



Οι δυσκολίες των μαθητών να κατανοήσουν τη διάλυση αλατιού σε νερό

Κουκά Α., Βοσνιάδου Σ., Τσαπαρλής Γ.

Μέση Εκπαίδευση, Λύκειο Μαραθώνα, anpakouka@yahoo.gr

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Μεθοδολογίας, Ιστορίας και
Θεωρίας της Επιστήμης, svosniad@phs.uoa.gr

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

Η παρούσα έρευνα συμβάλλει στην προβληματική που έχει αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια γύρω από τη διαισθητική γνώση των παιδιών για το φυσικό κόσμο και τις επιπτώσεις που αυτή έχει στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Σκοπός μας ήταν να μελετήσουμε τη γνώση για τις μεταβολές που συντελούνται σε μακροσκοπικό και μικροσκοπικό επίπεδο κατά τη διάλυση αλατιού σε νερό και το πώς εξελίσσεται με τον χρόνο. Λάβαμε ατομικές συνεντεύξεις από μαθητές ηλικίας 8-18 ετών οι οποίοι απάντησαν σε έξι ερωτήσεις ενώ παρατηρούσαν πείραμα διάλυσης αλατιού σε νερό. Βρέθηκε ότι οι μαθητές δυσκολεύονται πολύ να κατανοήσουν τι συμβαίνει, ενώ παραιτούνται δύσκολα από τις αρχικές διαισθητικές τους απόψεις, παρά τη διδασκαλία της χημείας στο σχολείο. Χρησιμοποίησαν έναν μικρό αριθμό επαναλαμβανόμενων τύπων απαντήσεων, με σταθερή κατανομή στις διαφορετικές ηλικιακές ομάδες και μόνο ένας από τους μεγαλύτερους μαθητές έδωσε επιστημονικά αποδεκτές απαντήσεις.

Εισαγωγή

Έρευνες στη Γνωστική Ψυχολογία και στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών έδειξαν ότι τα παιδιά και οι ενήλικες δομούν μια διαισθητική γνώση για το φυσικό κόσμο που βασίζεται στην καθημερινή εμπειρία και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη μάθηση, προσφέροντας εξηγήσεις για τα φυσικά φαινόμενα οι οποίες συχνά είναι διαφορετικές από τις επιστημονικά αποδεκτές. Στις φυσικές επιστήμες, τα όσα γνωρίζουν οι μαθητές από την καθημερινή εμπειρία συχνότατα εμποδίζουν την κατανόηση των διδασκόμενων νέων πληροφοριών με αποτέλεσμα την εμφάνιση παρανοήσεων. Για παράδειγμα, στο χώρο της αστρονομίας, πολλά παιδιά κάνουν λάθη και απαντούν ότι η γη είναι στρογγυλή σαν τηγανίτα ή σα σφαίρα πεπλατυσμένη στην κορυφή. Οι παρανοήσεις αυτές συμβαίνουν (Vosniadou & Brewer 1992 & 1994) επειδή συμβιβάζουν την επιστημονική πληροφορία της στρογγυλής γης με τη διαισθητική αντίληψη ότι η γη είναι επίπεδη και οι άνθρωποι ζουν στο πάνω μέρος της.

Το νερό αποτελεί την πλέον κοινή χημική ένωση και έναν άριστο διαλύτη για πολλές χημικές ενώσεις. Η διάλυση είναι ένα φαινόμενο που εμφανίζεται συχνά στην καθημερινή ζωή και παρουσιάζεται στα σχολικά βιβλία ακόμη και του Δημοτικού. Έχει όμως διαπιστωθεί ότι οι μαθητές παρουσιάζουν εναλλακτικές απόψεις κατά τη διδασκαλία της διάλυσης ως φυσικής μεταβολής (Haidar & Abraham, 1991). Συνεχίζουν να ορίζουν τα φυσικά φαινόμενα ως τα φαινόμενα «που συμβαίνουν στη φύση σύμφωνα με τους φυσικούς νόμους», ενώ κατατάσσουν στις χημικές μεταβολές κλασικά παραδείγματα φυσικών μεταβολών, ακόμη και μετά τη σχετική διδασκαλία, όπως το αλάτι που διαλύεται στη σούπα, την κολώνια που εξατμίζεται (Σολομωνίδου & Σταυρίδου, 1995). Δεν υιοθετούν το επιστημονικό κριτήριο της διατήρησης ή μη της ταυτότητας των συστατικών αντίστοιχα στις φυσικές & χημικές μεταβολές που διδάσκονται, αλλά συχνά έχουν την άποψη ότι οι ουσίες μπορούν να αλλάζουν ορισμένες φυσικές ιδιότητές τους διατηρώντας ταυτόχρονα την ταυτότητά τους (Σολομωνίδου & Σταυρίδου, 1995).

Οι μαθητές χρησιμοποιούν πολλές παρανοήσεις όταν καλούνται να εξηγήσουν τι συμβαίνει στην προς διάλυση ουσία και στο διαλύτη κατά τη διάρκεια της διάλυσης (Slone & Bokhurst, 1992, Ahtee, 1994). Για παράδειγμα οι μαθητές εστιάζουν την προσοχή τους στις μεταβολές που γίνονται άμεσα αντιληπτές μέσω των αισθήσεων και ιδιαίτερα στις μεταβολές του ενός μόνο συστατικού που αποτελεί το φορέα των πιο «λαμπρών» φαινομενολογικών μεταβολών π.χ στην «εξαφάνιση» της ζάχαρης μέσα στο νερό ή στην αλλαγή χρώματος (Nussbaum, 1993, Χατζηνικήτα, 2000).

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να περιγράψει και να εξηγήσει το πώς εξελίσσονται οι γνώσεις των μαθητών για τη διάλυση του αλατιού στο νερό υπό την επίδραση της διδασκαλίας της χημείας και των άλλων μαθημάτων των φυσικών επιστημών κατά τη διάρκεια του δημοτικού και της μέσης εκπαίδευσης. Τα σημαντικά ευρήματα των εμπειρικών ερευνών που αναφέραμε προηγουμένως παρουσιάζουν ενδιαφέρον και είναι πολύ χρήσιμα, όμως πολλά ακόμη μένει να διερευνηθούν για να έχουμε μια συνολική και σαφή εικόνα του τρόπου που σκέφτονται και μαθαίνουν τα παιδιά. Για παράδειγμα, γιατί είναι τόσο δύσκολη η μάθηση της διάλυσης με επιστημονικά αποδεκτό τρόπο; Δεν είναι μόνο οι αδύνατοι ή οι μικρότεροι μαθητές που παρουσιάζουν παρανοήσεις. Οι έρευνες δείχνουν ότι παρανοήσεις εμφανίζουν επίσης οι μαθητές του λυκείου και οι φοιτητές. Η απουσία κριτικής σκέψης, η αποσπασματική γνώση, η έλλειψη υιοθέτησης επιστημονικών κριτηρίων και οι παρανοήσεις χαρακτηρίζουν πολλούς μαθητές, ειδικά στις περιπτώσεις όπου, όπως στη διάλυση του αλατιού από το νερό, τα όσα διδάσκονται έρχονται σε αντίθεση με την υπάρχουσα γνώση και την εμπειρία της καθημερινής ζωής. Πιστεύουμε ότι η διδασκαλία της χημείας μπορεί να υποσχεθεί καλύτερα αποτελέσματα αν σχεδιαστεί στη βάση των δυσκολιών των μαθητών.

Μέθοδος

Το δείγμα της έρευνας ήταν 80 μαθητές της δ' τάξης και της στ' τάξης του δημοτικού, της γ' γυμνασίου και της γ' λυκείου (20 ανά τάξη). Οι μαθητές φοιτούσαν στα σχολεία της Νέας Μάκρης, μιας μικρής πόλης της Ανατολικής Αττικής. Οι μαθητές έδωσαν ατομικές συνεντεύξεις σε ιδιαίτερο χώρο στο σχολείο τους, οι οποίες μαγνητοφωνήθηκαν. Κατά τη διάρκεια της συνέντευξης, κρατήσαμε λεπτομερείς σημειώσεις ενώ οι μαθητές απαντούσαν τις ερωτήσεις και παρακολούθησαν την εξέλιξη της διάλυσης αλατιού στο νερό. Το ερωτηματολόγιο φαίνεται στον Πίνακα 1 και περιλαμβάνει έξι ερωτήσεις, χωρισμένες σε δύο ενότητες. Στην Ενότητα Ερωτήσεων I παρουσιάσαμε μια μικρή ποσότητα αλατιού, ένα ποτήρι βρασμού με νερό και προσθέσαμε το αλάτι στο νερό. Ενώ αναδεύαμε το διάλυμα, θέσαμε τρεις ερωτήσεις με τις οποίες προσπαθήσαμε να εντοπίσουμε πώς αντιλαμβάνονται οι μαθητές τις μεταβολές του αλατιού και του νερού και σε τι αποδίδουν τις μεταβολές που παρατηρούν. Στην πρώτη ερώτηση δώσαμε στους μαθητές χαρτί και χρωματιστά μολύβια και τους ζητήσαμε να σχεδιάσουν τη διαδικασία της διάλυσης που παρατηρούσαν. Στη δεύτερη ενότητα ερωτήσεων, εξηγήσαμε στους μαθητές ότι ολοκληρώθηκε η διάλυση, σταματήσαμε να αναδεύουμε το διάλυμα & θέσαμε τις τρεις τελευταίες ερωτήσεις. Μας ενδιέφερε να διαπιστώσουμε αν οι μαθητές θα μπορούσαν να εξηγήσουν τις μεταβολές του αλατιού και του νερού στο μικροσκοπικό επίπεδο με τη βοήθεια των σωματιδίων. Χρησιμοποιήσαμε τον όρο «συστατικά» ακριβώς για να κατευθύνουμε την προσοχή των μαθητών στο μικρόκοσμο και να εξετάσουμε αν έχουν οικοδομήσει και σε ποιο βαθμό το σωματιδιακό μοντέλο μικροδομής της ύλης. Με την τελευταία ερώτηση ειδικά για το πώς οι μαθητές ερμηνεύουν/περιγράφουν την κίνηση των σωματιδίων.

**Πίνακας 1.** Ερωτηματολόγιο της έρευνας.

Ενότητα Ερωτήσεων I- Η διάλυση μακροσκοπικά	Ενότητα Ερωτήσεων II- Η διάλυση μικροσκοπικά
Ερ. 1 Τι γίνεται στο ποτήρι όσο ανακατεύω; Σχεδιάσε τι γίνεται.	Ερ. 4 Τι έχει συμβεί στα συστατικά του αλατιού;
Ερ. 2 Τι συμβαίνει στο αλάτι όσο ανακατεύω;	Ερ. 5 Τι έχει συμβεί στα συστατικά του νερού;
Ερ. 3 Τι γίνεται στο νερό όσο ανακατεύω;	Ερ. 6 Τα συστατικά του αλατιού & του νερού μένουν ακίνητα ή κινούνται τώρα;

Αποτελέσματα

Ακολουθώντας τη μεθοδολογία της Βοσνιάδου (Vosniadou & Brewer 1992, 1994, όπως και Vosniadou 2003) αναλύσαμε τις απαντήσεις των μαθητών δύο φορές. Αρχικά στο επίπεδο των ερωτήσεων (Μέρος Α') και στη συνέχεια στο σύνολο των ερωτήσεων κάθε ενότητας ερωτήσεων (Μέρος Β').

Αποτελέσματα, Μέρος Α': Ανάλυση σε επίπεδο ερώτησης

Ενότητα Ερωτήσεων I: Η διάλυση μακροσκοπικά

Ο Πίνακας 2 δείχνει τις συχνότητες και τα (επί τοις εκατό) ποσοστά των τύπων απάντησης που έδωσαν οι μαθητές στις ερωτήσεις της Ενότητας Ερωτήσεων I. Στην Ερ. 1 ζητήθηκε από τους μαθητές να σχεδιάσουν τη διάλυση του αλατιού στο νερό που παρατηρούσαν. Εκτός από ελάχιστους μαθητές δημοτικού (το 5% και το 15% αντίστοιχα των μαθητών της δ' και της στ' τάξης) που απεικόνισαν την ύλη συνεχή, πλειονότητα των μαθητών του δημοτικού (το 95% & το 75% της δ' & της στ' τάξης αντίστοιχα) χρησιμοποίησαν σωματιδιακές απεικονίσεις μόνο για το αλάτι. Το 45% των μαθητών γυμνασίου και λυκείου αναπαρέστησαν συνολικά την ύλη με σωματίδια, αλλά μόνο ένας μαθητής λυκείου χρησιμοποίησε σωματίδια σύμφωνα με το επιστημονικό σωματιδιακό μοντέλο.

Στην Ερ. 2, οι περισσότεροι μαθητές περιγράφουν μεταβολές για το αλάτι που μπορούν να παρατηρηθούν άμεσα/αισθητηριακά (Πίνακας 2). Μεταξύ άλλων μεταβολών, ιδιαίτερα τη μεταβολή «εξαφανίζεται και πάει να φαίνεται μέσα στο νερό» απάντησαν σε ποσοστό 45% οι μαθητές της δ' δημοτικού, 50% της στ' δημοτικού και 45% της γ' γυμνασίου. Όπως επίσης ότι «ανακατεύεται με το νερό», σε ποσοστό 40% των μαθητών της δ' και 50% της στ' δημοτικού. Περίπου οι μισοί από τους μαθητές γυμνασίου και λυκείου απέδωσαν τη διάλυση του αλατιού σε μεταβολές σωματιδίων, αναφέροντας συχνότερα την εξήγηση της κατάτμησης του αλατιού σε όλο και μικρότερα κομμάτια, σε ποσοστά 15% και 25% αντίστοιχα. Μόνο ένας μαθητής του λυκείου έδωσε επιστημονικά αποδεκτή απάντηση και εξήγησε τη διάλυση με τη μεταβολή δυνάμεων μεταξύ των ιόντων του αλατιού και των μορίων του νερού.

Στην Ερ. 3, οι πλέον δημοφιλείς μεταβολές που αναφέρουν οι μαθητές ότι συνέβησαν στο νερό είναι ότι «είναι αλμυρό» (σε ποσοστά 80%, 60% και 35% των μαθητών της δ' και της στ' δημοτικού όπως και του γυμνασίου αντίστοιχα), ότι «ανακατεύεται με το αλάτι» (σε ποσοστό 30% των μαθητών γυμνασίου και λυκείου) και ότι «περιέχει το αλάτι» (σε ποσοστά 35% και 25% των μαθητών γυμνασίου και λυκείου). Ένας μαθητής λυκείου έδωσε εξηγήσεις για τις μεταβολές του νερού με μικροσωματιδιακές ιδέες επιστημονικά αποδεκτές.



Πίνακας 2. Συχνότητες (%) ανά τάξη των τύπων απάντησης στις ερωτήσεις της Ενότητας Ερωτήσεων Ι: Η διάλυση μακροσκοπικά.

Ερωτήσεις	Τύποι Απαντήσεων	Τάξη	Τάξη	Τάξη	Τάξη
		Δ' Δημοστ N=20	ΣΤ' Δημοστ N=20	Γ' Γυμν N=20	Γ' Λυκ N=20
1. Τι συμβαίνει όσο ανακατεύω; Σχεδιάσε τι νομίζεις ότι συμβαίνει	1. Αλατόνερο. Συνεχής απεικόνιση της ύλης (3)*	1 (5%)	3 (15%)	0	0
	2. Αλατόνερο. Μικρο/Μάκρο απεικόνιση της ύλης (2)	19 (95%)	17 (75%)	20 (100%)	19 (95%)
	3. Αλατόνερο. Μικροσωματιδιακή απεικόνιση (1)	0	0	0	1 (5%)
2. Τι συμβαίνει στο αλάτι όσο ανακατεύω το διάλυμα;	1. Χάνει τη γεύση του (3)*	1 (5%)	1 (5%)	0	0
	2. Γυρίζει, κινείται μαζί με το νερό (3)	6 (30%)	1 (5%)	4 (20%)	1 (5%)
	3. Εξαφανίζεται, παύει να φαίνεται μέσα στο νερό (3)	9 (45%)	10 (50%)	9 (45%)	5 (25%)
	4. Ανακατεύεται με το νερό (3)	8 (40%)	6 (30%)	3 (15%)	5 (25%)
	5. Αποσυνδέεται το νάτριο με το χλώριο και διασπάται σε πιο μικρά μόρια (2)	0	0	2 (10%)	0
	6. Χωρίζεται σε όλο και πιο μικρά κομμάτια που δεν φαίνονται πια μέσα στο νερό (2)	0	0	3 (15%)	5 (25%)
	7. Τα μόρια του ανακατεύονται με τα μόρια του νερού (2)	0	0	2 (10%)	1 (5%)
	8. Τα μόριά του συνενώνονται με τα μόρια του νερού (2)	0	0	2 (10%)	1 (5%)
	9. Αλλάζουν οι δεσμοί και οι δυνάμεις μεταξύ των σωματιδίων του (1)	0	0	0	1 (5%)
	3. Τι συμβαίνει στο νερό όσο ανακατεύω το διάλυμα;	1. Γυρίζει, κινείται (3)	3 (15%)	1 (5%)	2 (10%)
2. Γίνεται θολό (3)	1 (5%)	8 (40%)	2 (10%)	1 (5%)	
3. Δεν είναι καθαρό όπως πριν, είναι με το αλάτι (3)	0	2 (10%)	0	0	
4. Τίποτα, είναι το ίδιο με πριν (3)	0	0	1 (5%)	2 (10%)	
5. Αλλάζει γεύση, γίνεται αλμυρό (3)	16 (80%)	12 (60%)	7 (35%)	4 (20%)	
6. Ανακατεύεται, γίνεται ένα με το αλάτι (3)	2 (10%)	3 (15%)	6 (30%)	6 (30%)	
7. Περιέχει τώρα και το αλάτι (2)	0	0	7 (35%)	5 (25%)	
8. Τα μόριά του ενώνονται με τα συστατικά του αλατιού (2)	0	0	1 (5%)	1 (5%)	
9. Τα μόριά του συνενώνονται με τα μόρια του αλατιού (2)	0	0	2 (10%)	1 (5%)	
10. Τα μόριά του έλκονται από τα ιόντα του αλατιού (1)	0	0	0	1 (5%)	

(1)* αναπαραστάσεις επιστημονικά αποδεκτές, σύμφωνες με το σωματιδιακό μοντέλο της ύλης, και εξηγήσεις επιστημονικά αποδεκτές. (2)* εναλλακτικές αναπαραστάσεις του σωματιδιακού μοντέλου μικροδομής της ύλης και εναλλακτικές εξηγήσεις μεταβολών που κυρίως αφορούσαν σε σωματίδια.

(3)* συνεχείς αναπαραστάσεις της ύλης και περιγραφές μεταβολών

Οι απαντήσεις των μαθητών χαρακτηρίστηκαν ως '1' για αναπαραστάσεις επιστημονικά αποδεκτές και σύμφωνες με το σωματιδιακό μοντέλο απεικόνισης/ερμηνείας της ύλης και για εξηγήσεις της διάλυσης του αλατιού στο νερό επιστημονικά αποδεκτές. Χαρακτηρίστηκαν ως '2' για εναλλακτικές αναπαραστάσεις του σωματιδιακού μοντέλου μικροδομής της ύλης και για



εναλλακτικές εξηγήσεις μεταβολών που κυρίως αφορούσαν σε σωματίδια. Χαρακτηρίστηκαν ως '3' για συνεχείς αναπαραστάσεις της ύλης και για απλές περιγραφές του φαινομένου της διάλυσης.

Ενότητα Ερωτήσεων II: Η διάλυση μικροσκοπικά

Οι τύποι απάντησης που έδωσαν οι μαθητές στο δεύτερο μέρος του ερωτηματολογίου βαθμολογήθηκαν με παρόμοιους τρόπους με εκείνους του πρώτου μέρους. Ο Πίνακας 3 δείχνει τις συχνότητες και τα (%) ποσοστά των τύπων απάντησης που έδωσαν οι μαθητές στις ερωτήσεις της Ενότητας Ερωτήσεων II. Οι περισσότεροι μαθητές του δείγματος, κυρίως όμως οι μαθητές δημοτικού, συνεχίζουν να περιγράφουν μεταβολές που μπορούν να παρατηρηθούν άμεσα/αισθητηριακά στις ερωτήσεις της δεύτερης ενότητας.

Στην Ερ. 1, το 30% των μαθητών της δ' δημοτικού απάντησαν ότι τα συστατικά του αλατιού «*διαλύθηκαν μέσα στο νερό*» και το 30% των μαθητών της στ' δημοτικού ότι «*άλλαξαν, δεν είναι πια τα ίδια, άλλαξαν με το νερό*». Επίσης δημοφιλής ήταν η ταυτολογική απάντηση ότι τα συστατικά του αλατιού «*απλώθηκαν μέσα στο νερό*», η οποία υιοθετήθηκε κατά 25% από τους μαθητές των δύο τάξεων του δημοτικού και κατά 20% από τους μαθητές γυμνασίου. Η πλειονότητα των μαθητών γυμνασίου και λυκείου απέδωσαν τις μεταβολές σε σωματίδια και εξήγησαν με εναλλακτικό τρόπο ότι τα συστατικά του αλατιού «*έγιναν μείγμα με το νερό*», σε ποσοστά 20% και 35% αντίστοιχα, και ότι «*διασπάστηκαν σε χλώριο και νάτριο*» σε ποσοστά 25% και 20% αντίστοιχα. Ένας μαθητής λυκείου έδωσε επιστημονικά αποδεκτή απάντηση.

Στην Ερ. 2, η πλειονότητα των μαθητών απάντησαν ότι τα συστατικά του νερού «*έχουν αλλάξει, έχουν τώρα και τα συστατικά του αλατιού*» σε ποσοστά 55% και 45% για τη δ' και στ' δημοτικού αντίστοιχα, 15% για το γυμνάσιο και 10% για το λύκειο. Επίσης πολλοί μαθητές απάντησαν ότι «*απλώθηκαν ανάμεσα στα συστατικά του αλατιού*» σε ποσοστό 25% για τις τάξεις του δημοτικού και 20% για το γυμνάσιο. Απέδωσαν τις μεταβολές των συστατικών του νερού σε σωματίδια και έδωσαν εναλλακτικές εξηγήσεις οι περισσότεροι μαθητές γυμνασίου και λυκείου. Μια εξήγηση που έδωσαν (το 5% της δ' και το 10% της στ' δημοτικού, όπως και το 15% γυμνασίου και λυκείου) ήταν ότι τα συστατικά του νερού «*δεν έπαθαν τίποτα. Περιέχουν τα πολλά μικρά σωματίδια του αλατιού*». Όπως επίσης ότι «*έχουν γίνει μείγμα με τα συστατικά του αλατιού*» (το 5% της στ' δημοτικού, 15% γυμνασίου και 25% λυκείου) και ότι «*έχουν ενωθεί με το χλώριο και το νάτριο*» (το 25% των μαθητών γυμνασίου και 20% των μαθητών λυκείου). Ο ίδιος μαθητής λυκείου απάντησε με επιστημονική εξήγηση.

Με την Ερ. 3 επιδιώκαμε να διερευνήσουμε την κατανόηση της κίνησης των σωματιδίων της ύλης. Οι περισσότεροι μαθητές, κυρίως του δημοτικού (το 75% και το 90% αντίστοιχα της δ' και στ' τάξης, αλλά και το 40% των μαθητών γυμνασίου και 35% λυκείου) έχουν σχηματίσει την εναλλακτική άποψη ότι η κίνηση των σωματιδίων οφείλεται σε έναν εξωτερικό παράγοντα. Οι περισσότεροι μαθητές γυμνασίου και λυκείου σε ποσοστό 55% και 65% αντίστοιχα πιστεύουν ότι τα σωματίδια κινούνται συνεχώς.

Η δομή της ύλης

Τα αποτελέσματα οδηγούν σε ορισμένα συμπεράσματα για τον τρόπο σκέψης των μαθητών σχετικά με την ύλη και τη δομή της στα οποία έχουν καταλήξει και άλλες έρευνες (π.χ. Andersson, 1990, Χατζηνικήτα, 2000).



Πίνακας 3. Συχνότητες (%) ανά τάξη των τύπων απάντησης στις ερωτήσεις της Ενότητας Ερωτήσεων II: Η διάλυση μικροσκοπικά.

Ερωτήσεις	Τύποι Απαντήσεων	Τάξη	Τάξη	Τάξη	Τάξη
		Δ' Δημοστ N=20	ΣΤ' Δημοστ N=20	Γ' Γυμν N=20	Γ' Λυκ N=20
1. Τι έχει συμβεί στα συστατικά του αλατιού;	1. Κινούνται (3)*	0	0	2(10%)	0
	2. Έχασαν τη γεύση τους (3)*	1(5%)	1(5%)	0	0
	3. Δεν υπάρχουν πια (3)*	3(15%)	3(15%)	0	0
	4. Άλλαξαν, δεν είναι πια τα ίδια, άλλαξαν μαζί με το νερό (3)*	5(25%)	6(30%)	3(15%)	2(10%)
	5. Απλώθηκαν μέσα στο νερό (3)*	5(25%)	5(25%)	4(20%)	0
	6. Έχουν διαλυθεί μέσα στο νερό(3)*	6(30%)	3(15%)	0	0
	7. Διαλύθηκαν, έχουν γίνει πια γίνει σαν το νερό (2)*	0	0	0	1(5%)
	8. Το αλάτι έχει διαλυθεί σε πολλά μικρά-μικρά σωματίδια (2)	1(5%)	1(5%)	2(10%)	2(10%)
	9. Έχουν γίνει πολλά σε αριθμό (2)	0	0	2(10%)	0
	10. Έχουν γίνει μείγμα με το νερό (2)	0	2(10%)	4(20%)	7(35%)
	11. Έχουν διασπαστεί σε χλώριο και νάτριο (2)	0	0	5(25%)	4(20%)
	12. Έχουν αλλάξει μόνιμα, είναι πια αλατόνερο (2)	0	0	1(5%)	3(15%)
	13. Άλλαξαν οι δεσμοί και οι δυνάμεις των σωματιδίων	0	0	0	1(5%)
2. Τι έχει συμβεί στα συστατικά του νερού;	1. Έγιναν θολά(3)	0	5(25%)	0	0
	2. Έγιναν αλμυρά (3)	7(35%)	6(30%)	3(15%)	2(10%)
	3. Το νερό έχει τα συστατικά του αλατιού (3)	3(15%)	3(15%)	0	0
	4. Έχουν αλλάξει, έχουν τώρα και τα συστατικά του αλατιού (3)	11(55%)	9(45%)	3(15%)	2(10%)
	5. Απλώθηκαν ανάμεσα στα συστατικά του αλατιού (3)	5(25%)	5(25%)	4(20%)	0
	6. Τίποτα. Περιέχουν τα πολλά μικρά σωματίδια του αλατιού (2)	1(5%)	2(10%)	3(15%)	3(15%)
	7. Έχουν γίνει μείγμα με τα συστατικά του αλατιού (2)	0	1(5%)	3(15%)	5(25%)
	8. Έχουν ενωθεί με το χλώριο και το νάτριο (2)	0	0	5(25%)	4(20%)
	9. Έχουν αλλάξει μόνιμα, έχουν γίνει αλατόνερο (2) Αλλαγή	0	0	1(5%)	3(15%)
	10. Τα μόρια του έλκονται από τα ιόντα του αλατιού (1)*	0	0	0	1(5%)
3. Κινούνται τα συστατικά όταν σταματάω να ανακατεύω; Ύστερα από πολύ καιρό;	1. Είναι ακίνητα. Θα είναι ακίνητα. (3)	5(25%)	0	1(5%)	0
	2. Όταν τα ανακατεύω κινούνται. Όταν δεν ανακατεύω δεν κινούνται (2)	15(75%)	18(90%)	8(40%)	7(35%)
	3. Κινούνται συνεχώς από μόνα τους. Θα κινούνται (1)	0	2(10%)	11(55%)	13(65%)

(1)* αναπαραστάσεις επιστημονικά αποδεκτές, σύμφωνες με το σωματιδιακό μοντέλο της ύλης, και εξηγήσεις επιστημονικά αποδεκτές. (2)* εναλλακτικές αναπαραστάσεις του σωματιδιακού μοντέλου μικροδομής της ύλης και εναλλακτικές εξηγήσεις μεταβολών που κυρίως αφορούσαν σε σωματίδια. (3)* συνεχείς αναπαραστάσεις της ύλης και περιγραφές μεταβολών

- Όλοι οι μαθητές ήξεραν πρακτικά ότι κατά τη διάλυση το αλάτι εξαφανίζεται μέσα στο νερό/ανακατεύεται με το νερό και κανείς δεν υποστήριξε ότι το αλάτι εξαφανίζεται/παύει να υπάρχει.
- Ορισμένοι μαθητές πιστεύουν ότι τα συστατικά του αλατιού μπορεί να χάνουν τη γεύση τους και να διατηρούν την ταυτότητά τους, δηλαδή συνεχίζουν να είναι αλάτι.
- Ορισμένοι μαθητές προβάλλουν τις μακροσκοπικές ιδιότητες της ύλης (π.χ. τη γεύση) σε οντότητες του μικρόκοσμου, π.χ. τα συστατικά του αλατιού είναι αλμυρά.
- Ακόμη και οι μικρότεροι μαθητές έχουν οικοδομήσει σε κάποιο βαθμό ορισμένες όψεις του σωματιδιακού μοντέλου της ύλης (όπως ύπαρξη μη ορατών σωματιδίων και κίνηση των σωματιδίων), τις οποίες εφαρμόζουν επιλεκτικά σε ορισμένα μόνο συστατικά (π.χ. στο αλάτι).



5. Τα σωματίδια και οι μη άμεσα παρατηρήσιμες μεταβολές που αναφέρονται από τους μαθητές δεν αντανακλούν τη χρήση ενός μοντέλου μικροδομής της ύλης. Οι μαθητές θεωρούν κυρίως ότι η ύλη τεμαχίζεται και διασπάται σε «πολύ μικρά, μη ορατά σωματίδια». Να υπογραμμίσουμε ότι βασική διαφορά ανάμεσα στις οντότητες του μικρόκοσμου και του μακρόκοσμου, οι μαθητές θεωρούν το μέγεθος και όχι την ταυτότητα/φύση των οντοτήτων αυτών.

Συνοψίζοντας τα προηγούμενα, η σκέψη των μαθητών του δείγματός μας κυριαρχείται από τη μακροσκοπική αντίληψη της ύλης. Οι μαθητές, πλην ενός μαθητή λυκείου, βασίζονται στην καθημερινή εμπειρία και θεωρούν την ύλη συνεχή και βεβαίως στατική. Το μοντέλο μικροδομής της ύλης που διδάσκονται στο σχολείο αντίθετα χαρακτηρίζεται από ασυνεχή και δυναμική θεώρηση της ύλης, σύμφωνα με το οποίο τα δομικά σωματίδια της ύλης κινούνται και αλληλεπιδρούν αενάως σε έναν κενό χώρο. Για να μπορέσουν οι μαθητές να υιοθετήσουν τον επιστημονικό τρόπο σκέψης και τις επιστημονικά αποδεκτές περιγραφές/ερμηνείες της ύλης, πρέπει να αναθεωρήσουν την αντίληψη της ύλης που βασίζεται στην καθημερινή εμπειρία και που αποτελεί πυρήνα των διαισθητικών απόψεών τους.

Αποτελέσματα, Μέρος Β΄: Ανάλυση στο σύνολο των ερωτήσεων κάθε ενότητας

Οι απαντήσεις των μαθητών κατηγοριοποιήθηκαν πάλι, αυτή τη φορά στο σύνολο των ερωτήσεων κάθε ενότητας. Η κατηγοριοποίηση έγινε ξεχωριστά στις Ενότητες Ερωτήσεων Ι και ΙΙ, με τα κριτήρια που φαίνονται στον Πίνακα 4. Η βαθμολόγηση βασίστηκε στις απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές καθώς και στις αναπαραστάσεις που έκαναν στην Ερ. 1.

Πίνακας 4. Κριτήρια για την κατηγοριοποίηση στις κατηγορίες απαντήσεων.

Κατηγορίες Απαντήσεων	Ενότητα Ερωτήσεων Ι	Ενότητα Ερωτήσεων ΙΙ
1. Περιγραφή	Απαντήσεις στις οποίες περιγράφονται κυρίως η εξαφάνιση του αλατιού στο νερό και η ανάμειξη αλατιού κ νερού. Δεν αναζητώνται εξηγήσεις της διάλυσης, απλά γίνονται περιγραφές του φαινομένου (αναπαράσταση της ύλης σημειωμένη ως 3 ή 2 & μεταβολές ως 3)	Απαντήσεις στις οποίες γίνονται περιγραφές της διάλυσης του αλατιού στο νερό. (μεταβολές σημειωμένες ως 3 & κίνηση των σωματιδίων ως 1 ή 2)
2. Μακροσκοπικές Εξηγήσεις	Απαντήσεις στις οποίες αναζητάται μηχανισμός της διάλυσης του αλατιού σε μεταβολές σωματιδίων (αναπαράσταση της ύλης ως 2 και μεταβολές ως 2)	Απαντήσεις στις οποίες αναζητάται μηχανισμός της διάλυσης του αλατιού σε μεταβολές σωματιδίων. Τα σωματίδια της ύλης χαρακτηρίζονται από κίνηση είτε όχι (μεταβολές σημειωμένες ως 2 & κίνηση των σωματιδίων ως 1 ή 2)
3. Μικροσκοπικές Μεταβολές	Επιστημονικά ορθές απαντήσεις σε όλες τις ερωτήσεις του Πίνακα 2 (αναπαράσταση της ύλης σημειωμένη ως 1 και μεταβολές ως 1)	Επιστημονικά ορθές απαντήσεις σε όλες τις ερωτήσεις του Πίνακα 3 (μεταβολές σημειωμένες ως 1 & κίνηση των σωματιδίων ως 1)

Πίνακας 5. Συχνότητες (ποσοστά) των μαθητών ανά τάξη που τοποθετήθηκαν στις κατηγορίες απαντήσεων της Ενότητας I & της Ενότητας II.

Κατηγορίες Απαντήσεων	Ενότητα I				Ενότητα II			
	Δ' Δημ	ΣΤ' Δημ	Γ' Γυμ ν	Γ' Λυ κ	Δ' Δημ	ΣΤ' Δημ	Γ' Γυμν	Γ' Λυκ
Περιγραφή	20 (100%)	20 (100%)	12 (60%)	10 (50%)	19 (95%)	17 (85%)	5 (25%)	2 (10%)
Μακροσκοπικές Εξηγήσεις	0	0	8 (40%)	9 (45%)	1 (5%)	3 (15%)	15 (75%)	17 (85%)
Μικροσκοπικές Μεταβολές	0	0	0	1 (5%)	0	0	0	1 (5%)

Διαφορές στις δύο ενότητες ερωτήσεων παρουσίασαν οι απαντήσεις που έδωσαν οι μαθητές (Πίνακας 5). Περισσότεροι μαθητές στη δεύτερη ενότητα ερωτήσεων εξήγησαν τις μεταβολές του αλατιού και του νερού με μεταβολές σωματιδίων και απέδωσαν τα όσα παρατήρησαν κατά τη διάλυση σε μεταβολές σωματιδίων. Υπάρχει μετατόπιση σε όλες τις ηλικιακές ομάδες, κυρίως όμως στους μαθητές γυμνασίου και λυκείου, στην απόδοση των μεταβολών (Πίνακας 5) από τις αισθητηριακά παρατηρούμενες (Περιγραφή) σε μακρο-μικρο εξηγήσεις με τη βοήθεια σωματιδίων (Μακροσκοπικές Εξηγήσεις). Όμως μόνο ένας μαθητής λυκείου δίνει επιστημονικά αποδεκτές απαντήσεις και στις δυο ενότητες.

Συνολικά, η κατανόηση του φαινομένου με επιστημονικά αποδεκτό τρόπο, σύμφωνα με τα όσα είχαν διδαχθεί, υπήρξε πολύ φτωχή. Οι μαθητές της στ' δημοτικού, του γυμνασίου και του λυκείου, παρόλο που έδωσαν περισσότερο «σωστές» απαντήσεις από τους μαθητές της δ' δημοτικού που δεν είχαν διδαχθεί καθόλου χημεία, εντούτοις είχαν πολλές δυσκολίες να κατανοήσουν τη διάλυση με όρους επιστημονικά αποδεκτούς.

Συζήτηση και Συμπεράσματα

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η διάλυση του αλατιού στο νερό είναι ένα συχνό φαινόμενο στην καθημερινή ζωή, παραμένει εντυπωσιακό το γιατί οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν όσα διδάσκονται και γιατί σχηματίζουν όλες τις εναλλακτικές απόψεις που εντοπίσαμε προηγουμένως.

Μια προσεκτική παρατήρηση των κατηγοριών απαντήσεων και των εναλλακτικών απόψεων δείχνει ότι οι μαθητές μαθαίνουν από νωρίς χημικές πληροφορίες για τη διάλυση, που τις ενσωματώνουν στις απαντήσεις τους. Σταδιακά με την ηλικία (Πίνακας 5), εγκαταλείπονται οι αναφορές σε απλές περιγραφές και δίνονται εξηγήσεις των μεταβολών. Όμως και στην περίπτωση των εξηγήσεων που δίνουν οι μαθητές, είναι φανερό ότι χρησιμοποιούν με εναλλακτικό τρόπο τα όσα έχουν διδαχθεί πλην ενός μαθητή λυκείου που απάντησε με επιστημονικά αποδεκτές πληροφορίες.

Τα αποτελέσματα αυτά μπορούν να εξηγηθούν κατά την άποψή μας, αν αναλογιστούμε τη μεγάλη απόσταση που χωρίζει την προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών και την επιστημονική θεωρία για την ύλη. Οι μαθητές, ως αποτέλεσμα της καθημερινής εμπειρίας, αντιλαμβάνονται την ύλη μακροσκοπικά με αποτέλεσμα να την κατανοούν ως στατική και συνεχή. Οι επιστημονικές έννοιες όμως που διδάσκονται οι μαθητές είναι οργανωμένες στη βάση της δυναμικής θεώρησης της ύλης, σύμφωνα με την οποία τα δομικά συστατικά της ύλης κινούνται και αλληλεπιδρούν αενάως σε έναν κενό χώρο. Τα όσα διδάσκονται οι μαθητές είναι ασύμβατα με τα όσα ήδη γνωρίζουν. Απαιτείται λοιπόν αναδιοργάνωση της προϋπάρχουσας γνώσης για να γίνει κατανοητή η σωματιδιακή δομή της ύλης σύμφωνα με το επιστημονικό μοντέλο



μικροδομής της ύλης. Όπως έχουν δείξει μια σειρά από έρευνες (Βοσνιάδου, Βαμβακούση και Σκοπελίτη, 2008)) η διαδικασία απόκτησης γνώσεων στις φυσικές επιστήμες ορισμένες φορές απαιτεί την αναδιοργάνωση των όσων ήδη ξέρουν οι μαθητές.

Το πέρασμα από τον μακροσκοπικό τρόπο θεώρησης της ύλης στον επιστημονικά αποδεκτό απαιτεί τελικά από τη διδασκαλία της χημείας πλήρη κατανόηση των όσων δυσκολεύουν τους μαθητές. Για να μετακινηθούν οι μαθητές από τις αρχικές τους απόψεις, που βασίζονται στην καθημερινή εμπειρία, σε μια κατανόηση των όσων διδάσκονται, πρέπει η διδασκαλία να βασιστεί στον τρόπο που σκέφτονται οι μαθητές και στα όσα παρεμποδίζουν τη διαδικασία μάθησης. Θα πρέπει να δοθούν στους μαθητές επαρκείς εξηγήσεις των επιστημονικών εννοιών που διδάσκονται, καθώς και της διαφορετικότητας των επιστημονικών θεωριών ώστε να είναι δυνατόν να γίνουν απόλυτα κατανοητές.

Βιβλιογραφία

Βοσνιάδου, Σ., Βαμβακούση, Ξ., και Σκοπελίτη, Ε. (2008) Το πρόβλημα της εννοιολογικής αλλαγής στην ψυχολογία, *Νόησις*, Τευχος 3, σελ. 137-180

Σολομωνίδου, Χ. & Σταυρίδου, Ε. (1995). Οι χημικές ουσίες, το περιβάλλον και ο σύγχρονος πολίτης. *Το Βήμα των Κοινωνικών Επιστημών*, τόμος Ε', τ. 17, 197-208

Χατζηνικήτα, Β & Κουλαϊδής, Β. (2000). Αναπαραστάσεις Μαθητών του Δημοτικού για τις Μεταβολές Φυσικοχημικών Συστημάτων: Σύστημα Ταξινόμησης. Στο Κόκκοτας, Π. (Επ). *Διδακτικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες*. Εκδ. Τυπωθήτω, 85-110

Nussbaum, J. (1993). Η σωματιδιακή φύση της ύλης στην αέρια κατάσταση. Στο R. Driver, E. Guesne & A. Tiberghien (Eds). *Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα: Ε.Ε.Φ., Τροχαλία, 110-207.

Ahtee, M. (1994). Finnish pupils' ideas of dissolving salt in water. In Bargelini & P.E. Todesco (Eds), *Proceedings ATTI, 2nd European Conference on Research in Chemical Education*, Pisa Università degli studi di Pisa, 254-259

Andersson, B. (1990). Pupils' conception of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, p. 68

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.

Slone, M. & Bokhurst, F. D. (1992). Children's understanding of sugar water solutions. *International Journal of Science Education*, 9, 221-235.

Vosniadou, S. (2003). Exploring the Relationships between conceptual change and intentional learning. In G.M. Sinatra and P.R. Pintrich (eds.) *Intentional Conceptual Change*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

Vosniadou, S. & Brewer, W. (1992). Mental model of earth: A study of conceptual change in Childhood, *Cognitive Psychology*, 24, 535-585

Vosniadou, S. & Brewer, W. (1994). Mental model of the day-night cycle, *Cognitive Science*, 18, 123-183