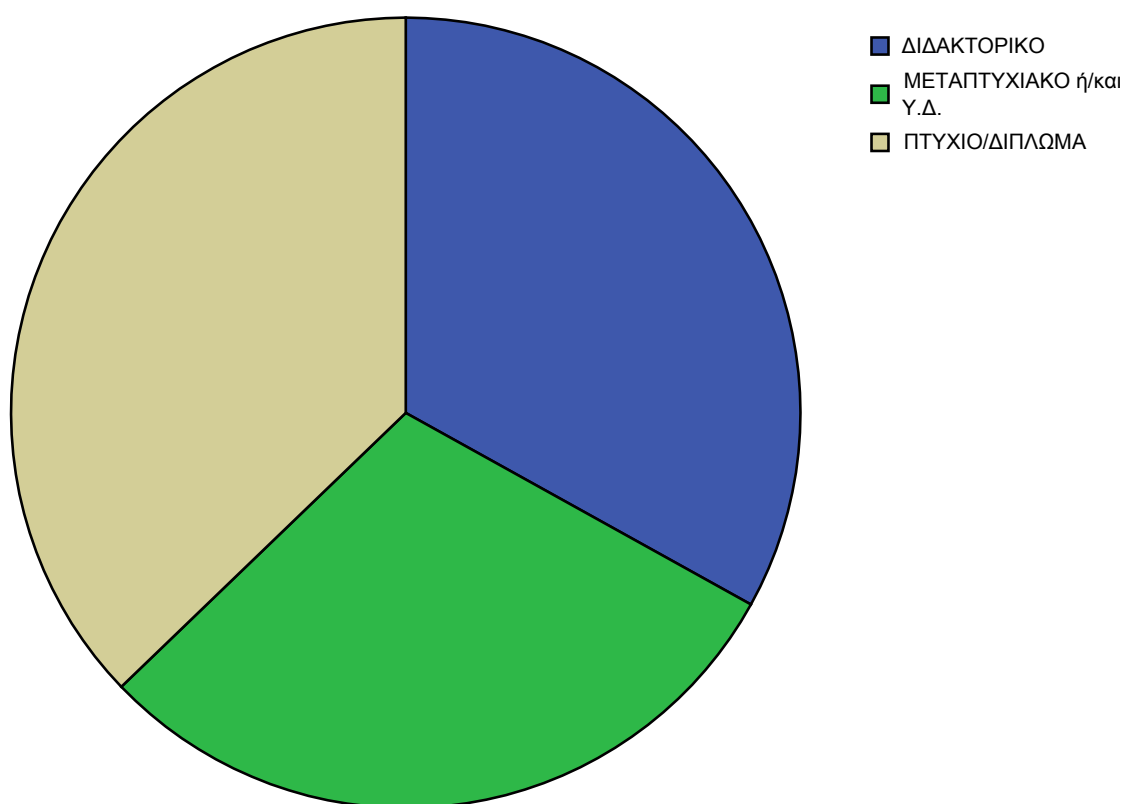
ΒΑΣΙΚΟ ΠΤΥΧΙΟ



ΠΤΥΧΙΟ/ ΔΙΠΛΩΜΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΑ ενιαία

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	40	33,1	33,1	33,1
	ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ή/και Υ.Δ.	36	29,8	29,8	62,8
	ΠΤΥΧΙΟ/ΔΙΠΛΩΜΑ	45	37,2	37,2	100,0
	Total	121	100,0	100,0	

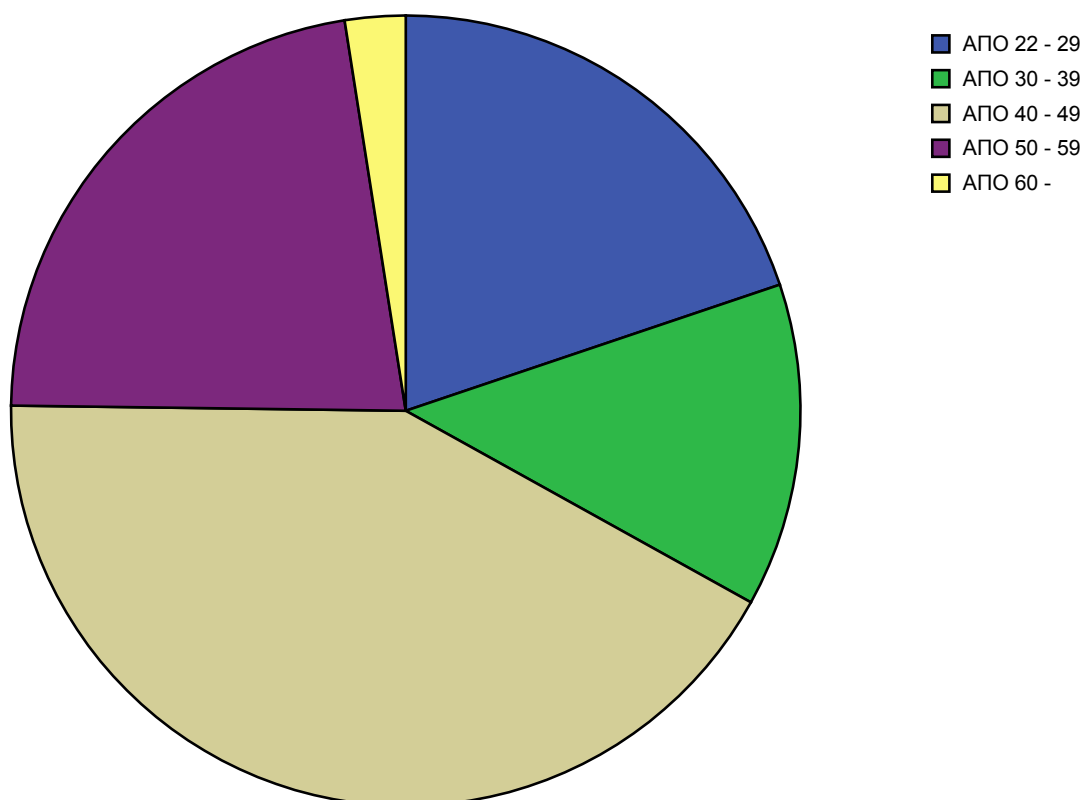
ΠΤΥΧΙΟ/ ΔΙΠΛΩΜΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΑ ενιαία



ΗΛΙΚΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΣΕ ΕΤΗ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΑΠΟ 22 - 29	24	19,8	19,8	19,8
	ΑΠΟ 30 - 39	16	13,2	13,2	33,1
	ΑΠΟ 40 - 49	51	42,1	42,1	75,2
	ΑΠΟ 50 - 59	27	22,3	22,3	97,5
	ΑΠΟ 60 -	3	2,5	2,5	100,0
	Total	121	100,0	100,0	

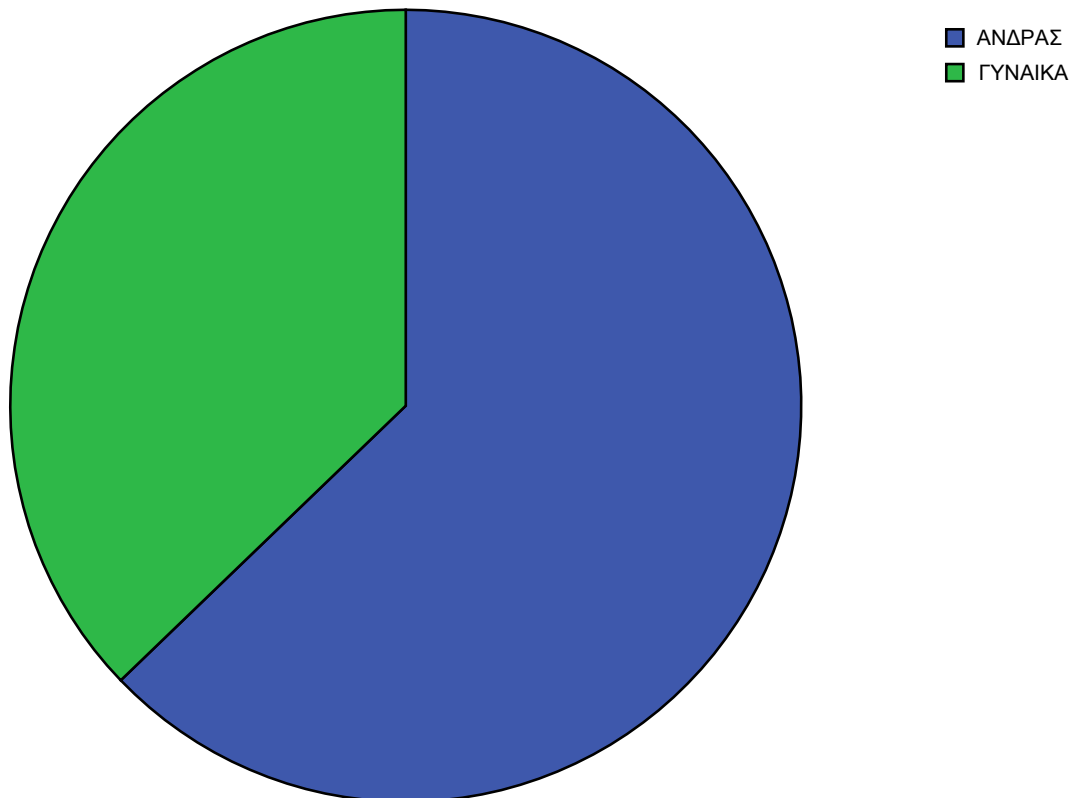
ΗΛΙΚΙΑΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΣΕ ΕΤΗ



ΦΥΛΟ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΑΝΔΡΑΣ	76	62,8	62,8	62,8
	ΓΥΝΑΙΚΑ	45	37,2	37,2	100,0
	Total	121	100,0	100,0	

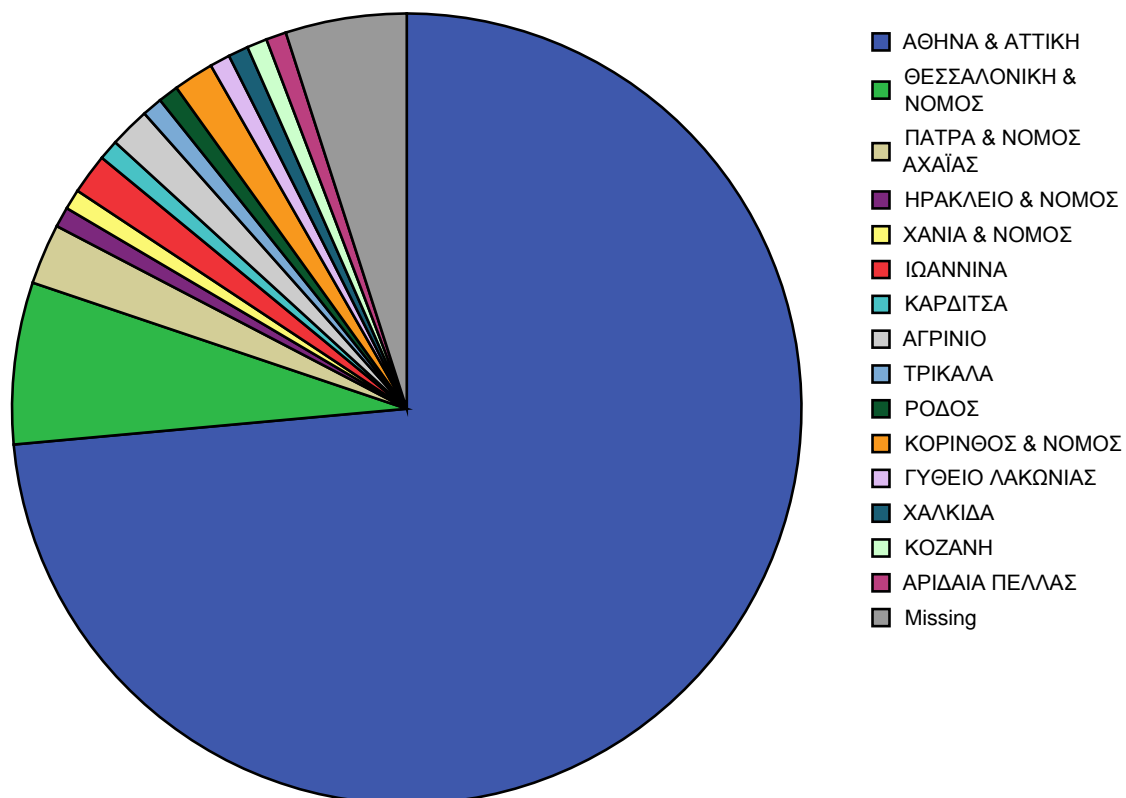
ΦΥΛΟ



ΠΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗΣ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΑΘΗΝΑ & ΑΤΤΙΚΗ	89	73,6	77,4	77,4
	ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ & ΝΟΜΟΣ	8	6,6	7,0	84,3
	ΠΑΤΡΑ & ΝΟΜΟΣ ΑΧΑΪΑΣ	3	2,5	2,6	87,0
	ΗΡΑΚΛΕΙΟ & ΝΟΜΟΣ	1	,8	,9	87,8
	ΧΑΝΙΑ & ΝΟΜΟΣ	1	,8	,9	88,7
	ΙΩΑΝΝΙΝΑ	2	1,7	1,7	90,4
	ΚΑΡΔΙΤΣΑ	1	,8	,9	91,3
	ΑΓΡΙΝΙΟ	2	1,7	1,7	93,0
	ΤΡΙΚΑΛΑ	1	,8	,9	93,9
	ΡΟΔΟΣ	1	,8	,9	94,8
	ΚΟΡΙΝΘΟΣ & ΝΟΜΟΣ	2	1,7	1,7	96,5
	ΓΥΘΕΙΟ ΛΑΚΩΝΙΑΣ	1	,8	,9	97,4
	ΧΑΛΚΙΔΑ	1	,8	,9	98,3
	ΚΟΖΑΝΗ	1	,8	,9	99,1
	ΑΡΙΔΑΙΑ ΠΕΛΛΑΣ	1	,8	,9	100,0
Total	115	95,0	100,0		
Missing	System	6	5,0		
Total	121	100,0			

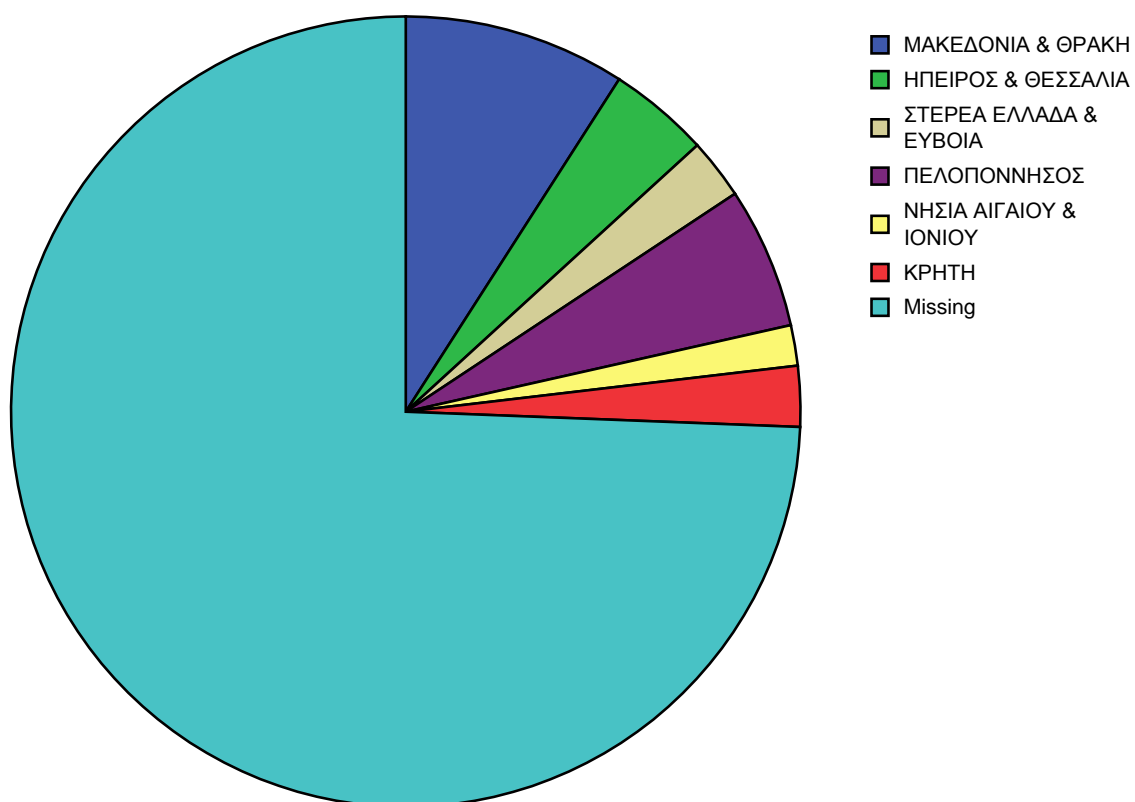
ΠΟΛΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗΣ



ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗΣ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ & ΘΡΑΚΗ	11	9,1	35,5	35,5
	ΗΠΕΙΡΟΣ & ΘΕΣΣΑΛΙΑ	5	4,1	16,1	51,6
	ΣΤΕΡΕΑ ΕΛΛΑΔΑ & ΕΥΒΟΙΑ	3	2,5	9,7	61,3
	ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ	7	5,8	22,6	83,9
	ΝΗΣΙΑ ΑΙΓΑΙΟΥ & ΙΟΝΙΟΥ	2	1,7	6,5	90,3
	ΚΡΗΤΗ	3	2,5	9,7	100,0
	Total	31	25,6	100,0	
Missing	System	90	74,4		
Total		121	100,0		

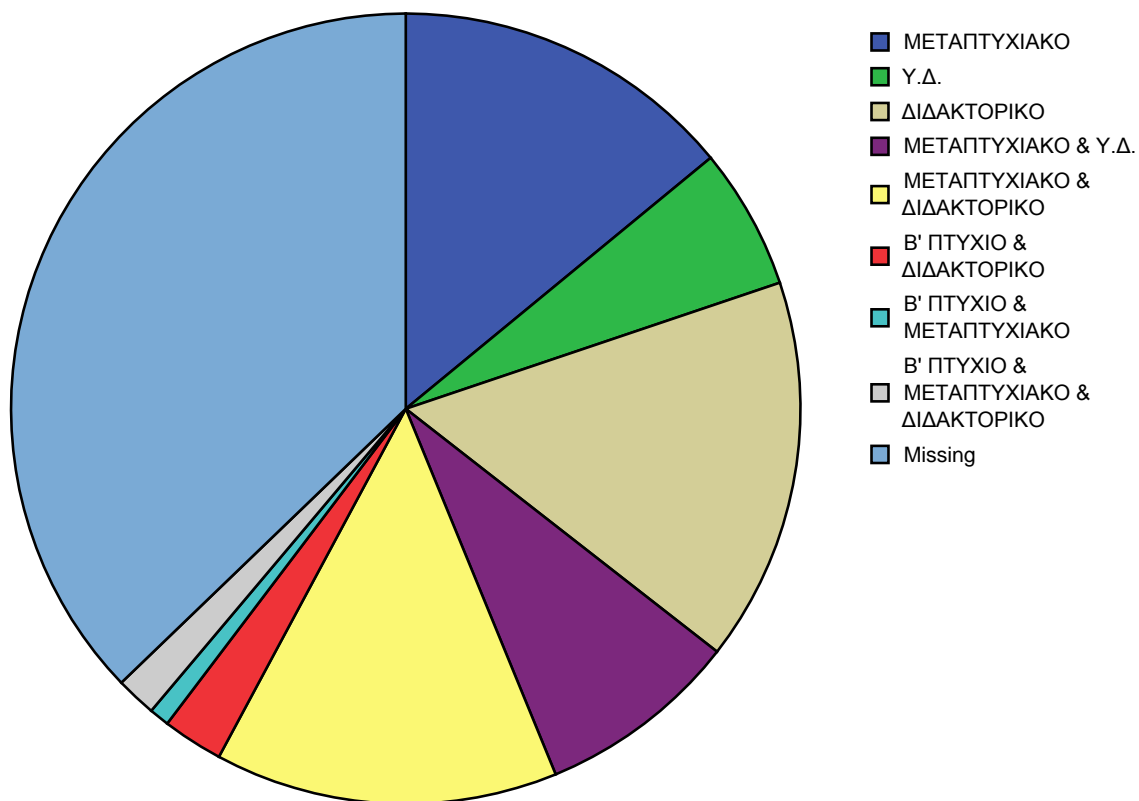
ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗΣ



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΑ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ	17	14,0	22,4	22,4
	Υ.Δ.	7	5,8	9,2	31,6
	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	19	15,7	25,0	56,6
	ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ & Υ.Δ.	10	8,3	13,2	69,7
	ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ & ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	17	14,0	22,4	92,1
	Β' ΠΤΥΧΙΟ & ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	3	2,5	3,9	96,1
	Β' ΠΤΥΧΙΟ & ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ	1	,8	1,3	97,4
	Β' ΠΤΥΧΙΟ & ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ & ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ	2	1,7	2,6	100,0
	Total	76	62,8	100,0	
Missing	System	45	37,2		
Total		121	100,0		

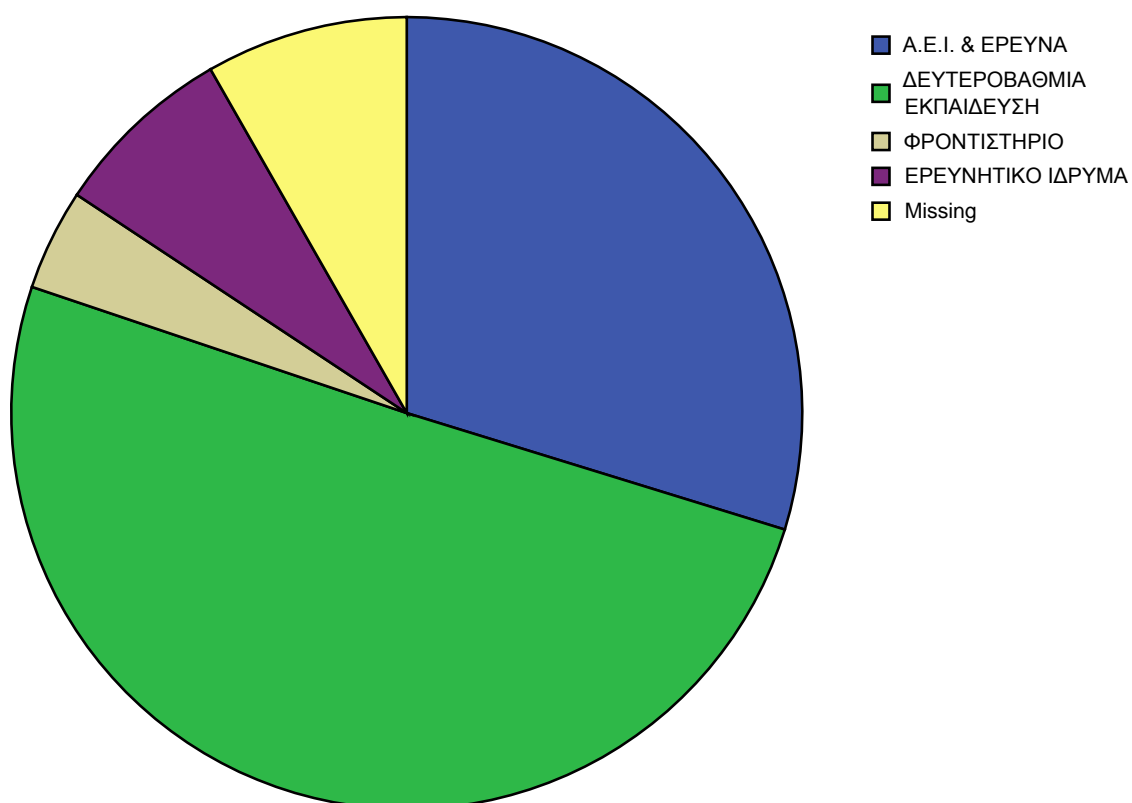
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΑ



ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	A.E.I. & ΕΡΕΥΝΑ	36	29,8	32,4	32,4
	ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	61	50,4	55,0	87,4
	ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ	5	4,1	4,5	91,9
	ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ	9	7,4	8,1	100,0
	Total	111	91,7	100,0	
Missing	System	10	8,3		
Total		121	100,0		

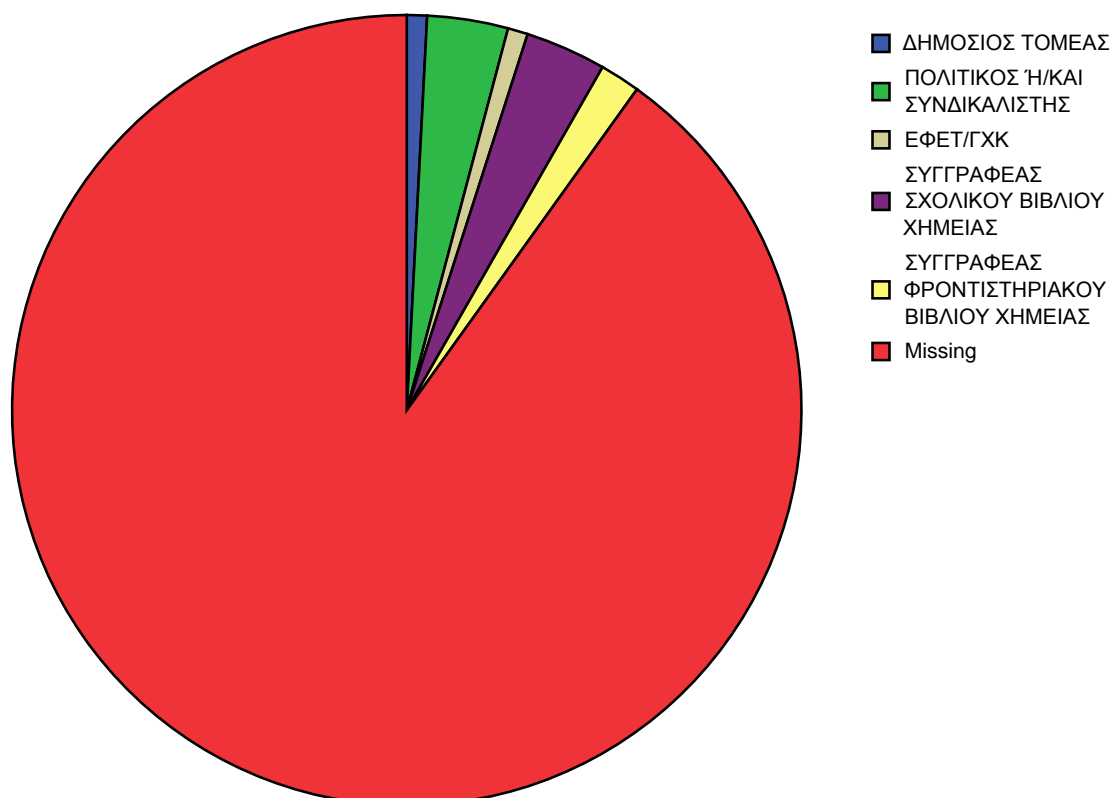
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ



ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΑΛΛΟΥ ΤΥΠΟΥ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΔΗΜΟΣΙΟΣ ΤΟΜΕΑΣ	1	,8	8,3	8,3
	ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ Ή/ΚΑΙ ΣΥΝΔΙΚΑΛΙΣΤΗΣ	4	3,3	33,3	41,7
	ΕΦΕΤ/ΓΧΚ	1	,8	8,3	50,0
	ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΧΗΜΕΙΑΣ	4	3,3	33,3	83,3
	ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΑΚΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΧΗΜΕΙΑΣ	2	1,7	16,7	100,0
	Total	12	9,9	100,0	
Missing	System	109	90,1		
Total		121	100,0		

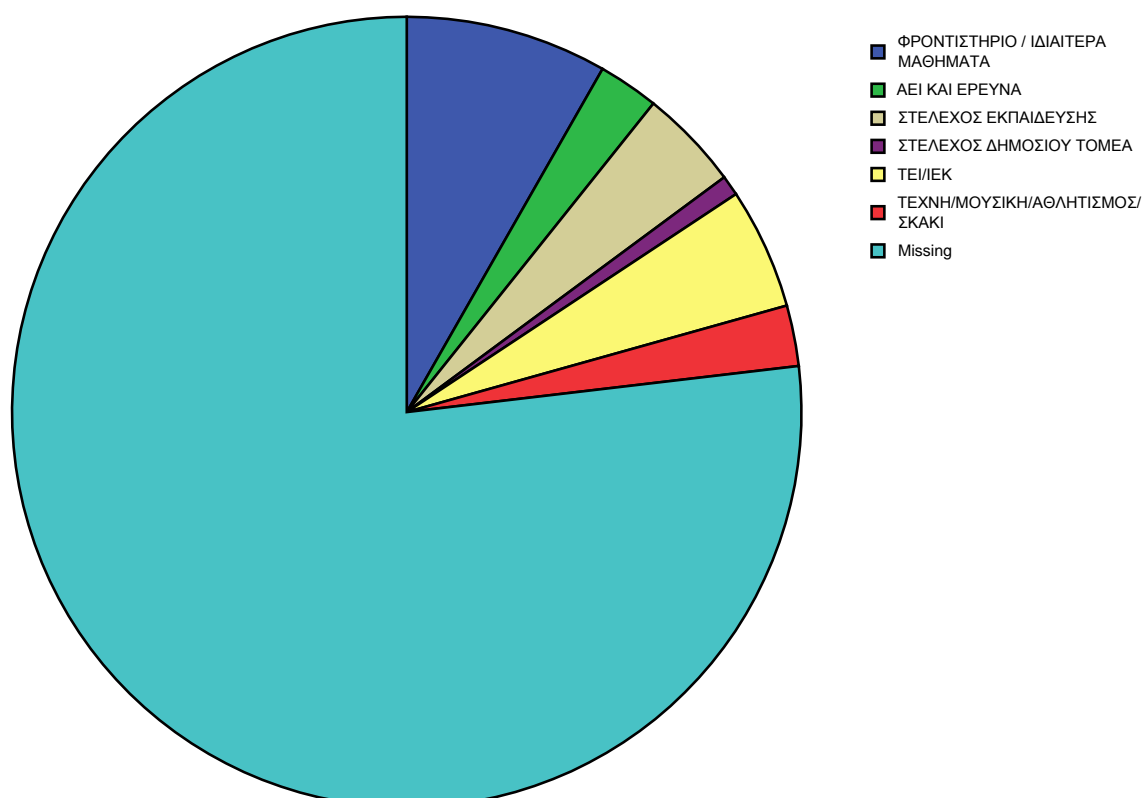
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΑΛΛΟΥ ΤΥΠΟΥ



ΔΕΥΤΕΡΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ / ΙΔΙΑΙΤΕΡΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ	10	8,3	35,7	35,7
	ΑΕΙ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΑ	3	2,5	10,7	46,4
	ΣΤΕΛΕΧΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ	5	4,1	17,9	64,3
	ΣΤΕΛΕΧΟΣ ΔΗΜΟΣΙΟΥ ΤΟΜΕΑ	1	,8	3,6	67,9
	ΤΕΙ/ΙΕΚ	6	5,0	21,4	89,3
	ΤΕΧΝΗ/ΜΟΥΣΙΚΗ/ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΣ/ΣΚΑΚΙ	3	2,5	10,7	100,0
	Total	28	23,1	100,0	
Missing	System	93	76,9		
Total		121	100,0		

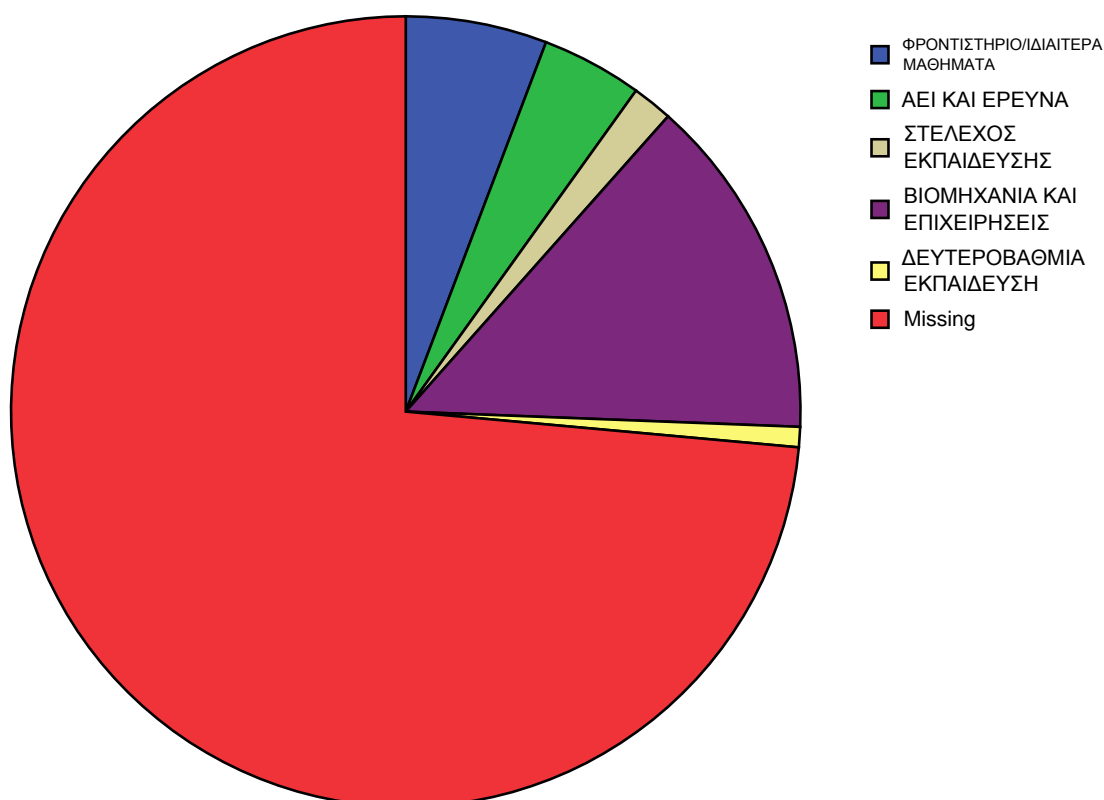
ΔΕΥΤΕΡΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ



ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ/ΙΔΙΑΙΤΕΡΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ	7	5,8	21,9	21,9
	ΑΕΙ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΑ	5	4,1	15,6	37,5
	ΣΤΕΛΕΧΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ	2	1,7	6,3	43,8
	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ	17	14,0	53,1	96,9
	ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	1	,8	3,1	100,0
	Total	32	26,4	100,0	
Missing	System	89	73,6		
	Total	121	100,0		

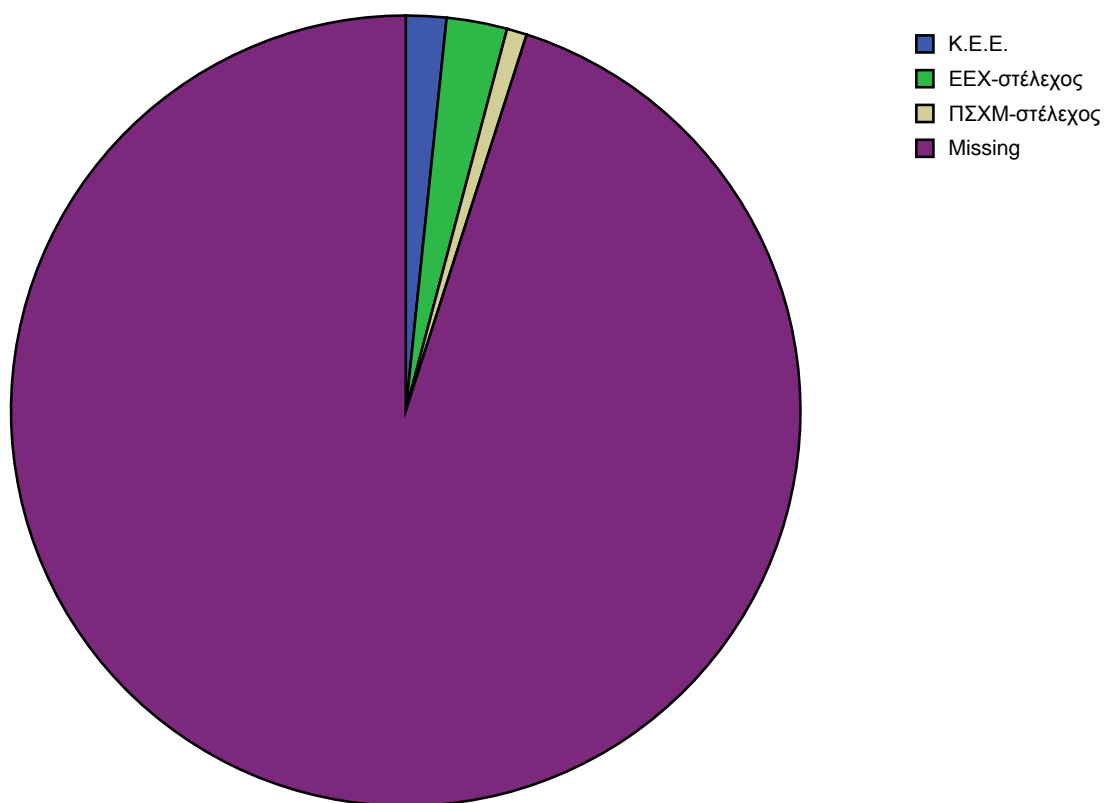
ΠΑΛΑΙΟΤΕΡΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ



ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ / ΘΕΣΗ ΕΙΔΙΚΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Κ.Ε.Ε.	2	1,7	33,3	33,3
	ΕΕΧ-στέλεχος	3	2,5	50,0	83,3
	ΠΣΧΜ-στέλεχος	1	,8	16,7	100,0
	Total	6	5,0	100,0	
Missing	System	115	95,0		
Total		121	100,0		

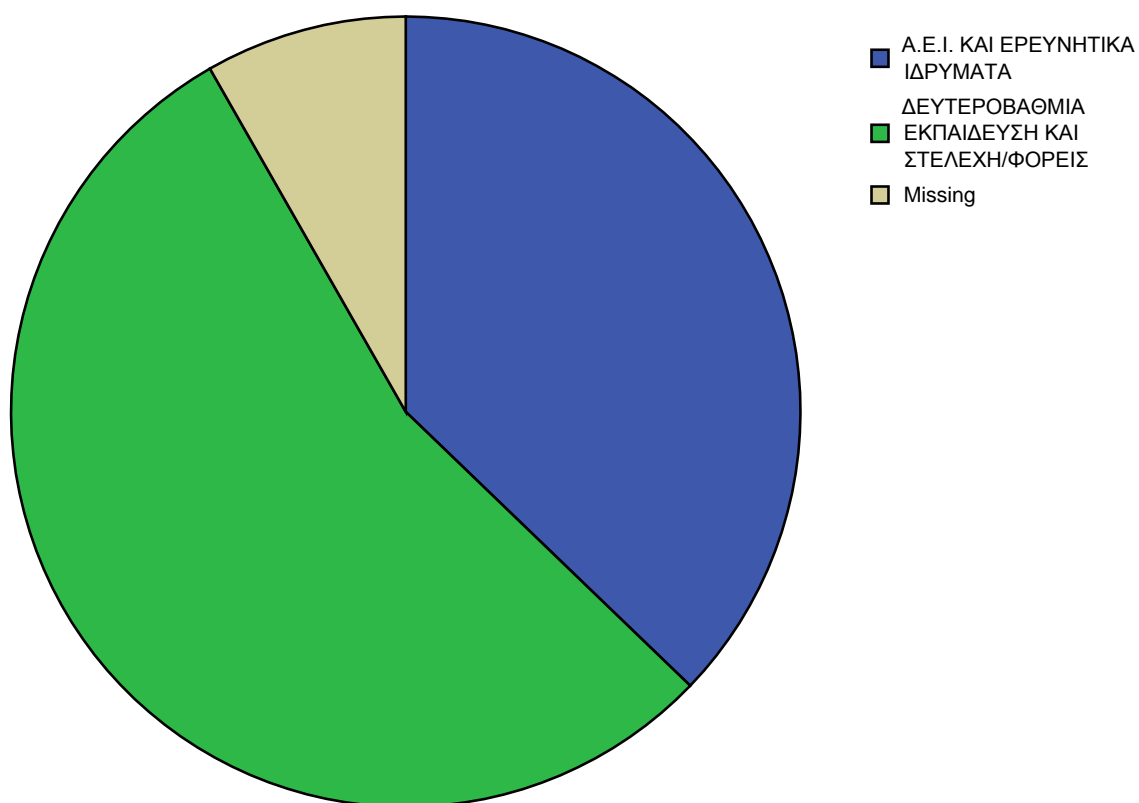
ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ / ΘΕΣΗ ΕΙΔΙΚΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ



ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ ενιαία

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Α.Ε.Ι. ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΙΔΡΥΜΑΤΑ	45	37,2	40,5	40,5
	ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΣΤΕΛΕΧΗ/ΦΟΡΕΙΣ	66	54,5	59,5	100,0
	Total	111	91,7	100,0	
Missing	System	10	8,3		
Total		121	100,0		

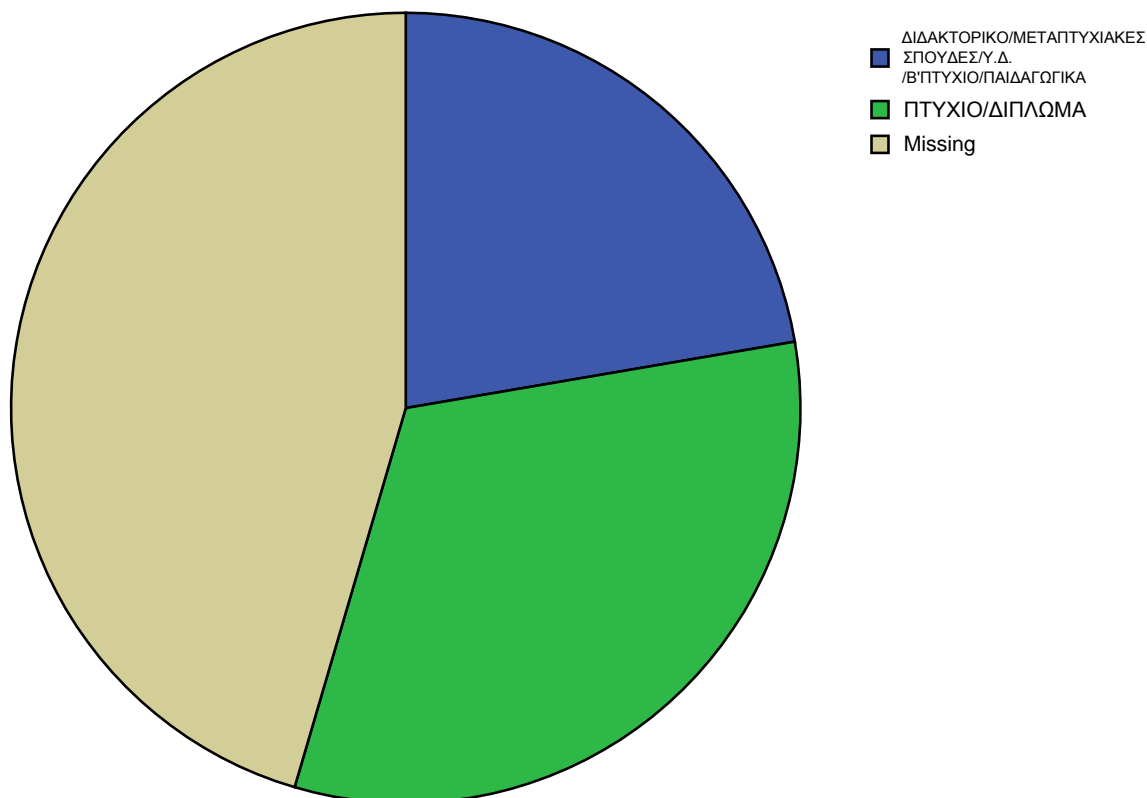
ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΤΗΝ ΕΡΕΥΝΑ ενιαία



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΑ ενιαία στη ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠ/ΣΗ ΚΑΙ ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΑ/ΙΔΙΑΙΤΕΡΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΟ/ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΕΣ ΣΠΟΥΔΕΣ/Υ.Δ./Β'ΠΤΥΧΙΟ/ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΑ	27	22,3	40,9	40,9
	ΠΤΥΧΙΟ/ΔΙΠΛΩΜΑ	39	32,2	59,1	100,0
	Total	66	54,5	100,0	
Missing	System	55	45,5		
Total		121	100,0		

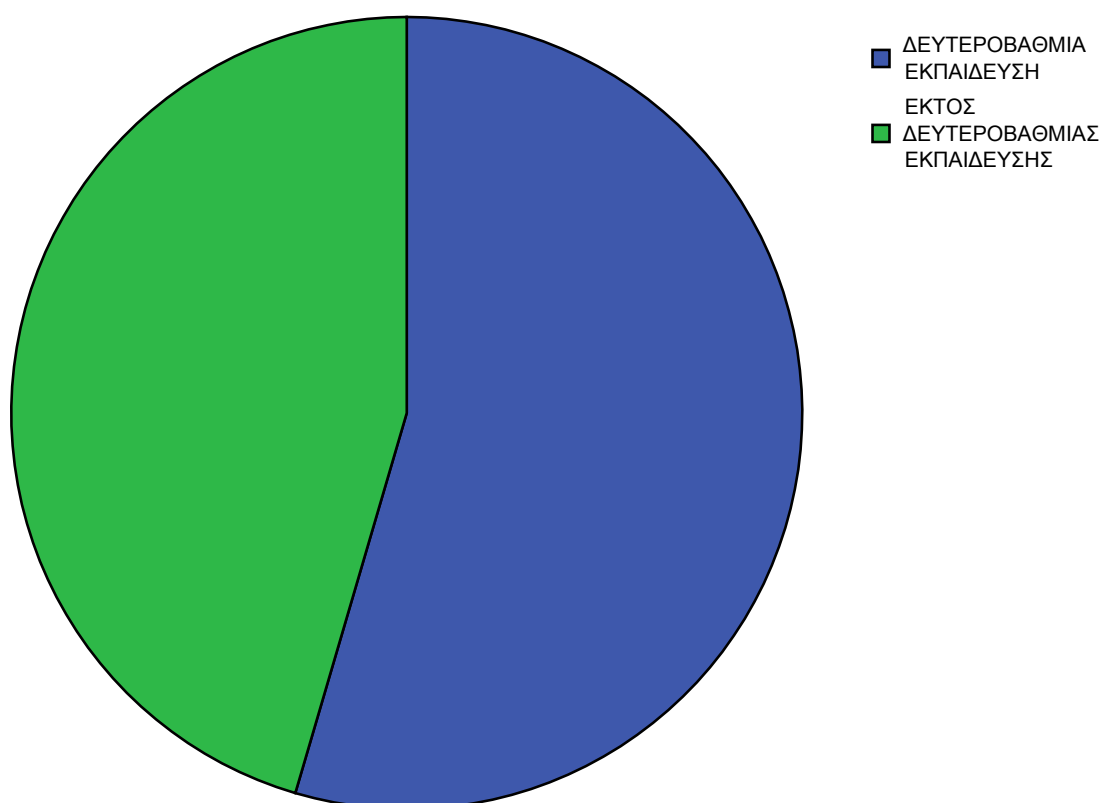
ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΑ ενιαία στη ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠ/ΣΗ ΚΑΙ ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΑ/ΙΔΙΑΙΤΕΡΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ



ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΚΤΟΣ ενιαία

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	66	54,5	54,5	54,5
	ΕΚΤΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ	55	45,5	45,5	100,0
	Total	121	100,0	100,0	

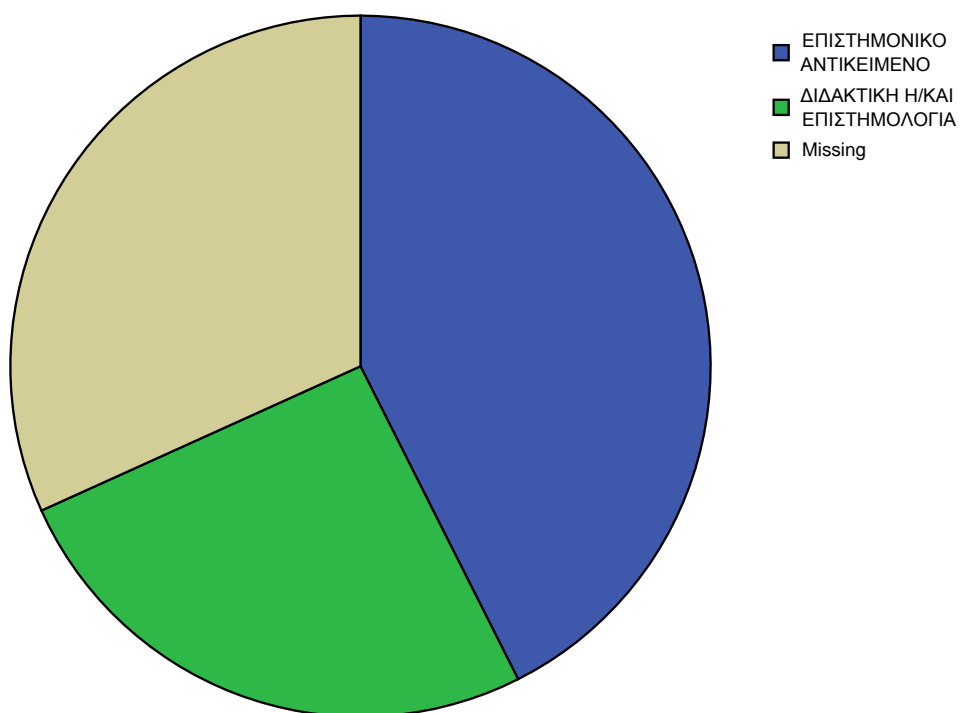
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΕΚΤΟΣ ενιαία



**ΣΥΝΟΛΙΚΑ ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΚΥΡΙΑΣ ΕΡΕΥΝΑΣ
ΑΝΑ ΕΙΔΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ**

ΕΙΔΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ		N	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	42,6	62,4	62,4
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	25,7	37,6	100,0
	Total	101	68,2	100,0	
Missing	System	47	31,8		
Total		148	100,0		

ΕΙΔΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ



ΠΙΝΑΚΑΣ Μ.Ο. ΟΛΩΝ ΤΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ

ΑΝΑ ΕΙΔΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ

ΚΩΔ.	ΕΙΔΟΣ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ	N	Μ.Ο.	Τυπική Απόκλιση	Std. Error Mean
P01A01	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	4,24	,946	,119
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	4,08	1,217	,197
P02A02	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	4,17	,834	,105
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	4,18	1,227	,199
P03A03	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	4,78	,456	,057
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	4,58	,976	,158
P04A04	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	3,40	1,185	,149
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	3,18	1,557	,253
P05A05	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	3,62	1,442	,182
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	3,55	1,465	,238
P06A06	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	4,54	,692	,087
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	4,50	1,007	,163
P07A07	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	4,35	,986	,124
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	4,18	1,291	,210
P08B01	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	2,49	1,148	,145
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	2,16	1,462	,237
P09B02	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	3,40	1,212	,153
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	3,03	1,619	,263
P10B03	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	4,46	1,119	,141
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	4,71	,694	,113
P11B04	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	2,67	1,164	,147
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	2,08	1,260	,204
P12B05	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	4,00	1,016	,128
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	4,39	,679	,110

P13B06	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	2,05	,974	,123
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	1,82	1,036	,168
P14B07	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	3,54	1,255	,158
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	3,34	1,381	,224
P15B08	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	2,14	1,330	,168
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	1,68	1,141	,185
P16B09	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	3,17	1,264	,159
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	2,97	1,479	,240
P17B10	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	2,98	1,326	,167
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	2,97	1,385	,225
P18B11	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	4,35	,845	,107
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	4,47	,830	,135
P19B12	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	3,27	1,648	,208
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	3,47	1,390	,225
P20B13	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	3,98	1,171	,148
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	3,92	1,282	,208
P21B14	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	4,13	,942	,119
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	3,89	1,371	,222
P22Γ01	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	4,25	,950	,120
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	4,24	,852	,138
P23Γ02	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	3,10	1,228	,155
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	2,84	1,534	,249
P24Γ03	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	3,30	1,315	,166
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	3,21	1,613	,262
P25Γ04	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	3,60	1,199	,151
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	3,37	1,344	,218
P26Γ05	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	2,71	1,300	,164

	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	2,95	1,524	,247
P27Γ06	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	2,35	1,427	,180
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	2,87	1,256	,204
P28Γ07	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	3,40	1,302	,164
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	3,00	1,375	,223
P29Γ08	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	3,10	1,353	,170
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	3,21	1,803	,293
P30Γ09	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	2,70	1,375	,173
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	2,29	1,354	,220
P31Γ10	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	3,14	1,533	,193
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	2,58	1,621	,263
P32Γ11	ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ	63	4,14	1,216	,153
	ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ Η/ΚΑΙ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΑ	38	4,05	1,335	,216

ΥΠΟΟΜΑΔΕΣ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ ΜΕ ΕΙΔΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ / ΘΕΣΗ ΕΙΔΙΚΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ		N	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ	1	,7	5,9	5,9
	Κ.Ε.Ε.	2	1,4	11,8	17,6
	ΔΙΧΗΝΕΤ	8	5,4	47,1	64,7
	ΕΕΧ-στέλεχος	4	2,7	23,5	88,2
	ΠΣΧΜ-στέλεχος	2	1,4	11,8	100,0
	Total	17	11,5	100,0	
Missing	System	131	88,5		
Total		148	100,0		

ΔΕΥΤΕΡΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ		N	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ / ΙΔΙΑΙΤΕΡΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ	13	8,8	38,2	38,2
	ΑΕΙ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΑ	4	2,7	11,8	50,0
	ΣΤΕΛΕΧΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ / ΕΚΦΕ	6	4,1	17,6	67,6
	ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ	1	,7	2,9	70,6
	ΣΤΕΛΕΧΟΣ ΔΗΜΟΣΙΟΥ ΤΟΜΕΑ	1	,7	2,9	73,5
	ΤΕΙ / ΙΕΚ	6	4,1	17,6	91,2
	ΤΕΧΝΗ/ΜΟΥΣΙΚΗ/ΑΘΛΗΤΙ ΣΜΟΣ/ΣΚΑΚΙ	3	2,0	8,8	100,0
	Total	34	23,0	100,0	
Missing	System	114	77,0		
Total		148	100,0		

ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΑΛΛΟΥ ΤΥΠΟΥ		N	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΔΗΜΟΣΙΟΣ ΤΟΜΕΑΣ	1	,7	5,3	5,3
	ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ Ή/ΚΑΙ ΣΥΝΔΙΚΑΛΙΣΤΗΣ	5	3,4	26,3	31,6
	ΕΦΕΤ / ΓΧΚ	1	,7	5,3	36,8
	ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΧΗΜΕΙΑΣ	10	6,8	52,6	89,5
	ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΑΚΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΧΗΜΕΙΑΣ	2	1,4	10,5	100,0
	Total	19	12,8	100,0	
Missing	System	129	87,2		
Total		148	100,0		

ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΣΤΗ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ & ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ		N	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ΕΡΕΥΝΑ	2	1,4	22,2	22,2
	ΠΩΛΗΣΕΙΣ	1	,7	11,1	33,3
	ΔΙΟΙΚΗΣΗ	2	1,4	22,2	55,6
	ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΠΩΛΗΣΕΙΣ	1	,7	11,1	66,7
	ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΑ	1	,7	11,1	77,8
	ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΑ	2	1,4	22,2	100,0
	Total	9	6,1	100,0	
Missing	System	139	93,9		
Total		148	100,0		

**ΠΙΝΑΚΕΣ ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΗΣ ΒΑΘΜΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΡΙΩΝ ΠΡΟΤΑΣΕΩΝ
ΑΠΟ ΥΠΟΟΜΑΔΕΣ ΤΩΝ ΣΥΜΜΕΤΕΧΟΝΤΩΝ ΜΕ ΕΙΔΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

Πρόκειται για την P30Γ09 η οποία αναφέρεται στον Αναγωγισμό της Βιολογίας και της Χημείας στη Φυσική (Ακαδημαϊκή προσέγγιση) και τις P14B07, P15B08 οι οποίες αναφέρονται στην κύρια σημασία για τη σχολική Χημεία των πειραματικών δεξιοτήτων και των «ανοικτών» διερευνήσεων από τους μαθητές χωρίς προηγούμενη θεωρητική καθοδήγηση από τους διδάσκοντες (Κονστρουκτιβιστική προσέγγιση).

Report

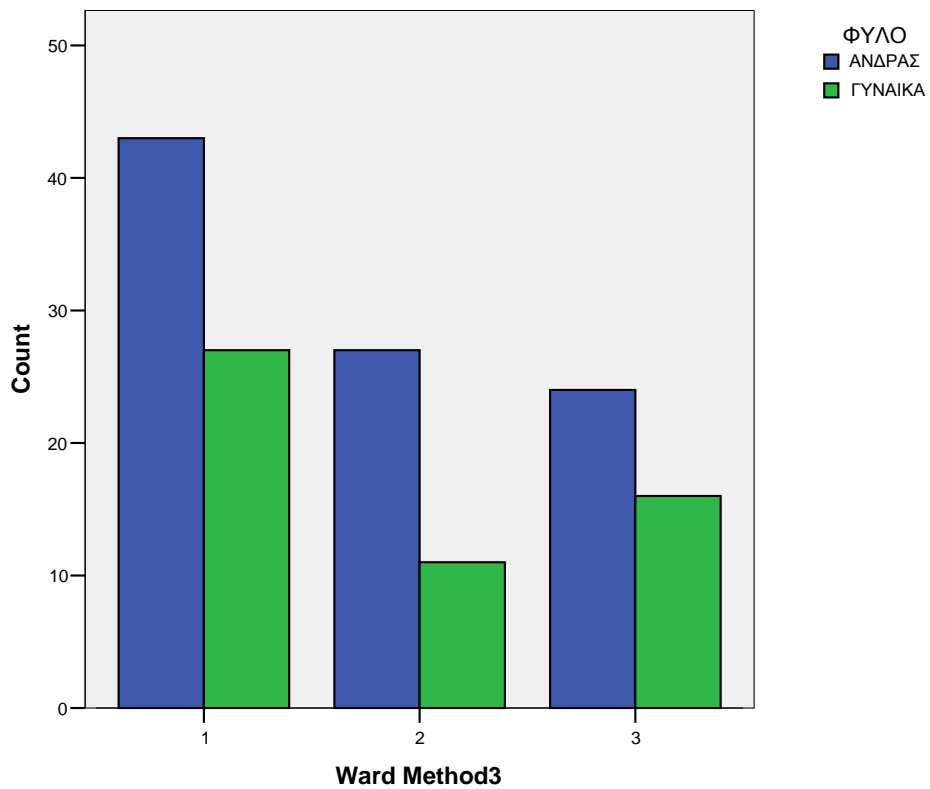
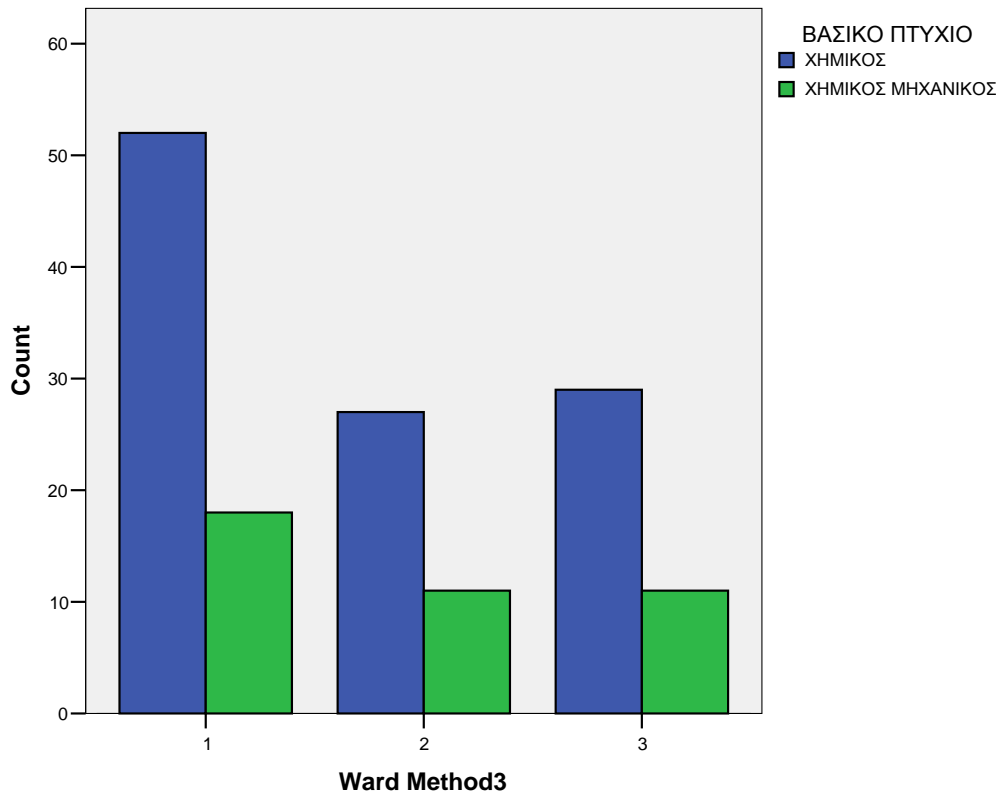
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ		P30Γ09	P14B07	P15B08
A.E.I. & ΕΡΕΥΝΑ	M.O.	2,78	3,63	2,33
	N	49	49	49
	Τυπική Απόκλιση	1,373	1,302	1,197
ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ	M.O.	2,36	3,63	2,00
	N	70	70	70
	Τυπική Απόκλιση	1,330	1,157	1,167
ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ	M.O.	2,20	3,00	1,80
	N	5	5	5
	Τυπική Απόκλιση	1,095	,707	,837
ΣΥΜΒΟΥΛΟΣ, ΣΤΕΛΕΧΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ	M.O.	2,00	2,00	2,33
	N	3	3	3
	Τυπική Απόκλιση	1,732	1,000	1,528
ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ	M.O.	3,11	2,78	2,00
	N	9	9	9
	Τυπική Απόκλιση	1,833	1,302	1,803
Σύνολο	M.O.	2,54	3,51	2,12
	N	136	136	136
	Τυπική Απόκλιση	1,387	1,235	1,218

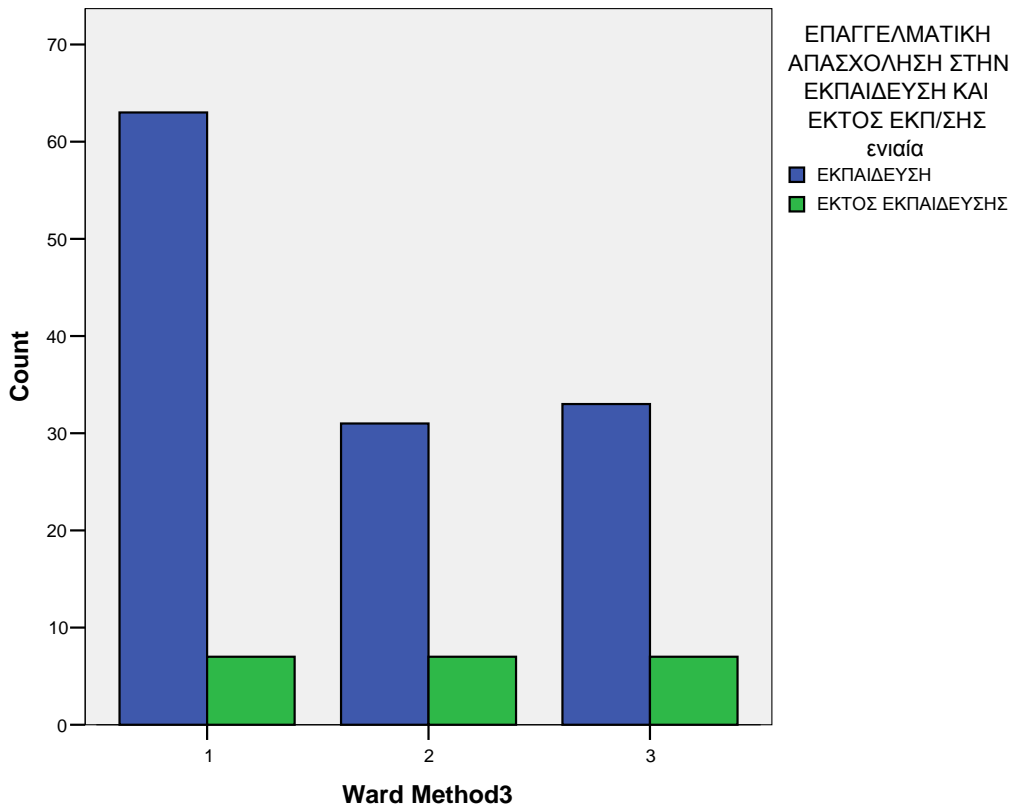
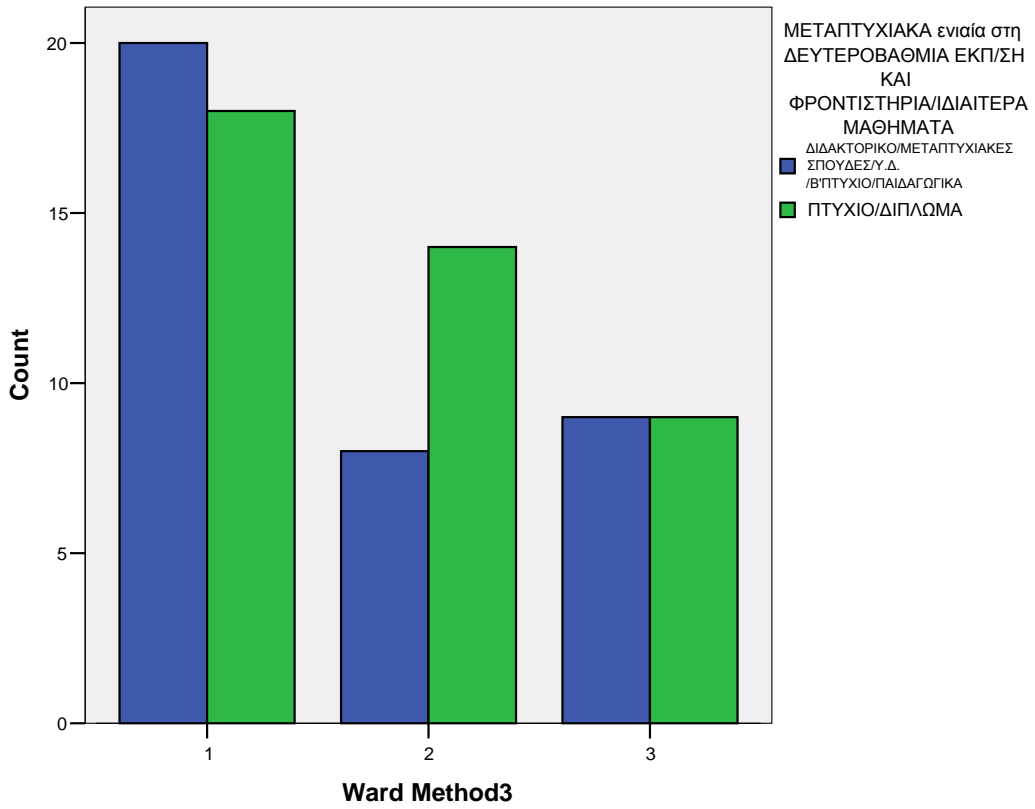
ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ / ΘΕΣΗ ΕΙΔΙΚΗΣ ΣΗΜΑΣΙΑΣ		P30Γ09	P14B07	P15B08
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ	Μ.Ο.	4,00	1,00	2,00
	N	1	1	1
	Τυπική Απόκλιση	.	.	.
Κ.Ε.Ε.	Μ.Ο.	4,50	4,00	2,50
	N	2	2	2
	Τυπική Απόκλιση	,707	,000	,707
ΔΙΧΗΝΕΤ	Μ.Ο.	2,63	4,00	2,38
	N	8	8	8
	Τυπική Απόκλιση	1,598	1,195	1,188
ΕΕΧ-στέλεχος	Μ.Ο.	2,25	4,00	2,75
	N	4	4	4
	Τυπική Απόκλιση	,957	,816	1,258
ΠΣΧΜ-στέλεχος	Μ.Ο.	2,00	3,50	2,50
	N	2	2	2
	Τυπική Απόκλιση	,000	,707	2,121
Σύνολο	Μ.Ο.	2,76	3,76	2,47
	N	17	17	17
	Τυπική Απόκλιση	1,393	1,147	1,125
ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ ΑΛΛΟΥ ΤΥΠΟΥ		P30Γ09	P14B07	P15B08
ΔΗΜΟΣΙΟΣ ΤΟΜΕΑΣ	Μ.Ο.	2,00	3,00	2,00
	N	1	1	1
	Τυπική Απόκλιση	.	.	.
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ Ή/ΚΑΙ ΣΥΝΔΙΚΑΛΙΣΤΗΣ	Μ.Ο.	2,40	3,80	2,40
	N	5	5	5
	Τυπική Απόκλιση	,548	,837	1,342
ΕΦΕΤ/ΓΧΚ	Μ.Ο.	3,00	5,00	1,00
	N	1	1	1
	Τυπική Απόκλιση	.	.	.
ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΧΗΜΕΙΑΣ	Μ.Ο.	2,70	3,70	2,10
	N	10	10	10
	Τυπική Απόκλιση	1,703	1,567	1,524
ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΑΚΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΧΗΜΕΙΑΣ	Μ.Ο.	1,50	2,00	2,50
	N	2	2	2
	Τυπική Απόκλιση	,707	,000	,707
Σύνολο	Μ.Ο.	2,47	3,58	2,16
	N	19	19	19
	Τυπική Απόκλιση	1,307	1,346	1,302

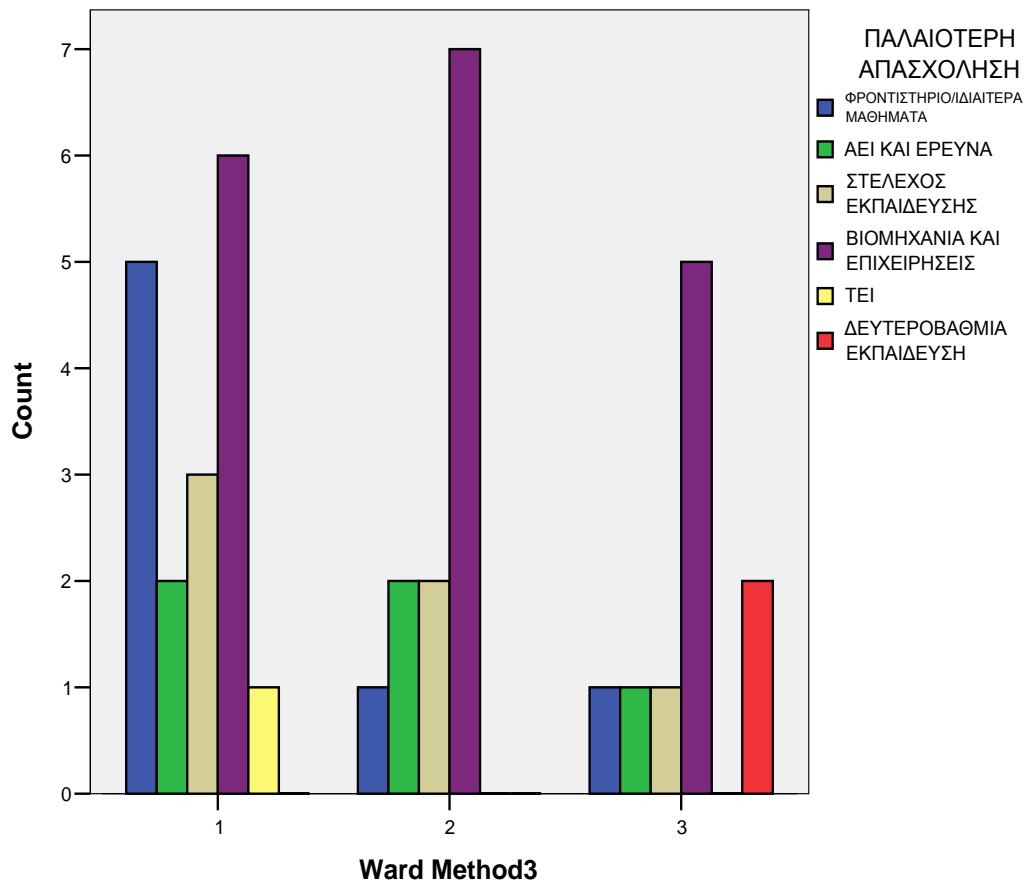
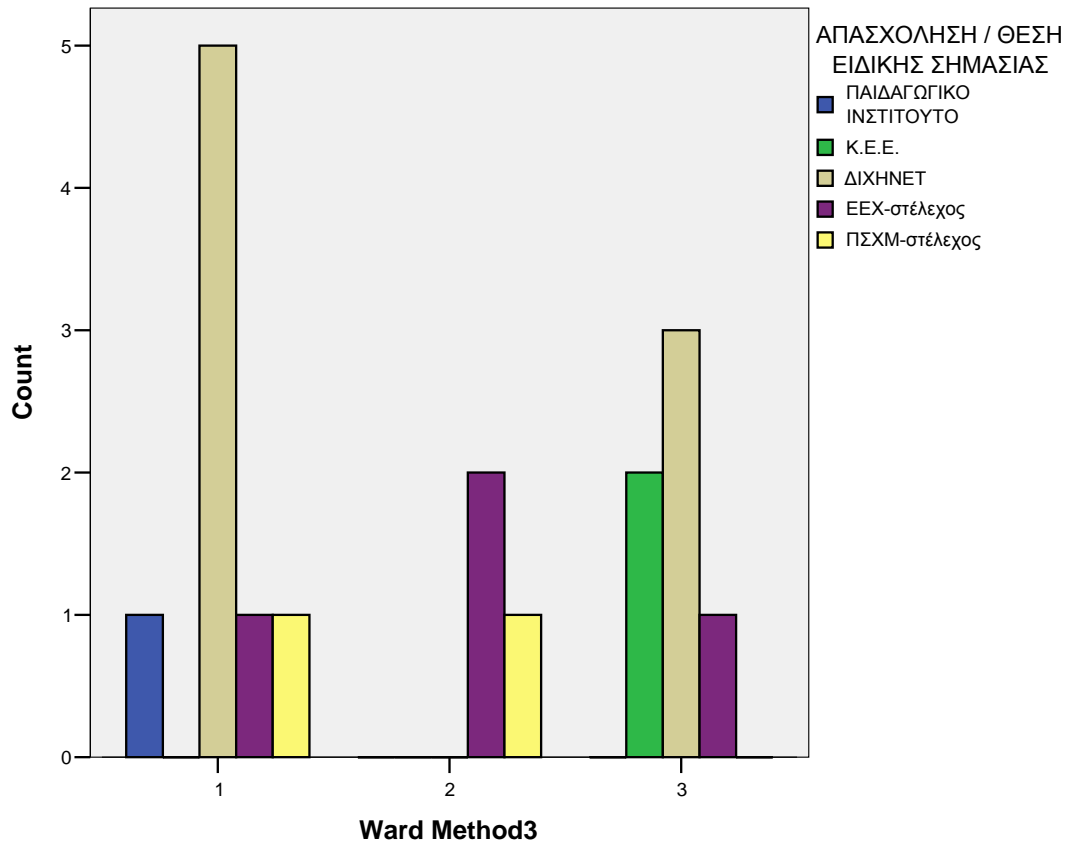
ΔΕΥΤΕΡΗ ΑΠΑΣΧΟΛΗΣΗ		P30Γ09	P14B07	P15B08
ΦΡΟΝΤΙΣΤΗΡΙΟ / ΙΔΙΑΙΤΕΡΑ ΜΑΘΗΜΑΤΑ	Μ.Ο.	2,15	2,92	1,77
	N	13	13	13
	Τυπική Απόκλιση	1,345	1,320	,927
ΑΕΙ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΑ	Μ.Ο.	2,00	3,50	1,25
	N	4	4	4
	Τυπική Απόκλιση	,816	,577	,957
ΣΤΕΛΕΧΟΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ/ΕΚΦΕ	Μ.Ο.	2,83	4,33	2,33
	N	6	6	6
	Τυπική Απόκλιση	1,472	,816	1,211
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΚΑΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΕΙΣ	Μ.Ο.	3,00	3,00	1,00
	N	1	1	1
	Τυπική Απόκλιση	.	.	.
ΣΤΕΛΕΧΟΣ ΔΗΜΟΣΙΟΥ ΤΟΜΕΑ	Μ.Ο.	3,00	3,00	1,00
	N	1	1	1
	Τυπική Απόκλιση	.	.	.
ΤΕΙ/ΙΕΚ	Μ.Ο.	3,50	3,33	2,00
	N	6	6	6
	Τυπική Απόκλιση	1,378	1,366	,894
ΤΕΧΝΗ/ΜΟΥΣΙΚΗ/ΑΘΛΗΤΙ ΣΜΟΣ/ΣΚΑΚΙ	Μ.Ο.	3,67	3,33	2,00
	N	3	3	3
	Τυπική Απόκλιση	1,528	,577	1,000
Σύνολο	Μ.Ο.	2,68	3,35	1,82
	N	34	34	34
	Τυπική Απόκλιση	1,364	1,152	,968

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ ΤΗΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΚΑΤΑ ΣΥΣΤΑΔΕΣ

(Ward's method)







Η επιστημονική επίρρωση/επιβεβαίωση του Ρεαλισμού στη Χημεία;

Ένας δεσμός γεννιέται

Μοναδικά πορτρέτα μορίων πριν και μετά τη χημική αντίδραση

Δημοσίευση: 31 Μαΐ. 2013 16:58

Για πρώτη φορά οι επιστήμονες κατόρθωσαν να φωτογραφίσουν τα μόρια μιας χημικής ουσίας ακριβώς προτού αυτά αντιδράσουν μεταξύ τους καθώς και αμέσως μετά την αντίδραση. Το «στιγμιότυπο», το οποίο όπως αναφέρεται στο σχετικό δελτίο Τύπου, αποτελεί «το όνειρο κάθε χημικού», επετεύχθη χάρη σε μια νέα τεχνική που ανέπτυξαν χημικοί και φυσικοί του Πανεπιστημίου της Καλιφόρνιας στο Μπέρκλεϊ.

Χρησιμοποιώντας ένα εξελιγμένο μικροσκόπιο ατομικής δύναμης (Non-contact atomic force microscope, εν συντομία nc-AFM) οι ερευνητές κατόρθωσαν να «συλλάβουν» κάθε άτομο ξεχωριστά καθώς και τους δεσμούς που σχηματίζονται μεταξύ των ατόμων, απεικονίζοντας ευκρινώς πώς αλλάζει η δομή ενός μορίου κατά της διάρκεια μιας χημικής αντίδρασης. Μέχρι τώρα οι επιστήμονες μπορούσαν να εξαγάγουν πληροφορίες αυτού του είδους μόνο μέσω της φασματοσκοπικής ανάλυσης – ποτέ κάποιος δεν τις είχε αποτυπώσει άμεσα «εν δράσει».

Ένα όνειρο βγαίνει αληθινό

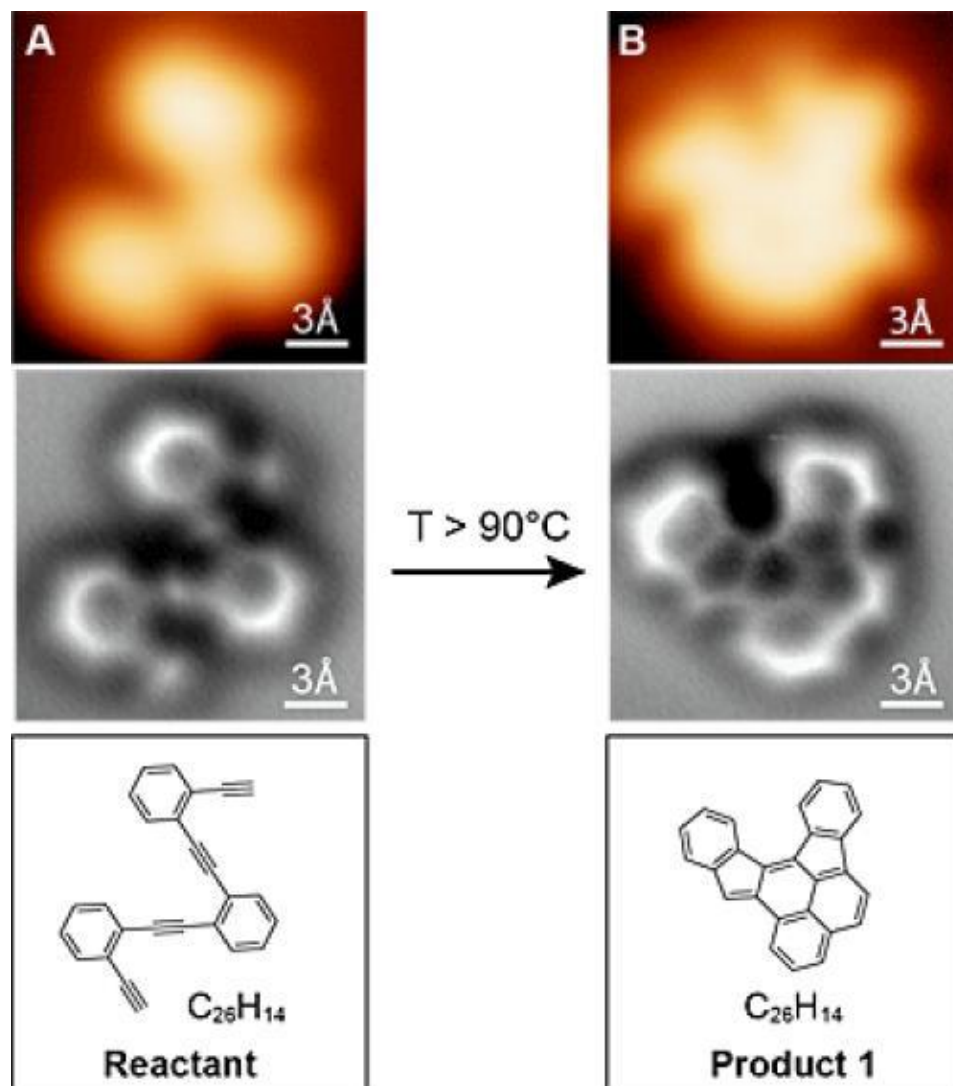
«Αν και χειρίζομαι αυτές τις αντιδράσεις σε καθημερινή βάση, το γεγονός ότι μπορώ πραγματικά να δω αυτές τις εικόνες με αφήνει άναυδο» σχολίασε ο Φίλιξ Φίσερ, επίκουρος καθηγητής Χημείας στο πανεπιστήμιο του Μπέρκλεϊ. «Αυτό ήταν κάτι που οι δάσκαλοί μου έλεγαν ότι δυστυχώς δεν θα μπορέσουμε να δούμε ποτέ, και να που τώρα το βλέπουμε».

Η δυνατότητα απεικόνισης μοριακών αντιδράσεων κατ' αυτόν τον τρόπο πέραν της «εκπλήρωσης ενός ονείρου» θα βοηθήσει ιδιαίτερα όχι μόνο τους φοιτητές Χημείας αλλά και τους ερευνητές που προσπαθούν να αναπτύξουν νέες δομές και υλικά – όπως π.χ. οι νανοδομές από γραφένιο.

«Το μικροσκόπιο ατομικής δύναμης μας δίνει νέες πληροφορίες σχετικά με τον χημικό δεσμό, κάτι το οποίο είναι απίστευτα χρήσιμο για την κατανόηση του πώς οι διάφορες μοριακές δομές συνδέονται μεταξύ τους και πώς εμείς μπορούμε να τις μετατρέψουμε από ένα σχήμα σε ένα άλλο» εξήγησε ο έτερος επικεφαλής της μελέτης, Μάικλ Κρόμι, καθηγητής Χημείας στο Πανεπιστήμιο του Μπέρκλεϊ. «Αυτό θα μας βοηθήσει να δημιουργήσουμε νέες νανοδομές, όπως δίκτυα ατόμων με δεσμούς μεταξύ τους τα οποία θα έχουν συγκεκριμένο σχήμα και δομή ώστε να χρησιμοποιηθούν σε ηλεκτρονικές συσκευές. Ανοίγει τον δρόμο προς τα εμπρός».

Η μελέτη δημοσιεύθηκε στην επιθεώρηση «Science».

Newsroom ΔΟΛ



Επάνω οι φωτογραφίες μιας αντίδρασης με ένα μικροσκόπιο ρεύματος σήραγγας ακίδας (STM), στο κέντρο οι νέες φωτογραφίες με το μικροσκόπιο ατομικής δύναμης nc-AFM και κάτω κλασικά διαγράμματα μοριακής δομής (Πηγή Felix Fischer and Michael Crommie, UC Berkeley)

Αντιαναγωγισμός και ανάδυση σε όλα τα επίπεδα πολυπλοκότητας

Η ανάδυση και η συστημική βιολογία: Μια λεπτή αντιστοίχιση

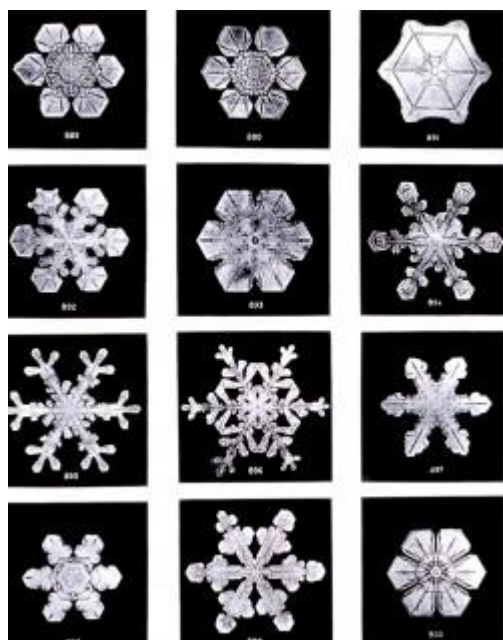
Οι υψηλότερου επιπέδου προσεγγίσεις στη βιολογία, σχετικά με την άποψη των φυσικών για τη βιολογία, είναι ότι είναι γεμάτες αναγωγισμό. Αναγωγισμός είναι η μεγάλη κληρονομιά της σύγχρονης επιστήμης που είδε το αποκορύφωμα της στις δύο επιστημονικές επαναστάσεις του εικοστού αιώνα, της κβαντικής μηχανικής και της μοριακής βιολογίας. Είναι δύσκολο να υπερεκτιμηθούν οι πρακτικές επιπτώσεις του αναγωγισμού. Και όμως αντιμετωπίζοντας τα σημαντικότερα προβλήματα του εικοστού πρώτου αιώνα στη βιολογία, έχουμε συνειδητοποιήσει τα όρια του αναγωγισμού. Το μεγάλο αντίδοτο για τον αναγωγισμό είναι η ανάδυση, μια ιδιότητα που καθιστά τα πολύπλοκα συστήματα μη αναγώγιμα στο άθροισμα των μερών τους. Το 1972 ο Νομπελίστας φυσικός Φίλιπ Άντερσον έγραψε ένα εξαιρετικά φιλόδοξο άρθρο με τίτλο «Το Περισσότερο είναι διαφορετικό», το οποίο διερεύνησε την αδυναμία των φαινόμενων "κατώτερου επιπέδου" να προβλέψει τις εκδηλώσεις «υψηλότερου επιπέδου».

Ο εγκέφαλος είναι ένα εξαιρετικό παράδειγμα των αναδύμενων φαινομένων. Πολλοί επιστήμονες πιστεύουν ότι η νευροεπιστήμη θα είναι στον εικοστό πρώτο αιώνα ό, τι ήταν η μοριακή βιολογία για τον εικοστό αιώνα. Για πρώτη φορά στην ιστορία, εν μέρει μέσω της τεχνολογίας ανασυνδυασμένου DNA και εν μέρει λόγω των προηγμένων (state-of-the-art) τεχνικών απεικόνισης όπως η λειτουργική μαγνητική τομογραφία (fMRI), σημαντικές ανακαλύψεις σχετικά με τον εγκέφαλο βρίσκονται επί θύρας. Καμία έκπληξη το γεγονός ότι ο Francis Crick μεταπήδησε στις νευροεπιστήμες κατά τα τελευταία χρόνια της ζωής του. Αλλά ο εγκέφαλος παρουσιάζει ένα πολύ διαφορετικό είδος πρόκλησης από εκείνη που τίθενται από ένα υπεραγωγό ή ένα κρύσταλλο του DNA. Ο εγκέφαλος είναι ένα εξαιρετικά ιεραρχική και σπονδυλωτή δομή, με πολλά αλληλοεξαρτώμενα αλλά όμως διακριτά στρώματα οργάνωσης. Από το βασικό επίπεδο του νευρώνα προχωράμε σε συλλογές των νευρώνων και νευρογλοιακά κύτταρα που συμπεριφέρονται με πολύ διαφορετικό τρόπο, και μετά σε εξειδικευμένα κέντρα για την ομιλία, τη μνήμη και άλλες επεξεργασίες μέχρι ολόκληρο τον εγκέφαλο. Καθώς ανεβαίνουμε αυτή την κλίμακα της πολυπλοκότητας, αναδύμενα χαρακτηριστικά προκύπτουν σε κάθε επίπεδο, η συμπεριφορά των οποίων δεν μπορεί να αντληθεί απλά και μόνο από τη συμπεριφορά των μεμονωμένων νευρώνων.

Το πρόβλημα ανατρέπει τη συστημική βιολογία γενικότερα. Η συστημική προσέγγιση προσπαθεί να δημιουργήσει βιώσιμα μοντέλα των ζωντανών συστημάτων. Ο ισχυρισμός είναι ότι μπορεί να λύσει το αντίστροφο πρόβλημα της φυσιολογίας που απορρέει από μοντέλα για το πώς τα συστήματα λειτουργούν από τις παρατηρήσεις της συμπεριφοράς τους. Είναι γνωστό ότι τα αντίστροφα προβλήματα μπορούν να επιλυθούν μόνο υπό πολύ συγκεκριμένες συνθήκες. Ένα καλό παράδειγμα ενός αντίστροφου προβλήματος είναι ο υπολογισμός της δομής ενός μορίου από το διάγραμμα περίθλασης ακτίνων X ενός κρυστάλλου. Το σύμπαν των πιθανών μοντέλων για οποιοδήποτε πολύπλοκο σύστημα όπως η λειτουργία ενός κυττάρου έχει πολύ μεγάλες διαστάσεις και, δεν υπάρχει οδηγός να περιορίσει την επιλογή του μοντέλου.

Ο Νομπελίστας Sydney Brenner είναι επικριτικός της βιολογίας συστημάτων και των καθαρά αναγωγιστικών υπεραπλουστευτικών προσεγγίσεων. Ο Brenner λέει ότι κάθε

σχέδιο της βιολογίας συστημάτων οδηγεί ουσιαστικά σε ένα μοντέλο, ένα μοντέλο που προσπαθεί να λύσει το πρόβλημα της εξαγωγής της πραγματικότητας από πειραματικά δεδομένα. Ωστόσο, ένα μοντέλο δεν είναι η πραγματικότητα, είναι μια ατελής εικόνα της πραγματικότητας κατασκευασμένο από κομμάτια των δεδομένων. Είναι επομένως - και αυτό πρέπει να τονιστεί - μόνο μια απεικόνιση της πραγματικότητας. Άλλα μοντέλα θα μπορούσαν να ικανοποιήσουν τους ίδιους πειραματικούς περιορισμούς και για συστήματα με χιλιάδες κινούμενα μέρη, όπως τα κύτταρα, ο αριθμός των μοντέλων είναι αστρονομικά μεγάλος. Επιπλέον, τα δεδομένα σε βιολογικές μετρήσεις έχουν συχνά μεγάλα περιθώρια λάθους, περιπλέκοντας περαιτέρω τη χρήση τους. Αυτό βάζει συστημική βιολογία στο κλασικό αίνιγμα του αντίστροφου προβλήματος που Brenner επισημαίνει, και όπως και άλλα αντίστροφα προβλήματα, η λύση που θα βρεθεί είναι πιθανό να είναι μία από ένα διαστελλόμενο σύμπαν λύσεων, πολλές από τις οποίες θα μπορούσε να είναι καλύτερες από αυτή. Αυτό σημαίνει ότι, ενώ τα μοντέλα που προέρχονται από τη βιολογία συστημάτων μπορεί να είναι χρήσιμα - και συχνά αυτό αποτελεί επαρκή προϋπόθεση για τη χρήση τους - θα μπορούσαν πιθανόν να έχουν αφήσει εκτός κάποιο σημαντικό χαρακτηριστικό του συστήματος.



Οι νιφάδες χιονιού είναι ένα κλασικό παράδειγμα της ανάδυσης. Κάθε νιφάδα χιονιού έχει μια ξεχωριστή ταυτότητα που δεν μπορεί να εξαχθεί μοναδικά και αποκλειστικά από την υποκείμενη μοριακή σύνθεση (Φωτογραφία: Wikipedia Commons).

BHMA SCIENCE

Newsroom ΔΟΛ

Στη μελέτη αυτή λήφθηκαν υπόψη, ως βάση αναφοράς, όλα τα εγχειρίδια Χημείας του Ο.Ε.Δ.Β. τα οποία διδάσκονται στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο. Τα βιβλία αυτά τα έχει διδάξει στην τάξη, όλα, ο ίδιος ο γράφων για πολλά χρόνια (όπως και τα αντίστοιχα Βιολογίας και τα περισσότερα της Φυσικής). Επίσης έχουν ληφθεί υπόψη όλες οι σχετικές με τη διδασκαλία τους οδηγίες από το Υπουργείο Παιδείας, το Π.Ι. και το Κ.Ε.Ε. (τόρα Ι.Ε.Π.), καθώς και τα Α.Π.Σ.

Παράλληλα για τις ανάγκες αυτής της μελέτης και όποιο άλλο ζήτημα προέκυπτε, ο γράφων ανέτρεχε συχνά και στα παρακάτω Πανεπιστημιακά συγγράμματα που αφορούν βασικές γνώσεις Γενικής, Ανόργανης και Οργανικής Χημείας για νέους φοιτητές επιστημονικών και τεχνολογικών σπουδών:

1. Atkins, P., Jones, L., (2002). Chemistry (4th ed.). Freeman, New York.
2. Morrison, R. T., & Boyd, R. N. (1987). Organic chemistry (5th ed.). Boston: Allyn & Bacon.
3. Καραγιαννίδης, Π. Π., Ειδική Ανόργανη Χημεία (1999), Τα Χημικά Στοιχεία και οι Ενώσεις τους, Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
4. Κατάκης, Μεθενίτης, Μητσοπούλου, Πνευματικάκης (2002), Ανόργανη Χημεία Β' -Τα Στοιχεία, σελ. 72.
5. Κλούρας, Ν., (1995), Βασική Ανόργανη Χημεία, Εκδοτικός Οίκος Π. ΤΡΑΥΛΟΣ, 91-92, 101-107, 224.
6. Λοΐζος, Ζ., (2002), Γενική Χημεία, τεύχος 1^ο: Γενικό μέρος, Εκδόσεις ΕΜΠ, Αθήνα 2002, 40, 66-67.

