



Σύγκριση της καθοδηγούμενης διερευνητικής και της παραδοσιακής διδακτικής προσέγγισης του ετεροπολικού δεσμού

Βλάσση Μ., Καραλιώτα Α.

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Χημείας,
mvlassi@yahoo.com, akaraliota@chem.uoa.gr

Στην παρούσα εργασία προτείνεται μία διδακτική προσέγγιση του ετεροπολικού δεσμού, η οποία στηρίζεται στην καθοδηγούμενη διερευνητική μέθοδο διδασκαλίας. Προκειμένου να ερευνηθεί η αποτελεσματικότητά της, η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε σε μία ομάδα μαθητών της Α΄ Λυκείου που αποτέλεσε την πειραματική ομάδα. Μία άλλη ομάδα μαθητών που αποτέλεσε την ομάδα ελέγχου διδάχτηκε την ίδια ενότητα με την παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας. Η ίδια γραπτή δοκιμασία χρησιμοποιήθηκε για τη σύγκριση των δύο μεθόδων. Τα αποτελέσματα από τη σύγκριση των επιδόσεων των μαθητών έδειξαν υπεροχή της διερευνητικής μεθόδου ως προς την παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας.

Εισαγωγή

Η μελέτη και η κατανόηση του χημικού δεσμού είναι μια πολύ σπουδαία και δύσκολη υπόθεση και η διδακτική του προσέγγιση είναι ακόμη δυσκολότερη. Η βιβλιογραφία συμπεριλαμβάνει πλήθος εργασιών για το πώς αντιλαμβάνονται τα είδη του χημικού δεσμού οι σπουδαστές της δευτεροβάθμιας και της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (Peterson 1993, Furio & Calatayud 1996, Taber 1998, Birk & Kurtz 1999, Nicoll 2003, Levy Nahum et al. 2007, author names, 2008). Οι εργασίες αυτές αναφέρονται σε παρανοήσεις που εμφανίζουν οι μαθητές διαφόρων τάξεων ως προς την έννοια αυτή. Το συμπέρασμα που εξάγεται είναι ότι οι μαθητές δε συσχετίζουν τα είδη του χημικού δεσμού με τις ιδιότητες ορισμένων σωμάτων που απαντούν στην καθημερινή τους ζωή. Το γεγονός αυτό φανέρωσε την ανάγκη για εφαρμογή μίας διαφορετικής διδακτικής προσέγγισης του χημικού δεσμού. Στην παρούσα εργασία προτείνεται μία διδακτική προσέγγιση για τον ετεροπολικό δεσμό, η οποία στηρίζεται στην καθοδηγούμενη διερευνητική μέθοδο διδασκαλίας, και η οποία εφαρμόστηκε σε μαθητές της Α΄ Λυκείου. Η ίδια ενότητα διδάχτηκε και με βάση την παραδοσιακή μέθοδο και ακολούθησε σύγκριση μεταξύ των δύο μεθόδων, που αποτελεί και το βασικό σκοπό της εργασίας.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Χαρακτηριστικά της καθοδηγούμενης διερευνητικής μεθόδου

Ερευνητές εισήγαγαν τη διερευνητική μέθοδο διδασκαλίας στις τάξεις φυσικών επιστημών από την εποχή του Dewey (1938) και του Schwab (1960). Σύμφωνα με το εθνικό συμβούλιο ερευνών (NRC, 1996) η διερεύνηση μπορεί να θεωρηθεί ως μία στρατηγική που χρησιμοποιεί αξιώματα και αποδείξεις ώστε να προκύψουν επιχειρήματα και εξηγήσεις. Σήμερα η διερεύνηση αποτελεί μία βασική εκπαιδευτική επιστημονική προσέγγιση. Πολλοί εκπαιδευτικοί φυσικών επιστημών χρησιμοποιούν τη μέθοδο της καθοδηγούμενης διερεύνησης για να επιτύχουν πολλούς εκπαιδευτικούς στόχους. Η διερεύνηση συνδέεται με μία σειρά θετικών επιδράσεων στους μαθητές, όπως η αύξηση της κατανόησης εννοιών και η ανάπτυξη κριτικών δεξιοτήτων. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να διαμορφώνουν τη διερευνητική μέθοδο με διάφορους τρόπους και για διαφορετικούς σκοπούς και στόχους και γενικά αυτό που επιτυγχάνεται είναι να παρακινούνται οι μαθητές να εξερευνούν και να αντιλαμβάνονται τα φαινόμενα γύρω τους



προβαίνοντας σε διαδικασίες όμοιες με αυτές που εκτελεί ένας επιστήμονας. Χαρακτηριστικό της σχολικής τάξης στην οποία εφαρμόζονται τέτοια μοντέλα είναι η επικράτηση ενός ψυχολογικού κλίματος ανοικτού στη συζήτηση. (Collins 1988, Zachos et al. 2000, Duschl 2004, Lee et al. 2004, Wallace & Kang 2004)

Στρατηγική της καθοδηγούμενης διερευνητικής μεθόδου

Όσον αφορά στη διεξαγωγή της καθοδηγούμενης διερεύνησης προτείνεται από τη βιβλιογραφία (Ματσαγγούρας 2000) ένα οργανόγραμμα που αποτελείται από 25 διδακτικές δραστηριότητες οργανωμένες σε 8 φάσεις. Η σειρά των δραστηριοτήτων του οργανογράμματος που προτείνεται (πίνακας 1), έχει ενδεικτικό χαρακτήρα και η φύση του αντικειμένου καθώς και η φυσική εξέλιξη της επικοινωνίας δίνει τη δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να ακολουθήσει εναλλακτικές πορείες, συγχωνεύοντας ή αλλάζοντας τη σειρά ορισμένων δραστηριοτήτων, ακόμη και τροποποιώντας το οργανόγραμμα εκεί που ο ίδιος κρίνει σκόπιμο.

Πίνακας 1: Στάδια καθοδηγούμενης διερευνητικής μεθόδου.

ΦΑΣΕΙΣ	Διδακτικές ενέργειες
1 ^η	Προετοιμασία ψυχολογική και γνωσιολογική
2 ^η	Διατύπωση υποθέσεων
3 ^η	Συλλογή και οργάνωση δεδομένων
4 ^η	Αναλυτική επεξεργασία δεδομένων
5 ^η	Υπέρβαση δεδομένων
6 ^η	Εφαρμογές
7 ^η	Ανακεφαλαίωση
8 ^η	Μαθησιακή και μεταγνωστική αξιολόγηση

Χαρακτηριστικά της παραδοσιακής μεθόδου

Σύμφωνα με αυτή τη μέθοδο, που είναι γνωστή και ως «μέθοδος παρουσίασης» παρουσιάζονται οι γνωστές για το θέμα πληροφορίες ή γίνεται ανακεφαλαίωσή τους, χωρίς αυτές να συσχετίζονται με άλλα θέματα που είναι γνωστά στους μαθητές ή να συμπληρώνονται. Ο εκπαιδευτικός έχει τον κύριο λόγο και την πρωτοβουλία για το τι θα παρουσιαστεί στους μαθητές. Ανεξάρτητα από το υλικό που χρησιμοποιεί, ο δρόμος που ακολουθεί, είναι μονής κατεύθυνσης (δεν υπάρχει αλληλεπίδραση). Ο εκπαιδευτικός απλώς δίνει τις γνώσεις του στους μη πληροφορημένους μαθητές, οι οποίοι καλούνται να τις εμπεδώσουν (Κόκκοτας 1989).

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Σκοπός της έρευνας

Κύριος σκοπός της έρευνας ήταν να συγκριθεί η καθοδηγούμενη διερευνητική με την παραδοσιακή μέθοδο διδασκαλίας μέσω της διαφοράς στην επίδοση των μαθητών ύστερα από την εφαρμογή των δύο διδακτικών μεθόδων σε δύο ομάδες μαθητών.

Μεθοδολογία της έρευνας

Οι μαθητές χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, την ομάδα ελέγχου, η οποία διδάχτηκε την ενότητα του ετεροπολικού δεσμού με την παραδοσιακή μέθοδο και την πειραματική ομάδα που διδάχτηκε με την καθοδηγούμενη διερευνητική μέθοδο.

Σε όλους τους μαθητές και των δύο ομάδων δόθηκε το ίδιο ανώνυμο τεστ με σκοπό να διερευνηθούν οι γνώσεις των μαθητών πριν από κάθε είδους παρέμβαση. Η διαδικασία αυτή αποτέλεσε το τεστ πριν την παρέμβαση (pretest). Στη συνέχεια, στην ομάδα ελέγχου πραγματοποιήθηκε διδασκαλία με την παραδοσιακή μέθοδο, ενώ στην πειραματική ομάδα η παρέμβαση έγινε με την καθοδηγούμενη διερευνητική μέθοδο. Η συνολική χρονική διάρκεια της έρευνας ήταν δύο διαδοχικές διδακτικές ώρες (μία ώρα για την παρέμβαση και μία ώρα για τη συμπλήρωση του τεστ).

Μετά την ολοκλήρωση της παραπάνω διαδικασίας οι μαθητές και των δύο ομάδων συμπλήρωσαν το ίδιο τεστ με το αρχικό (posttest). Υπολογίστηκε η διαφορά μεταξύ αυτών των δύο τεστ για την κάθε μέθοδο ξεχωριστά και στη συνέχεια έγινε σύγκριση των επιδόσεων των δύο ομάδων.

Στην έρευνα αυτή συμμετείχαν συνολικά 180 μαθητές από διάφορα Γενικά Λύκεια της Αθήνας. 100 μαθητές διδάχτηκαν με την παραδοσιακή μέθοδο, ενώ 80 μαθητές διδάχτηκαν με την καθοδηγούμενη διερευνητική μέθοδο.

Προηγήθηκε πιλοτική έρευνα με 61 μαθητές (30 από την ομάδα ελέγχου και 31 από την πειραματική ομάδα) με σκοπό να ελεγχθεί η εγκυρότητα και η αξιοπιστία του ερωτηματολογίου.

Σχέδια μαθημάτων

Το σχέδιο μαθήματος της παραδοσιακής μεθόδου παρουσιάζει το σχηματισμό των ιόντων του νατρίου και του χλωρίου προς σχηματισμό του κρυστάλλου του χλωριούχου νατρίου, όπως περίπου παρουσιάζεται στο ισχύον σχολικό βιβλίο της Χημείας Α΄ Λυκείου. Όμως οι δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα κατά τη διερευνητική μέθοδο παρουσιάζονται και στην παραδοσιακή ως πειράματα επίδειξης, ώστε να μην υπάρχει διαφορά στο διδακτικό υλικό ανάμεσα στις δύο μεθόδους. Παρακάτω περιγράφεται το σχέδιο μαθήματος για την καθοδηγούμενη διερευνητική μέθοδο.

Τίτλος: Ετεροπολικός δεσμός

Τάξη: Α΄ Λυκείου

Μέθοδος: Καθοδηγούμενη διερευνητική

Έλεγχος προηγούμενων γνώσεων: ιόντα, διάλυμα, σύμβολα χημικών στοιχείων, περιοδικός πίνακας, ηλεκτρονιακή δομή των στοιχείων, αγωγιμότητα, εξάτμιση, ενδόθερμη-εξώθερμη αντίδραση, ενέργεια δεσμού, ενέργεια ιονισμού, ηλεκτραρνητικότητα, γεωμετρία των μορίων, πολικότητα.

Στόχοι: Να μπορούν οι μαθητές

- Να συνδέσουν και να εξηγήσουν τις ιδιότητες ορισμένων ιοντικών ενώσεων με το είδος του δεσμού.
- Να γράψουν τον τρόπο σχηματισμού μιας ιοντικής ένωσης όταν τους δίνονται οι ατομικοί αριθμοί των ατόμων που συμμετέχουν σε αυτή ως ιόντα.
- Να ξεχωρίζουν τις ιοντικές ενώσεις από άλλες μη ιοντικές ενώσεις.
- Να αιτιολογούν τη μεταβολή της αγωγιμότητας σε διάλυμα αλατόνευρου αν σε αυτό προστεθεί μικρή ποσότητα NaCl.



Ο καθηγητής παρουσιάζει λίγο αλάτι στους μαθητές.

Ερώτηση απ' τον καθηγητή: Τι είδους σωματίδια μπορεί να υπάρχουν μέσα σε ένα κόκκο αλατιού;

Αναμενόμενη απάντηση: Θα πρέπει να δούμε έναν κόκκο αλατιού μέσα από το μικροσκόπιο.

Οι μαθητές καθοδηγούνται να παρατηρήσουν μερικούς κόκκους αλατιού μέσα από το μικροσκόπιο, και τους ζητείται να σχεδιάσουν σε ένα φύλλο χαρτί τι ακριβώς παρατηρούν.

Ερώτηση: Τι παρατηρείτε;

Αναμενόμενη απάντηση: Οι κόκκοι μοιάζουν με μικρούς κρυστάλλους.

Ερώτηση: Τι θα συμβεί αν προσθέσετε μικρή ποσότητα αλατιού μέσα στο νερό;

Αναμενόμενη απάντηση: Το αλάτι (χλωριούχο νάτριο) θα διαλυθεί στο νερό.

Ερώτηση: Ποιος προκάλεσε τη διάλυσή του;

Αναμενόμενη απάντηση: Το νερό.

Ερώτηση: Ποιος μπορεί να είναι ο ρόλος των μορίων του νερού;

Αναμενόμενη απάντηση: Το νερό δρα ως δίπολο ή το νερό είναι ένας πολικός διαλύτης.

Σημείωση: Οι μαθητές γνωρίζουν ότι το νερό είναι ένας πολικός διαλύτης και από το μάθημα της φυσικής γνωρίζουν επίσης και την έννοια του διπόλου. Ο εκπαιδευτικός εξηγεί πως προκύπτει το δίπολο μόριο του νερού. (Το νερό αποτελείται από ένα άτομο οξυγόνου και δύο άτομα υδρογόνου τα οποία σχηματίζουν γωνία μεταξύ τους. Το άτομο του οξυγόνου είναι περισσότερο ηλεκτραρνητικό από το άτομο του υδρογόνου, συνεπώς το οξυγόνο εμφανίζει μικρή ποσότητα αρνητικού φορτίου, ενώ το υδρογόνο μικρή ποσότητα θετικού φορτίου. Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία ηλεκτρικού διπόλου).

Ερώτηση: Ποιος είναι ο ρόλος των πολικών σωματιδίων του νερού στο διάλυμα;

Αναμενόμενη απάντηση: Τα πολικά μόρια του νερού πρέπει να αλληλεπιδράσουν με τα μόρια του χλωριούχου νατρίου.

Ερώτηση: Πώς μπορούμε να διαπιστώσουμε τη φύση των σωματιδίων στο χλωριούχο νάτριο, ώστε να βρούμε το είδος της αλληλεπίδρασης μεταξύ των σωματιδίων αυτών και των μορίων του νερού;

Αναμενόμενη απάντηση: Αν το διάλυμα εμφανίζει ηλεκτρική αγωγιμότητα, σημαίνει ότι υπάρχουν φορτισμένα σωματίδια (ιόντα) μέσα στο διάλυμα του χλωριούχου νατρίου.

Οι μαθητές καθοδηγούνται να κατασκευάσουν ηλεκτρικό κύκλωμα έτσι, ώστε να εξετάσουν την αγωγιμότητα του διαλύματος.

Ερώτηση: Πώς μπορούμε να είμαστε σίγουροι ότι οι αγωγιμότητα δεν οφείλεται στα μόρια του νερού;

Αναμενόμενη απάντηση: Θα εξετάσουμε ξεχωριστά την αγωγιμότητα του νερού.

Οι μαθητές εξετάζουν αν το καθαρό νερό έχει ηλεκτρική αγωγιμότητα. Παρατηρούν ότι το λαμπάκι δεν ανάβει και συμπεραίνουν ότι δεν υπάρχουν ιόντα στο καθαρό νερό. (Στο σημείο αυτό παραλείπεται η έννοια του ιονισμού του νερού που οδηγεί στο σχηματισμό ιόντων). Το γεγονός ότι το λαμπάκι ανάβει στο διάλυμα του χλωριούχου νατρίου σημαίνει ότι υπάρχουν ιόντα νατρίου και χλωρίου μέσα στο διάλυμα.

Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι το χλωριούχο νάτριο εμφανίζει αγωγιμότητα και όταν λιώνει, που σημαίνει ότι τα ιόντα προϋπάρχουν στο στερεό και δεν είναι αποτέλεσμα μιας αντίδρασης με το νερό κατά τη διάλυσή του σε αυτό.

Ερώτηση: Πώς πραγματοποιείται η διάλυση;

Συμπέρασμα μετά από συζήτηση: Τα ιόντα έλκονται από τα πολικά μόρια του νερού και περικυκλώνονται από αυτά.

Ερώτηση: Πώς αυτά τα δύο ιόντα συνδέονται μεταξύ τους όταν δεν υπάρχει νερό;

Αναμενόμενη απάντηση: Για να το διαπιστώσουμε θα πρέπει να αφαιρέσουμε το νερό.

Ερώτηση: Πώς θα αφαιρεθεί το νερό;



Αναμενόμενη απάντηση: Με εξάτμιση.

Οι μαθητές εξατμίζουν το νερό και παρατηρούν τον επανασηματισμό του στερεού χλωριούχου νατρίου.

Με βάση τις δομές των ατόμων νατρίου και χλωρίου ο εκπαιδευτικός εξηγεί πως προκύπτουν τα αντίστοιχα ιόντα και πως αυτά συνδέονται μεταξύ τους στο κρυσταλλικό πλέγμα. Τονίζεται ότι ο σχηματισμός του στερεού χλωριούχου νατρίου είναι μία πολύ εξώθερμη αντίδραση και η ενέργεια που εκλύεται όταν τα ιόντα συνδέονται μεταξύ τους (ενέργεια πλέγματος) έχει μεγάλη τιμή. Έτσι, η τάση σχηματισμού μίας ιοντικής ένωσης οφείλεται στην ισχυρή έλξη ανάμεσα στα ιόντα νατρίου και χλωρίου μέσα στο διάλυμα. Τα ιόντα τοποθετούνται στις κορυφές ενός κύβου και σχηματίζεται ένα πλέγμα NaCl (παρουσιάζεται σε διαφάνεια). Η ελκτική δύναμη που εμφανίζεται ανάμεσα στα δύο αντίθετα φορτισμένα ιόντα ονομάζεται ετεροπολικός ή ιοντικός δεσμός.

Ερώτηση: Σε ποιες άλλες ενώσεις εμφανίζεται ετεροπολικός δεσμός;

Αναμενόμενη απάντηση: Στις ενώσεις στις οποίες δημιουργείται ένα πλέγμα αντίθετα φορτισμένων ιόντων.

Ερώτηση: Σε ποια περίπτωση τα αντίθετα φορτισμένα ιόντα μπορούν να σχηματίσουν πλέγμα;

Αναμενόμενη απάντηση: Θα πρέπει τα ιόντα να προέρχονται από άτομα ανάμεσα στα οποία υπάρχει μεγάλη διαφορά ηλεκτραρνητικότητας, η οποία πρέπει να είναι μεγαλύτερη από μία τιμή. Οι μαθητές καθοδηγούνται να παρατηρήσουν τη θέση των ατόμων του χλωρίου και του νατρίου στον περιοδικό πίνακα καθώς και την τιμή ηλεκτραρνητικότητας αυτών.

Ερώτηση: Ποια άλλα άτομα εμφανίζουν μεταξύ τους μεγάλη διαφορά ηλεκτραρνητικότητας;

Οι μαθητές παρατηρώντας τον περιοδικό πίνακα παραθέτουν μερικά παραδείγματα.

Προέκταση

Ερώτηση: Πώς θα φαινόταν ένας κόκκος ζάχαρης μέσα από το μικροσκόπιο;

Αναμενόμενη απάντηση: Θα έμοιαζε με κρύσταλλο όπως το αλάτι.

Ερώτηση: Αν προσθέσετε μικρή ποσότητα ζάχαρης μέσα στο νερό τι θα συμβεί;

Αναμενόμενη απάντηση: Η ζάχαρη θα διαλυθεί.

Ερώτηση: Άρα μπορούμε να υποθέσουμε ότι η ζάχαρη είναι μια ιοντική ένωση;

Αναμενόμενη απάντηση: Θα πρέπει να εξετάσουμε αν μέσα στο διάλυμα του ζαχαρόνερου υπάρχουν ιόντα.

Ερώτηση: Πώς θα το διαπιστώσουμε αυτό;

Αναμενόμενη απάντηση: Θα ελέγξουμε την αγωγιμότητα του διαλύματος ζαχαρόνερου.

Οι μαθητές ελέγχουν την αγωγιμότητα του ζαχαρόνερου, όπως προηγουμένως και διαπιστώνουν ότι το λαμπάκι δεν ανάβει.

Ερώτηση: Τι διαπιστώνετε από την παραπάνω παρατήρηση;

Αναμενόμενη απάντηση: Ότι μέσα στο διάλυμα του ζαχαρόνερου δεν περιέχονται ιόντα.

Συμπέρασμα: Η ζάχαρη δεν είναι μία ιοντική ένωση. Άρα κάθε κρυσταλλική ένωση που διαλύεται στο νερό δεν είναι απαραίτητα ιοντική.

Ακολουθεί γενίκευση και ανακεφαλαίωση.

Αποτελέσματα της έρευνας

Το τεστ περιείχε 11 ερωτήσεις διαφόρων μορφών: ερωτήσεις κλειστού τύπου (πολλαπλής επιλογής με αιτιολόγηση, ερωτήσεις σωστού-λάθους) καθώς και ερωτήσεις ανοικτού τύπου σύντομης απάντησης, στις οποίες οι μαθητές κλήθηκαν να δώσουν εξηγήσεις για διάφορα φαινόμενα. Σκοπός των ερωτήσεων αυτών είναι να διαπιστωθεί αν οι μαθητές μπορούν να αιτιολογούν τη μεταβολή της αγωγιμότητας σε διάλυμα αλατόνερου αν σε αυτό προστεθεί μικρή ποσότητα NaCl, να περιγράψουν τη διαδικασία της διάλυσης, να προβλέπουν εάν σε μία



χημική ένωση ή χημικό στοιχείο εμφανίζεται ετεροπολικός δεσμός με δεδομένο τον ατομικό αριθμό, να γράφουν τον τρόπο σχηματισμού μιας ιοντικής ένωσης όταν τους δίνονται οι ατομικοί αριθμοί των ατόμων που συμμετέχουν σε αυτή ως ιόντα, να διακρίνουν τις έννοιες της τήξης και διάλυσης, να ξεχωρίζουν τις ιοντικές ενώσεις από άλλες μη ιοντικές ενώσεις, να διακρίνουν ανάμεσα σε διάφορα άτομα ποιο από αυτά μπορεί να ενωθεί με ένα μέταλλο ώστε να σχηματίσει ετεροπολικό δεσμό και να αιτιολογούν γιατί από ένα κρυσταλλικό πλέγμα μιας ιοντικής ένωσης δεν είναι δυνατή η διέλευση ηλεκτρικού του ρεύματος.

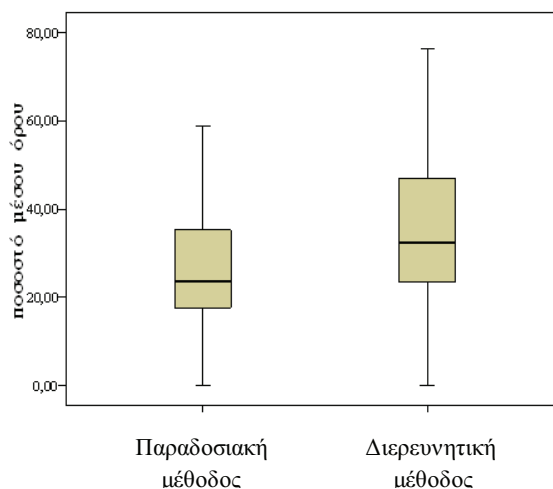
Οι απαντήσεις των μαθητών σε κάθε ερώτηση κατηγοριοποιήθηκαν και υπολογίστηκε ο συνολικός βαθμός στο τεστ πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση για κάθε μαθητή. Στη συνέχεια υπολογίστηκε η διαφορά των δύο τεστ για να διαπιστωθεί η επίδραση της κάθε μεθόδου στην επίδοση των μαθητών. Τα ποσοστά του μέσου όρου της βαθμολογίας των τεστ πριν και μετά την παρέμβαση καθώς και της διαφοράς και για τις δύο μεθόδους ξεχωριστά φαίνονται στον παρακάτω πίνακα. Για την παραδοσιακή μέθοδο η διαφορά των δύο τεστ κυμαίνεται στα 26,71% ενώ για την διερευνητική στα 34,78%.

Πίνακας 2: Ποσοστό μέσων όρων για τις δύο μεθόδους

	Παραδοσιακή μέθοδος		Διερευνητική μέθοδος	
	N	Μέσος Όρος	N	Μέσος Όρος
% τεστ πριν		8,65		9,04
% τεστ μετά	100	35,35	80	43,82
% διαφορά		26,71		34,78

Ο έλεγχος της κανονικότητας των μεταβλητών έγινε με τα τεστ Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk (Ξεκαλάκη 2001). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι κατανομές των συχνοτήτων των μεταβλητών δεν είναι κανονικές που σημαίνει ότι δεν τηρούνται οι προδιαγραφές εφαρμογής ενός παραμετρικού τεστ. Έτσι, εφαρμόστηκε το κριτήριο Mann-Whitney U που είναι το αντίστοιχο μη παραμετρικό τεστ για τη σύγκριση δύο δειγμάτων (Dallal & Wilkinson 1986). Τα δύο δείγματα συγκρίθηκαν ως προς τη μεταβλητή «% διαφορά». ($U= 2975,000$, $p=0,03$)

Σχήμα 1: Η επίδραση της κάθε μεθόδου στην επίδοση των μαθητών (ποσοστό μέσου όρου της διαφοράς των δύο τεστ για κάθε μέθοδο).



Όπως φαίνεται και από το σχήμα η επίδραση της διερευνητικής μεθόδου στην επίδοση των μαθητών ήταν μεγαλύτερη από αυτήν της παραδοσιακής μεθόδου κατά 8,07%. Το αποτέλεσμα κρίνεται στατιστικά σημαντικό (αφού $p < 0,05$) και συμφωνεί και με άλλες σχετικές βιβλιογραφικές έρευνες στις οποίες γίνεται σύγκριση της διερευνητικής μεθόδου με άλλες παραδοσιακές διδακτικές προσεγγίσεις (Akkus, et al. 2007, Hand et al. 2004, Luft 2001, Crawford. 2000).

Το αποτέλεσμα αυτό αιτιολογείται με βάση το γεγονός ότι η διδασκαλία που συνδυάζεται με τη διερεύνηση είναι αποτελεσματική ως προς την ενθάρρυνση της επιστημονικής εκπαίδευσης, την κατανόηση των διαδικασιών επιστήμης, την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης, την απόκτηση θετικής στάσης των μαθητών απέναντι στις φυσικές επιστήμες. Η διδασκαλία και με τις δύο μεθόδους έγινε από τον ίδιο εκπαιδευτικό, έτσι οι παράγοντες που επηρέασαν τις διαφοροποιήσεις είναι οι δύο μορφές διδασκαλίας και πιθανόν το διαφορετικό γνωστικό επίπεδο των μαθητών, αν και η επιλογή των δύο δειγμάτων έγινε με τέτοιο τρόπο, ώστε τα τμήματα να είναι όσο το δυνατόν εξισωμένα ως προς το γνωστικό τους υπόβαθρο των μαθητών.

Συμπεράσματα

Από τη γενική εκτίμηση των αποτελεσμάτων εξάγεται το συμπέρασμα ότι υπάρχει στατιστικά σημαντική υπεροχή της διερευνητικής μεθόδου έναντι της παραδοσιακής μεθόδου διδασκαλίας. Από την αναλυτική επεξεργασία των αποτελεσμάτων προέκυψαν επίσης πολλά επιμέρους συμπεράσματα. Ένα από αυτά είναι ότι στην προσπάθεια περιγραφής ενός πειράματος με το οποίο οι μαθητές θα μπορούσαν να διαπιστώσουν τη διαφορά στην αγωγιμότητα ενός διαλύματος χλωριούχου νατρίου όταν προστεθεί μικρή ποσότητα στερεού αλατιού οι περισσότεροι μαθητές της διερευνητικής μεθόδου απάντησαν σωστά ή σχεδόν σωστά εξαιτίας του γεγονότος ότι πρότειναν μόνοι τους το πείραμα κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, ενώ στους μαθητές της παραδοσιακής μεθόδου το πείραμα παρουσιάστηκε χωρίς να τους ζητηθεί να προτείνουν κάποια πειραματική διαδικασία για τη διαπίστωση της αγωγιμότητας.

Και στα δύο σχέδια μαθήματος κρίθηκε αναγκαίο να τονιστούν οι έννοιες της ενέργειας πλέγματος και της ενέργειας δεσμού, αν και δεν αποτελεί έναν από τους στόχους του αναλυτικού προγράμματος.

Επίσης, κατά τη διάρκεια της διερευνητικής διδασκαλίας παρατηρήθηκε ενθουσιασμός από την πλευρά των μαθητών και προθυμία για συμμετοχή στις διερευνητικές δραστηριότητες.

Βιβλιογραφία

Κόκκοτας, Π. (1989). Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Αυτοέκδοση, Αθήνα.

Ματσαγγούρας, Η. (2000). Στρατηγικές Διδασκαλίας (Η κριτική σκέψη στην πράξη). Gutenberg, Αθήνα.

Ξεκαλάκη, Ε. (2001). Μη παραμετρική στατιστική, Αθήνα.

Akkus, R., Gunel, M. and Hand, B. (2000). Comparing an Inquiry-based Approach known as the Science Writing Heuristic to Traditional Science Teaching Practices: Are there differences? *International Journal of Science Education*, 29, 1745-1765.

Author names. (2008). Students' difficulty in connecting the properties of the compounds with chemical bonding; misconceptions of Greek students. 9th ECRICE, Instabul-Turkey, 6-9 July 2008, pp. 49.



- Birk, J.P. & Kurtz, M.J. (1999). Effect of Experience on Retention and Elimination of Misconceptions about Molecular Structure and Bonding. *Journal of Chemical Education*, 76, 124-128.
- Collins, A. (1988). Different goals of inquiry teaching. BBN Labs, Cambridge.
- Crawford, A. B. (2000). Embracing the Essence of Inquiry: New Roles for Science Teachers. *Journal of research in science teaching*, 37, 916-937.
- Dallal, E. G. & Wilkinson, L. (1986). *The American Statistician*, 40, 294-296.
- Dewey, J. (1938). *Experience and Education*. Collier Books, New York.
- Duschl, R. (2004). International perspectives on inquiry in science education: A commentary. *Science Education*, 88, 411-414.
- Furio, C. & Calatayud, L. (1996). Difficulties with geometry and polarity of molecules: Beyond misconceptions. *Journal of Chemical Education*, 73, 36-41.
- Hand, B., Wallace, O. & Yang, E. (2004). Using the science writing heuristic to enhance learning outcomes from laboratory activities in seventh grade science: Quantitative and qualitative aspects. *International Journal of Science Education*, 26, 131-149.
- Lee, O., Hart, J., Cuevas, P., & Enders, C. (2004). Professional development in inquiry-based science for elementary teachers of diverse student groups. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 1021-1043.
- Levy Nahum, T., Mamlok-Naaman, R., Hofstein, A. & Krajcik, J. (2007). Developing a New Teaching Approach for the Chemical Bonding Concept Aligned With Current Scientific and Pedagogical Knowledge. *Science Education*, 91, 579-603.
- Luft, J. A. (2001). Changing inquiry practices and beliefs: The impact of an inquiry-based professional development programme on beginning and experienced secondary science teachers, *International Journal of Science Education*, 23, 517-534.
- National Research Council. (1996). *The National Science Education Standards*. National Academy Press, Washington.
- Nicoll, G. (2003). A qualitative investigation of undergraduate chemistry students' macroscopic interpretations of the submicroscopic structures of molecules. *Journal of Chemical Education*, 80, 205-213.
- Peterson, R. F. (1993). Tertiary students understanding of covalent bonding and structure concepts. *Australian Journal of Chemical Education*, 23, 11-15.
- Schwab, J. (1960). Inquiry, the science teacher, and the educator. *The School Review*, 68, 176-195.
- Taber, K. S. (1998). An alternative conceptual framework from chemistry *education*. *International Journal of Science Education*, 20, 597-608.
- Wallace, C.S. & Kang, N.H. (2004). An investigation of experienced secondary science teachers' beliefs about inquiry: An examination of competing belief sets. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 905-935.

Zachos, P., Hick, T.L., Doane, W.E. J. & Sargent, C. (2000). Setting theoretical and empirical foundations for assessing scientific inquiry and discovery in educational programs. *Journal of Research in Science Teaching*, 37, 938-962.