



Διδασκαλία της έννοιας του μορίου στη β' γυμνασίου: έμφαση στην εποικοδομητική και νοηματική προσέγγιση

Κολιούλης Δ.¹, Καμπουράκης Κ.², Τσαπαρλής Γ.¹

1 Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Τμήμα Χημείας, gtseper@cc.uoi.gr

2 Μέση Εκπαίδευση, 1ο Λύκειο Φιλιππιάδας, ckampur@otenet.gr

Στην παρούσα εργασία διδάχθηκαν (με άδεια του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου) σε πειραματική διδασκαλία τα τρία μαθήματα τα σχετικά με την έννοια του μορίου από ένα νέο πειραματικό διδακτικό υλικό (βιβλίο) χημείας για τη β' τάξη του γυμνασίου. Το υλικό στοχεύει στην ενθάρρυνση της εποικοδομητικής διδασκαλίας και της εννοιολογικής νοηματικής μάθησης. Η εφαρμογή έγινε από τέσσερις έμπειρους εκπαιδευτικούς σε τέσσερα δημόσια γυμνάσια, ένα πειραματικό και τρία άλλα αστικά, δύο συνεχόμενες σχολικές χρονιές (2006-07 και 2007-08). Οι μαθητές απάντησαν στο ίδιο τεστ δύο φορές, πριν και μετά από την πειραματική διδασκαλία. Βρέθηκε ότι οι επιδόσεις των μαθητών βελτιώθηκαν σημαντικά (και στατιστικά σημαντικά) σε όλα τα σχολεία και ήταν παρόμοιες τις δύο σχολικές χρονιές. Το πειραματικό γυμνάσιο σημείωσε αρκετά υψηλότερες επιδόσεις τόσο στο αρχικό όσο και τελικό τεστ, ενώ τα άλλα τρία σχολεία είχαν παρόμοιες μεταξύ τους επιδόσεις. Τέλος, αξιολογήθηκε ότι τη δεύτερη σχολική χρονιά χρησιμοποιήθηκε το νέο σχολικό εγχειρίδιο χημείας β' γυμνασίου, αλλά δεν παρατηρήθηκαν διαφορές σε σχέση με το προηγούμενο εγχειρίδιο.

Εισαγωγή

Η διεθνής βιβλιογραφία καταδεικνύει ότι οι μαθητές συναντούν δυσκολίες όταν επιχειρούν να κατανοήσουν χημικές έννοιες όπως η έννοια του μορίου, όταν δηλαδή προσπαθούν να μεταβούν νοητικά από το μακροσκοπικό στο υπομικροσκοπικό επίπεδο της ύλης και αντίστροφα.¹ Ειδικότερα, διάφοροι ερευνητές (Piaget & Inhelder, 1974, Dow, Auld & Wilson, 1978, Novick & Nussbaum, 1978, 1981, Brook, Briggs, & Driver, 1984, Haidar & Abraham, 1991, Lee et al., 1993, Abraham, Williamson, & Westbrook, 1994, Bunce & Gabel, 2002) έχουν ασχοληθεί με τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών περί μορίων.

Παρατηρήσεις σχετικές με τις φυσικές ιδιότητες (φυσική κατάσταση και θερμοκρασία) των μεμονωμένων μορίων από καθηγητές φυσικών επιστημών έχουν καταγραφεί σε εργασία του Τσαπαρλή (1997). Σε άλλες έρευνες (Herron, 1978, Johnstone, 1991, Τσαπαρλής, 1994, Tsaparlis, 1997) έχει διατυπωθεί η άποψη ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες σε θέματα σχετικά με τη δομή της ύλης. Οι Γεωργιάδου και Τσαπαρλής (1998) πρότειναν τη διδασκαλία της χημείας β' γυμνασίου σε τρεις διακεκριμένους κύκλους, πρώτα τον μακροσκοπικό, έπειτα τον συμβολικό και τέλος τον υπομικροσκοπικό (Georgiadiou & Tsaparlis, 2000, Johnstone, 2000). Όμοια, ο Toomet et al. (2001) συνέστησαν την καθυστέρηση της εισαγωγής της μοριακής και ατομικής δομής.

Έρευνες δείχνουν ότι οι μαθητές έχουν δυσκολίες στην κατανόηση σωματιδιακών ιδεών, πολύ περισσότερο όταν είναι γνωστό ότι τα παιδιά αναπτύσσουν πριν από τη διδασκαλία νοήματα και αντιλήψεις για τα μόρια, άτομα, κ.λπ. (Maskill et al., 1997). Τις αντιλήψεις αυτές πρέπει να γνωρίζει ο εκπαιδευτικός προκειμένου να είναι αποτελεσματικός κατά τη διδασκαλία.

1 Ο όρος «υπομικροσκοπικό επίπεδο» (submicroscopic level) αναφέρεται στις αφηρημένες, μη αισθητά αντιληπτές έννοιες της δομής της ύλης (μόρια, άτομα, πυρήνας, ηλεκτρόνια, χημικοί δεσμοί κ.λπ.) και προτιμάται έναντι του επίσης χρησιμοποιούμενου όρου «μικροσκοπικό επίπεδο» - ο τελευταίος ενδεχομένως συνδέεται με δυνατότητα παρατήρησης στο μικροσκόπιο, προκαλώντας έτσι παρανοήσεις.



Από την άλλη, οι μαθητές δεν χρησιμοποιούν αυθόρμητα τις έννοιες του ατόμου και του μορίου στην εξήγηση φαινομένων (Andersson, 1986, de Vos & Verdonk, 1987) και διατηρούν συνεχή παρά σωματιδιακά μοντέλα της ύλης, αν και διδάσκονται τα τελευταία (Ben-Zvi, 1987, Renstrom, 1987). Σε μια ανασκόπηση ερευνών για τη σωματιδιακή φύση της ύλης, ο Nussbaum (1985/1993) διαπίστωσε ότι σημαντικό ποσοστό των μαθητών (ηλικίας 14 ετών) μετά τη διδασκαλία αντιλαμβάνονταν την ύλη ως συνεχή και στατική. Οι μαθητές δυσκολεύονται να καταλάβουν την ύπαρξη κενού ανάμεσα στα σωματίδια ενός αερίου και πιστεύουν ότι μεταξύ των σωματιδίων υπάρχουν “σκόνη και άλλα σωματίδια”, “άλλα αέρια, όπως το οξυγόνο και το άζωτο”, “αέρας”, ή ότι “τα σωματίδια είναι πολύ κοντά το ένα στο άλλο και δεν υπάρχει κενός χώρος μεταξύ τους”.

Σε προηγούμενη εργασία (Κολιούλης & Τσαπαρλής, 2007) περιγράψαμε πειραματικό υλικό χημείας (με τη μορφή διδακτικού βιβλίου) για τη β' τάξη του γυμνασίου. Το υλικό στοχεύει κυρίως στην εφαρμογή της διδακτικής των φυσικών επιστημών και κατεξοχήν στην ενθάρρυνση της *νοηματικής μάθησης* και της *εποικοδομητικής διδασκαλίας*. Η νοηματική μάθηση απαιτεί την καλά οργανωμένη δομή της σχετικής γνώσης και τον συσχετισμό της νέας με την υπάρχουσα γνώση (Ausubel, 2000). Αν αυτό δεν ισχύει, τότε ο μόνος τρόπος μάθησης είναι μέσω της αποστήθισης (μηχανική μάθηση). Εξάλλου, η εποικοδομητική διδασκαλία λαμβάνει υπόψη τις εναλλακτικές ιδέες και παρανοήσεις των μαθητών και στοχεύει να τις προλάβει ή να τις διορθώσει μέσω της εννοιολογικής αλλαγής (Τσαπαρλής, 2002).

Για να βοηθήσουμε τον δάσκαλο, έχουμε μετατρέψει ουσιαστικά το βιβλίο σε οδηγό διδασκαλίας. Ιδιαίτερη έμφαση και προσοχή δίδεται στη νοηματική και εποικοδομητική εισαγωγή των εννοιών του μορίου και του ατόμου (Τσαπαρλής 1988, 1991). Σε σχέση με τη σειρά/ιεράρχηση των εννοιών και των θεμάτων, διακρίνουμε δύο προσεγγίσεις (Χατόγλου κ.ά. 2003). Η πρώτη (που ακολουθήσαμε στο πειραματικό υλικό) στηρίζεται στην αρχή της επαγωγής και του εποικοδομισμού και επιτυγχάνεται με τη μετάβαση από το μακροσκοπικό στο υπομικροσκοπικό επίπεδο της χημείας (Γεωργιάδου & Τσαπαρλής 1998, Georgiadou & Tsaparlis 2000) Η δεύτερη προσέγγιση είναι παραγωγική/παραληπτική και αντίστροφη της προηγούμενης. Τα περιεχόμενα του πειραματικού βιβλίου έχουν δοθεί σε προηγούμενη δημοσίευση (Κολιούλης & Τσαπαρλής, 2007). Στο Παράρτημα Α δίνεται απόσπασμα από το 17^ο μάθημα (Η έννοια του μορίου σε στερεά και υγρά).

Το συνολικό πειραματικό υλικό υποβλήθηκε σε μια αρχική αξιολόγηση από τέσσερις έμπειρους εκπαιδευτικούς, οι οποίοι θεώρησαν ως δυνατά σημεία ότι ωθεί το πείραμα, την παρατήρηση, την περιγραφή, και την ερμηνεία, ότι λαμβάνει υπόψη τις παρανοήσεις των μαθητών και ότι δεν στηρίζεται σε απευθείας αναφορά στους ορισμούς των εννοιών (Κολιούλης & Τσαπαρλής, 2007). Ειδικότερα, οι καθηγητές-αξιολογητές έδειξαν ενθουσιασμό με τη νέα προσέγγιση των εννοιών των μορίων και των ατόμων, θεωρώντας πολύ καλή την προσπάθεια εισαγωγής επαγωγικά πρώτα της έννοιας του μορίου και μετά της έννοιας του ατόμου. Επίσης (πλην ενός αξιολογητή) έκριναν σωστή την καθυστερημένη εισαγωγή των μορίων και ατόμων, ύστερα από ένα μακροσκοπικό εισαγωγικό μέρος. Τέλος, επισήμαναν ότι θα ήταν αρκετά ενδιαφέρουσα η διδασκαλία του νέου αυτού βιβλίου στο γυμνάσιο, ιδιαίτερα οι ενότητες «Μόρια» και «Άτομα».

Από το παραπάνω διδακτικό υλικό, στα πλαίσια της παρούσας εργασίας διδάχθηκαν τα μαθήματα τα σχετικά με την έννοια του μορίου. Υπάρχουν τρία σχετικά μαθήματα: α) Η έννοια του μορίου σε στερεά και υγρά, β) Αεικίνητα μόρια, γ) Η έννοια του μορίου στα αέρια.²

2 Την μελέτη των μορίων ακολουθεί η μελέτη των ατόμων. Τα μαθήματα πραγματεύονται τους δύο πρώτους νόμους της χημείας [διατήρηση της ύλης (Lavoisier) και των σταθερών αναλογιών (Proust)], την έννοια του ατόμου (ατομική θεωρία του Dalton), τον νόμο των πολλαπλών αναλογιών, το πείραμα των Gay-Lussac και την υπόθεση του Avogadro.

Σημειωτέον ότι ο Nussbaum (1998) στήριξε την εισαγωγή του σωματιδιακού μοντέλου στη μελέτη του αέρα και των άλλων αερίων, θεωρώντας την ύπαρξη του κενού ως απαραίτητη δικαιολογία για την ασυνέχεια της ύλης, και κατά συνέπεια τη σωματιδιακή της φύση (επιπλέον, το κενό επιτρέπει την κίνηση των μορίων). Από την άλλη, σύμφωνα με τον Millar (1990), θα πρέπει να λάβουμε υπόψη τη δυσκολία αντίληψης και κατανόησης των αερίων και των ιδιοτήτων τους, γι' αυτό είναι ενδεδειγμένο να αρχίσουμε με τα στερεά. Αν και δεχόμαστε ότι η έννοια του κενού είναι κεντρική για την εννοιολογική κατανόηση των σωματιδιακών εννοιών για τους νεότερους μαθητές (γι' αυτό και τη χρησιμοποιούμε στο υλικό μας), αρχίζουμε με τα στερεά και τα υγρά, τα οποία είναι συγκεκριμένα και απτά (σε συμφωνία με τον Millar).

Σκοπός μας ήταν να ελέγξουμε το αν το διδακτικό υλικό μπορεί να συμβάλει στο να δομηθεί από τους μαθητές νοηματικά και εποικοδομητικά η έννοια και οι ιδιότητες του μορίου. Προς τούτο, συγκρίνουμε τις επιδόσεις των μαθητών σε ειδικώς σχεδιασθέν ερωτηματολόγιο πριν και έπειτα από τη διδακτική μας παρέμβαση. Η εισαγωγή κατά το δεύτερο σχολικό έτος διεξαγωγής της έρευνας νέου σχολικού βιβλίου χημείας στη β' γυμνασίου (βλ. μέθοδο) έδωσε μία περαιτέρω δυνατότητα σύγκρισης του πειραματικού υλικού.

Μέθοδος

Έπειτα από άδεια του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου, τα μαθήματα για τα μόρια από το πειραματικό διδακτικό υλικό διδάχθηκαν σε τέσσερα δημόσια γυμνάσια.³ Ένα από τα σχολεία αυτά (Γυμνάσιο 1) είναι πειραματικό γυμνάσιο της Αττικής. Ως γνωστόν, η επιλογή των μαθητών στα πειραματικά γυμνάσια γίνεται με κλήρωση και σε αυτά φοιτούν συνήθως μαθητές υψηλών επιδόσεων (κάτι που οπωσδήποτε χαρακτηρίζει το Γυμνάσιο 1). Από τα υπόλοιπα τρία σχολεία, ένα είναι στην Αττική και τα άλλα δύο είναι αστικά σχολεία της επαρχίας.

Σε κάθε σχολείο δίδαξε ένας έμπειρος εκπαιδευτικός. Δύο από τους εκπαιδευτικούς (ένας άντρας και μία γυναίκα) είχαν ήδη συμμετάσχει στην αρχική αξιολόγηση του πειραματικού διδακτικού υλικού, ενώ μία από τους υπόλοιπους δύο εκπαιδευτικούς είναι κάτοχος μεταπτυχιακού διπλώματος στη διδακτική των φυσικών επιστημών. Στην έρευνα συμμετέσχαν τρεις χημικοί και ένας γεωλόγος. Κανένας από τους καθηγητές αυτούς δεν ανήκε ποτέ ούτε ανήκει στην ερευνητική ομάδα του Γ. Τσαπαρλή.

Σε πρώτη φάση συντάχθηκε ένα αρχικό ερωτηματολόγιο για τα μόρια που δόθηκε σε έμπειρους εκπαιδευτικούς για διορθώσεις και παρατηρήσεις. Σε δεύτερη φάση, κατόπιν συνεννόησης με τη σχολική σύμβουλο και τον διευθυντή ενός γυμνασίου, το ερωτηματολόγιο δόθηκε σε μαθητές της γ' τάξης γυμνασίου που είχαν ήδη διδαχθεί την έννοια του μορίου στην προηγούμενη τάξη. Αφού λήφθηκαν υπόψη οι απαντήσεις των μαθητών αυτών, συντάχθηκε η τελική μορφή του ερωτηματολογίου της έρευνας. Εν συνεχεία, το ερωτηματολόγιο δόθηκε στους τέσσερις εκπαιδευτικούς της έρευνας για τυχόν διευκρινίσεις και προτάσεις για βελτίωση. Το τελικό ερωτηματολόγιο αποτελούνταν από 8 ερωτήσεις, από τις οποίες η πρώτη περιείχε 18 προτάσεις σωστού λάθους για την έννοια και τις ιδιότητες των μορίων. Οι επόμενες 7 ερωτήσεις ήταν ανοικτού τύπου και με αυτές οι μαθητές καλούνταν να σχεδιάσουν μόρια ή να απαντήσουν για ιδιότητες των μορίων. Εκτεταμένο απόσπασμα του ερωτηματολογίου δίνεται στο Παράρτημα.

Οι εκπαιδευτικοί δίδαξαν αρχικά τα αντίστοιχα μαθήματα που αφορούν στα μόρια από το σχολικό βιβλίο χημείας β' γυμνασίου, σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα. Κατόπιν δόθηκε από τους καθηγητές, χωρίς προειδοποίηση, στους μαθητές το ερωτηματολόγιο της έρευνας για να απαντήσουν σε διάστημα μιας σχολικής ώρας 45 λεπτών (αρχικό τεστ / pre test). Αμέσως

3 Επιθυμία μας ήταν να διδαχθούν και τα μαθήματα τα σχετικά με τα άτομα, αλλά δεν μας δόθηκε η σχετική άδεια λόγω έλλειψης διδακτικού χρόνου.



μετά διδάχθηκαν από το πειραματικό διδακτικό υλικό τα αντίστοιχα μαθήματα που αφορούν στην έννοια του μορίου σε στερεά, υγρά και αέρια: (i) Η έννοια του μορίου σε στερεά και υγρά, (ii) Αεικίνητα μόρια, (iii) Η έννοια του μορίου στα αέρια. Μετά τη διδακτική αυτή παρέμβαση, δόθηκε εκ νέου στους ίδιους μαθητές το ίδιο ερωτηματολόγιο (τελικό τεστ / post test), με την ίδια χρονική διάρκεια απάντησης. Μεθοδολογικά η μέθοδος που εφαρμόστηκε είναι αυτή της *εξέτασης και επανεξέτασης* (test – test method). Η διαδικασία αυτή επαναλήφθηκε και τις δύο σχολικές χρονιές διεξαγωγής της έρευνας.

Για να ελεγχθεί η αξιοπιστία του βαθμολογικού σχήματος που ακολούθησε ο ερευνητής-βαθμολογητής (Κ.Κ.), επελέγησαν δέκα τυχαία απαντημένα ερωτηματολόγια και από τα τέσσερα γυμνάσια της έρευνας τα οποία δόθηκαν σε έναν έμπειρο εκπαιδευτικό για να τα βαθμολογήσει (κλίμακα με άριστα το 100) ώστε να υπολογιστεί η συνάφεια των δύο βαθμολογητών. Η συνάφεια μεταξύ των δύο βαθμολογητών υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας τους συντελεστές συνάφειας Pearson (r) και Spearman (ρ). Η συνάφεια είναι θετική και με τους δύο συντελεστές και οι τιμές είναι πλησίον της μονάδας ($r = 0,990$, $\rho = 0,976$). Κατά συνέπεια η συνάφεια μεταξύ των δύο βαθμολογητών είναι πολύ υψηλή.

Επισημαίνεται ότι κατά το δεύτερο σχολικό έτος διεξαγωγής της έρευνας (σχολικό έτος 2007-2008) άλλαξε το σχολικό βιβλίο χημείας της β' γυμνασίου με νέο. Κατά συνέπεια, δόθηκε η δυνατότητα στους ερευνητές να αξιολογήσουν και να συγκρίνουν τις δύο διδακτικές προσεγγίσεις της έννοιας του μορίου (από το σχολικό βιβλίο και από το πειραματικό διδακτικό υλικό) τόσο με το προηγούμενο (Γεωργιάδου κ.ά.) όσο και με το τρέχον σχολικό εγχειρίδιο (Αβραμιώτης κ.ά.).

Αποτελέσματα

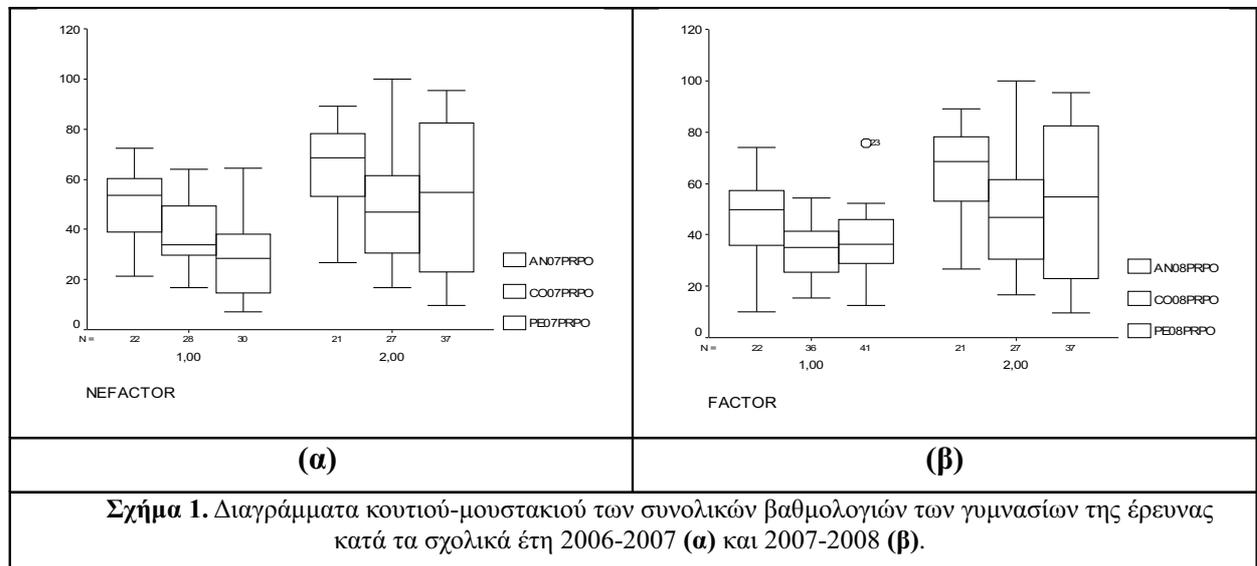
Ποιοτικές συγκρίσεις των επιδόσεων

Αρχικά, συγκρίνουμε τις επιδόσεις στο συνολικό τεστ των τμημάτων του κάθε γυμνασίου χωριστά πριν και μετά από τη διδακτική παρέμβαση. Η σύγκριση αυτή έλαβε χώρα δύο φορές συνολικά, μία για κάθε σχολικό έτος διεξαγωγής της έρευνας. Το Σχήμα 1 δίνει τη συγκριτική παρουσίαση συνολικών βαθμολογιών (αρχικό και τελικό τεστ) για τα σχολικά έτη 2006-2007 (Σχήμα 1α) και 2007-08 (Σχήμα 1β).

Από το Σχήμα 1α (για το σχολικό έτος 2006-2007) καταδεικνύεται η σημαντική βελτίωση των βαθμολογιών των μαθητών αμέσως μετά τη διδακτική παρέμβαση μέσω της διδασκαλίας της έννοιας του μορίου από το πειραματικό διδακτικό υλικό. Ο μέσος όρος της βαθμολογίας του πειραματικού γυμνασίου (Γυμνάσιο 1) από 50,5 (με άριστα το 100) στο αρχικό τεστ αυξήθηκε σε 67,5 στο τελικό τεστ. Οι μέσοι όροι για το Γυμνάσιο 2 ήταν 37,8 και 48,9, ενώ για το Γυμνάσιο 3 ήταν 29,6 και 51,6 αντίστοιχα. Στη σύγκριση αυτή δεν έχει συμπεριληφθεί το τέταρτο γυμνάσιο της έρευνας διότι το ερωτηματολόγιο της έρευνας δόθηκε από την καθηγήτρια της τάξης στους μαθητές μόνο μία φορά μετά από τη διδασκαλία του πειραματικού υλικού, ενώ δεν δόθηκε μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας από το σχολικό βιβλίο. Η μέση επίδοση της βαθμολογίας των μαθητών του γυμνασίου αυτού στο τελικό τεστ ήταν 50,4, παραπλήσια των αντίστοιχων των δύο προηγούμενων γυμνασίων. Αξιοσημείωτο είναι ότι οι επιδόσεις στο τελικό τεστ του δεύτερου, του τρίτου και του τέταρτου σχολείου είναι παραπλήσιες μεταξύ τους και με την επίδοση στο αρχικό τεστ του πρώτου σχολείου.

Στη δεύτερη σχολική χρονιά διεξαγωγής της έρευνας (2007-2008) (Σχήμα 1β), σημειώθηκαν εκ νέου σημαντικά καλύτερες επιδόσεις των μαθητών με τη νέα διδακτική προσέγγιση. Ο μέσος όρος του πειραματικού γυμνασίου (Γυμνάσιο 1) από 47,1 στο αρχικό τεστ αυξήθηκε σε 67,5 στο τελικό τεστ. Οι μέσοι όροι για το Γυμνάσιο 2 ήταν 34,0 και 48,9 αντίστοιχα, ενώ για το Γυμνάσιο 3 ήταν 37,2 και 51,6 αντίστοιχα. (Το τέταρτο γυμνάσιο της έρευνας αποφάσισε να μην συμμετάσχει στην υλοποίηση της έρευνας τη δεύτερη σχολική

χρονιά.) Παρατηρούμε ότι οι επιδόσεις και τα φαινόμενα δεν διαφοροποιούνται αισθητά από εκείνα της προηγούμενης σχολικής χρονιάς. Εξάλλου, και εδώ οι επιδόσεις στο τελικό τεστ του δεύτερου και του τρίτου σχολείου είναι παραπλήσιες μεταξύ τους και με την επίδοση στο αρχικό τεστ του πρώτου σχολείου.



Σχήμα 1. Διαγράμματα κουτιού-μουστακιού των συνολικών βαθμολογιών των γυμνασίων της έρευνας κατά τα σχολικά έτη 2006-2007 (α) και 2007-2008 (β).

Συμπερασματικά, διαφαίνεται ότι η νοηματική και εποικοδομητική προσέγγιση της έννοιας του μορίου, όπως αυτή δομείται στο πειραματικό διδακτικό υλικό, βελτιώνει σημαντικά τις επιδόσεις των μαθητών της β' τάξης του γυμνασίου, οι οποίοι για πρώτη φορά έρχονται σε επαφή με επιστημονικά θέματα δομής της ύλης. Ουσιαστικά, οι μαθητές βοηθούνται να μεταβούν νοητικά από το μακροσκοπικό στο υπομικροσκοπικό επίπεδο της ύλης.

Στατιστική επεξεργασία των πειραματικών αποτελεσμάτων

Τα δεδομένα υπεβλήθησαν περαιτέρω σε στατιστική επεξεργασία, με το στατιστικό κριτήριο t για ανεξάρτητα δείγματα, αφού πρώτα ελέγχθηκε και επιβεβαιώθηκε η κανονικότητα των τιμών με τη δοκιμασία Kolmogorov-Smirnov. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι τιμές του κριτηρίου t (διπλής κατεύθυνσης) για κάθε ένα από τα γυμνάσια της έρευνάς μας, κατά τα δύο σχολικά έτη διεξαγωγής της έρευνας. Οι διαφορές μεταξύ των τιμών (αρχικό/τελικό τεστ) για κάθε σχολείο είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1% ($p = 0,01$).

Πίνακας 1. Τα αποτελέσματα του στατιστικού κριτηρίου t για τα γυμνάσια της έρευνας*

Στατιστικό t για έλεγχο ισότητας μέσων όρων**	Γυμνάσιο 1		Γυμνάσιο 2		Γυμνάσιο 3	
	(2006-07)	(2007-08)	(2006-07)	(2007-08)	(2006-07)	(2007-08)
	3,449	4,165	2,274	3,257	3,898	2,776

* Όλες οι διαφορές είναι στατιστικά σημαντικές υπέρ της διδακτικής παρέμβασης (υπέρ του τελικού τεστ) σε επίπεδο σημαντικότητας 1%.

** Με υπόθεση άνισων διακυμάνσεων. "



Συμπεράσματα

Παρατηρήθηκε σημαντική βελτίωση στις επιδόσεις των μαθητών αμέσως μετά από τη διδακτική παρέμβαση μέσω του πειραματικού διδακτικού υλικού κατά τη διάρκεια των δύο σχολικών ετών της έρευνας για όλα τα σχολεία που συμμετέσχαν στην έρευνα. Σημειώτεον ότι και με το νέο σχολικό εγχειρίδιο χημείας β' γυμνασίου σημειώθηκαν σημαντικά υψηλότερες επιδόσεις στο τελικό τεστ σε σύγκριση με το αρχικό τεστ.

Το πειραματικό γυμνάσιο (Γυμνάσιο 1) ήταν το σχολείο με τις υψηλότερες επιδόσεις των μαθητών τόσο στο αρχικό όσο και τελικό τεστ. Από τα αποτελέσματα επιβεβαιώθηκε η επικρατούσα αντίληψη ότι στο σχολείο αυτό φοιτούν μαθητές υψηλών επιδόσεων. Οι διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών στο αρχικό και στο τελικό τεστ είναι στατιστικά σημαντικές. Στα υπόλοιπα δύο γυμνάσια της έρευνας (Γυμνάσιο 2 και Γυμνάσιο 3), οι διαφορές μεταξύ των επιδόσεων των μαθητών στο αρχικό όσο και τελικό τεστ είναι στατιστικά σημαντικές, παραμένουν όμως χαμηλότερες σε σχέση με το πειραματικό γυμνάσιο. Στο τέταρτο σχολείο της έρευνας έγινε μόνο το τελικό τεστ και οι επιδόσεις των μαθητών του γυμνασίου αυτού είναι παραπλήσιες των αντίστοιχων επιδόσεων των δύο προαναφερθέντων σχολείων.

Συμπερασματικά, είναι πολύ πιθανό ότι η εποικοδομητική προσέγγιση της έννοιας του μορίου, όπως αυτή δομείται στο πειραματικό διδακτικό υλικό, βελτίωσε σημαντικά τις επιδόσεις των μαθητών της β' τάξης του γυμνασίου στην επαφή τους με θέματα δομής της ύλης. Ουσιαστικά, οι μαθητές βοηθούνται να ξεπεράσουν τις εννοιολογικές δυσκολίες όταν επιχειρούν να κατανοήσουν έννοιες όπως του μορίου, όταν δηλαδή προσπαθούν να μεταβούν από το μακροσκοπικό στο υπομικροσκοπικό επίπεδο της ύλης. Στο σημείο αυτό θα πρέπει να λάβουμε υπόψη μας ότι οι μαθητές της έρευνάς μας πρώτα διδάχθηκαν για τα μόρια από το σχολικό διδακτικό εγχειρίδιο και κατόπιν διδάχθηκαν το ίδιο αντικείμενο από το πειραματικό υλικό, με συνέπεια να έπαιξε ενδεχομένως θετικό ρόλο η επανάληψη διαπραγμάτευσης των ίδιων εννοιών (διπλή διδασκαλία σε ίδιους μαθητές). Ως κύρια αντίκρουση σε αυτή την επιφύλαξη, υπενθυμίζουμε τη δραστική διαφορά προσέγγισης του θέματος από το πειραματικό υλικό σε σχέση με τα σχολικά εγχειρίδια.

Τέλος, θα πρέπει να λάβουμε υπόψη και τις απομαγνητοφωνημένες συνεντεύξεις των καθηγητών που συμμετείχαν στην έρευνα, από τις οποίες προέκυψε ότι οι καθηγητές αυτοί θεωρούν ότι η νοηματική και εποικοδομητική προσέγγιση της έννοιας του μορίου βοηθά στη διδασκαλία των εννοιών που συνδέονται με τη δομή της ύλης, συμβάλλοντας έτσι σημαντικά στη δόμηση του τρόπου σκέψης των μαθητών. Επομένως πιστεύουμε ότι θα πρέπει να προβληματίσει ο συνήθης τρόπος εισαγωγής της έννοιας του μορίου (όπως και του ατόμου) ως έτοιμου επιστημονικού δεδομένου.

Ευχαριστίες: Ευχαριστούμε τους εκπαιδευτικούς που δίδαξαν στα σχολεία τους τα σχετικά μαθήματα, καθώς και τους εκπαιδευτικούς που συνέβαλαν στη διαμόρφωση του ερωτηματολογίου και στον έλεγχο της αξιοπιστίας της βαθμολόγησης των γραπτών.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α: Απόσπασμα από το μάθημα «Η έννοια του μορίου σε στερεά και υγρά»

Τα μόρια διαφορετικών ουσιών είναι διαφορετικά

Πείραμα 4

Πάρτε δύο ποτήρια όμοια, το ένα γεμάτο με φασόλια και το άλλο γεμάτο με ρύζι, έτσι ώστε να έχουμε τον ίδιο όγκο και για τα δύο όσπρια. Πιάστε κάθε ποτήρι και χτυπήστε ελαφρά στο τραπέζι ώστε να κατακαθίσουν όσο γίνεται τα όσπρια. Ρίξτε το περιεχόμενο των δύο ποτηριών σε ένα μεγάλο βαζάκι και ανακατέψτε. Αδειάστε το μείγμα στα δύο ποτήρια, γεμίζοντας πρώτα εντελώς το ένα και κατόπιν το άλλο και πάλι χτυπήστε τα ποτήρια ώστε να κατακαθίσουν τα όσπρια. Τι παρατηρείτε; Άλλαξε κάτι κατά την ανάμειξη;



.....

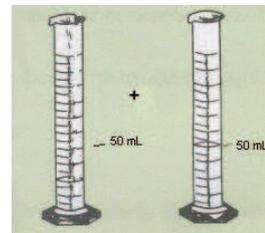
 Παρατηρούμε ότι όταν ανακατεύουμε, ενώ δεν χάνονται κόκκοι από τα δύο είδη, ο τελικός όγκος θα είναι λιγότερος από δύο ποτήρια. Πού οφείλεται αυτό;

Οι κόκκοι του ρυζιού και του φασολιού δεν έχουν το ίδιο μέγεθος, είναι διαφορετικά, αφού τα υλικά είναι διαφορετικά.

Ανάμεσα στα μόρια μιας υγρής ουσίας υπάρχει κενός χώρος

Πείραμα 5

Πάρτε δύο ογκομετρικούς κυλίνδρους και τοποθετήστε 50 mL νερό στον ένα και 50 mL καθαρό οινόπνευμα στον άλλο. Αμέσως μετά, αδειάστε το περιεχόμενο των δύο κυλίνδρων σε ένα μεγάλο ογκομετρικό κύλινδρο και ανακινήστε καλά. Τι παρατηρείτε; Άλλαξε κάτι από την ανάμειξη; Ποιος είναι ο τελικός όγκος;



Πού μπορεί να οφείλεται αυτό;

Ανάμεσα στα σωματίδια (τα μόρια) μιας υγρής ουσίας υπάρχει **κενός χώρος**.

Παρατηρούμε ότι ενώ δεν χάθηκε ποσότητα υγρού από τις δύο ουσίες, ο τελικός όγκος δεν είναι 100 mL όπως θα αναμέναμε, αλλά 96 mL. Να χρησιμοποιήσεις το προηγούμενο πείραμα με τους κόκκους ρυζιού και φασολιού για να δώσεις εξήγηση στο αποτέλεσμα αυτού του πειράματος. (Να κάνεις μια υπόθεση για το αν τα σωματίδια του νερού και του οινόπνευματος έχουν το ίδιο ή διαφορετικό μέγεθος.)

.....



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β: Εκτεταμένο απόσπασμα από το ερωτηματολόγιο της έρευνας

1. Ποιες από τις παρακάτω προτάσεις είναι σωστές και ποιες λάθος:
 4. Τα μόρια είναι οι δομικές μονάδες της ύλης (δηλαδή πολλά μόρια μιας ουσίας μαζί αποτελούν την ουσία)
 5. Τα μόρια είναι τα μικρότερα σωματίδια ύλης που μπορούμε να δούμε
 6. Τα μόρια είναι μέσα στην ύλη, όπως οι σταφίδες στο κέικ (π.χ. σε ένα ποτήρι νερό, τα μόρια του νερού είναι βουτηγμένα μέσα στο νερό)
 7. Σε ένα κόκκο ζάχαρης, ανάμεσα στα μόρια της ζάχαρης υπάρχουν μόρια αέρα.
 8. Τα μόρια μιας σκληρής ουσίας είναι σκληρά
2. β) Να αναπαραστήσεις χρησιμοποιώντας 10 κυκλάκια κάθε φορά τα μόρια του νερού στη στερεά (πάγος), υγρή (υγρό νερό) και αέρια κατάσταση (υδρατμοί), σε καθένα από τα κουτιά 1, 2 και 3 αντίστοιχα.
3. Σε μια παγωμένη λίμνη βλέπουμε να επιπλέουν στην επιφάνεια διάφανα κομμάτια πάγου, που μοιάζουν εξωτερικά με γυαλί. Γιατί τα κομμάτια αυτά είναι νερό και δεν θα μπορούσε να είναι γυαλί; Να δώσεις μια απάντηση μακροσκοπική (χωρίς να χρησιμοποιήσεις μόρια) και μια απάντηση με βάση τα μόρια του νερού και τα μόρια του γυαλιού.
4. Σχεδίασε τα μόρια στο νερό και στο οινόπνευμα παριστάνοντας τα μόρια με κυκλάκια (χρησιμοποίησε 10 κυκλάκια κάθε φορά). Μην ξεχνάς ότι οι δύο ουσίες είναι υγρές.
6. Γεμίζεις μια σύριγγα με νερό. Κλείνοντας το ανοιχτό άκρο με το δάχτυλό σου, προσπαθείς να συμπίεσεις το νερό μέσα στη σύριγγα, πατώντας το έμβολο προς τα μέσα. Διαπιστώνεις ότι δεν μπορείς. Γιατί; Εξήγησε την απάντησή σου χρησιμοποιώντας τα μόρια.
8. α) Σου δίνουν δύο ποτήρια, το ένα να περιέχει καθαρό νερό και το άλλο νερό με ζάχαρη ΔΙΑΛΥΜΕΝΗ ΕΝΤΕΛΩΣ στο νερό. Μπορείς με το μάτι να ξεχωρίσεις ποιο είναι το ποτήρι με το νερό και ποιο με το ζαχαρόνερο; β) Αν μπορούσες να δεις τα μόρια στα δύο ποτήρια πώς θα ήταν αυτά; Ζωγράφισε τα μόρια σε κάθε ποτήρι, παριστάνοντάς τα με κυκλάκια.

Βιβλιογραφία

Αβραμιώτης, Σ., Αγγελόπουλος, Β., Καπελώνης, Γ., Σινιγάλιας, Π., Σπαντίδης, Δ., Τρικαλίτη, Α., & Φίλος Γ., Χημεία Β' Γυμνασίου, Αθήνα, ΟΕΔΒ.

Γεωργιάδου, Τ., Καφετζόπουλος, Κ., Προβής, Ν., Σπυρέλης, Ν. & Χηνιάδης, Δ., Χημεία Β' Γυμνασίου, Αθήνα, ΟΕΔΒ.

Γεωργιάδου, Α. & Τσαπαρλής, Γ. (1998). Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου “Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση”, σσ. 65-70. Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.

Κολιούλης Δ. & Τσαπαρλής Γ. (2007). Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου “Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση”, 5, Τεύχος Β, 680-689.

Τσαπαρλής (1988). Διδασκαλία χημείας β' γυμνασίου: Μόρια και άτομα (Εφαρμογή της θεωρίας της διδακτικής στην πράξη). Λόγος και Πράξη, Τεύχος 33-35, 141-155.

Τσαπαρλής, Γ. (1991). Θέματα διδακτικής φυσικής και χημείας στη μέση εκπαίδευση. Αθήνα, Γρηγόρης (Α' Έκδοση 1989).

Τσαπαρλής, Γ. (1994). Η ατομική και η μοριακή δομή στη χημική εκπαίδευση: Κριτική θεώρηση από διάφορες σκοπιές της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Πρακτικά 4ου Συνεδρίου Χημείας Ελλάδας-Κύπρου (Ιωάννινα) 18-24.



Τσαπαρλής, Γ. (1997). Οι ιδέες των καθηγητών των φυσικών επιστημών για τη φύση και τις ιδιότητες των μορίων. Εκπαιδευτικές Προσεγγίσεις για Φυσικές Επιστήμες (Έκδοση Ε.Ε.Φ.), Τεύχος 2, 20-22.

Τσαπαρλής, Γ. (2002). Ο εποικοδομητισμός στη διδασκαλία της χημείας. Διδασκαλία Φυσικών Επιστημών - Έρευνα και Πράξη, Τεύχος 3, 50-52.

Χατόγλου, Ε., Σταμοβλάσης, Δ., & Τσαπαρλής, Γ. (2003). Πόσο μπορεί να επηρεάσει ένα μάθημα διδακτικής των φ.ε. μετεκπαιδευόμενους μελλοντικούς και εν ενεργεία εκπαιδευτικούς. Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου της ΕΔΙΦΕ, σσ. 230-234.

Abraham, M., Williamson, V. & Westbrook, S. (1994). A cross-age study of the understanding of five chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 147 -165.

Anderson, B., (1986). Pupils' explanations of some aspects of chemical reactions, *Science Education*, 70, 549-563.

Ausubel, D. P. (2000). *The Acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*. Dordrecht, the Netherlands: Kluwer Academic

Ben-Zvi, R., Eylon, B. & Silberstein, J. (1987). Students' visualization of a chemical reaction, *Education in Chemistry*, 24, 117-120.

Brook, A., Briggs, H. & Driver, R. (1984). "Aspects of secondary students – understanding of the particulate nature of matter". Leeds: Children's Learning in Science project. Centre for studies in Science and Mathematics Education University of Leeds.

Bunce, D. M. & Gabel, D. (2002). "Differential effects on the achievement of males and Females teaching the particulate nature of chemistry". *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 10, 11, 911 – 927.

Georgiadou, A. & Tsaparis, G. (2000). Chemistry teaching in lower secondary school with methods based on: a) psychological theories; b) the macro, representational, and submicro levels of chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 1, 11, 217-216.

de Vos, W. & Verdonk, A. (1987). A new road to reactions 4, The substance and its molecules, *Journal of Chemical Education*, 64, 8, 692-694.

Dow, W. M., Auld, J. & Wilson, D. (1978). Pupils – concepts of solids, liquids and gases. Dundee: Dundee of Education.

Haidar, A. & Abraham, M. (1991). A comparison of applied and theoretical knowledge of concepts based on the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 919 – 938.

Herron, J. D. (1978). Piaget in the classroom. *Journal of Chemical Education*, 55, 165 – 170.

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

Johnstone, A. H. (2000). Teaching of chemistry – Logical or psychological? *Chemistry Education Research and Practice*, 1, 9 – 15.

Lee, O., Eichinger, D. C., Anderson, C. W. & Berkheime, G. D. (1993). "Changing Middle School Student's Conceptions of matter and molecules". *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 249–270.

Maskill, R., Cachapuz, A.F.C. & Koulaidis, V. (1997). Young pupils ideas about the microscopic nature of matter in tree different European countries, *International Journal of Science Education*, 19, 631-645.



- Millar, R. (1990). Making sense: What use are particle ideas to children. In P. L. Lijnse, P. Licht, W. DeVos, & A. J. Warlo (Eds.), *Relating macroscopic phenomena to microscopic particles* (pp. 283-293). Utrecht: CD-β Press.
- Novick, S. & Nussbaum, J., (1978). Junior high school pupils' understanding of the particulate nature of matter: An interview study, *Science Education*, 62, 273–281.
- Novick, S. & Nussbaum, J. (1981). Pupils understanding of the nature of matter: a cross age study. *Science Education*, 65, 1987-1996.
- Nussbaum, J. (1985/1993). Η σωματιδιακή φύση της ύλης στην αέρια κατάσταση, στο: R. Driver, E. Guesne, A. Tiberghien (επιμελ.), *Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες*, (ελλ. Μετ.) Αθήνα, Ε.Ε.Φ., Τροχαλία, 180-207.
- Nussbaum, J. (1998). History and philosophy of science and the preparation for constructivist teaching: The case of particle theory. In J. J. Mintzes, J. H. Wandersee, & J. D. Novak (Eds.), *Teaching science for understanding - A human constructivist view* (Ch. 2). London: Academic Press.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1974b). *The child's construction of quantities*. London: Routledge and Kegan Paul.
- Renstrom, H., (1987). Pupils conceptions of matter. A phenomenographic approach, in: J. D. Novak (ed.), *Proceedings of the second international seminar "Misconceptions and educational strategies in science and mathematics"*. Cornell University, Ithaca, New York, 400-414.
- Toomet, R, DePierro, E., & Garafalo, F. (2001). Helping students to make inferences about the atomic realm by delaying the presentation of atomic structure, *Chemistry Education Research and Practice*, 2, 129-144.
- Tsaparlis, G. (1997). Atomic and molecular structure in chemical education - A critical analysis from various perspectives of science education. *Journal of Chemical Education*, 74, 922-925.