Οι αντιλήψεις των μαθητών για τη σωματιδιακή σύσταση της ύλης μέσα από τα σχέδια τους

Καραχάλιου Ιωάννα[1], Σάλτα Κατερίνα[2], Τζουγκράκη Χρύσα[3]

[1]Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, ikarachal@sch.gr
[2]Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, ksalta@chem.uoa.gr
[3]Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, tzougraki@chem.uoa.gr

Περίληψη
Με αυτήν τη μελέτη έγινε προσπάθεια να αναδειχθούν οι ιδέες των μαθητών για τη σωματιδιακή σύσταση της ύλης (ΣΣΥ) μέσα από τα σχέδιά τους. Μαθητές της Α΄ και Γ΄ Γυμνασίου κλήθηκαν να σχεδιάσουν αναπαραστάσεις σωματιδίων σε μείγματα και χημικές ενώσεις που συμμετέχουν σε δύο χημικές αντιδράσεις. Τα σχέδια των μαθητών αναλύθηκαν, για να αναδείξουν τις αντιλήψεις τους. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να αντιληφθούν την ασυνέχεια της ύλης, καθώς και τη σωματιδιακή δομή της, δυσκολία η οποία μειώνεται στη μεγαλύτερη τάξη.

Abstract
In this study, students' ideas related to the particulate nature of matter (PNM) were sought through their drawings. Seventh and ninth grade students were asked to draw particulate representations of mixtures and compounds present in two chemical reactions. Students' drawings were analysed to uncover their conceptions. The results revealed that is difficult for the students to understand the discontinuity of matter and its particle structure. This difficulty decreases in ninth grade students.

Εισαγωγή

Οι μαθητές όπως και οι ερευνητές προσπαθούν να κατανοήσουν τον κόσμο γύρω τους και διαμορφώνουν ιδέες οι οποίες πρέπει να θεωρούνται ως εναλλακτικές των καθιερωμένων και να αποτελούν ερευνητικά δεδομένα για τη διερεύνηση του τρόπου που σκέφτονται και μαθαίνουν (Andersson 1986). Η ερμηνεία μακροσκοπικών φαινομένων με σωματιδιακές αναπαραστάσεις είναι μία από τις βασικές ιδέες της σύγχρονης χημείας και χημικής εκπαίδευσης, παρότι δεν είναι εύκολο να επιτευχθεί. Ποικίλα εννοιολογικά κενά στην κατανόηση των μαθητών για το σωματιδιακό επίπεδο έχουν διαπιστωθεί τα τελευταία 30 χρόνια και έχουν αναφερθεί πολλοί λόγοι για τις δυσκολίες τους στην κατανόηση των δομικών σωματιδίων (Eilks 2013). Μεταξύ άλλων, ως αιτίες των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι μαθητές ενοχοποιούνται τα χαμηλά επίπεδα κατανόησης τους σχετικά με τη φύση των μοντέλων και τη μοντελοποίηση (Grosslight et al 1991), καθώς και ο ασαφής τρόπος που συσχετίζουν το μακροσκοπικό, υπο-μικροσκοπικό και συμβολικό επίπεδο της γνώσης ((Johnstone 1991). Πολλές έρευνες σχετικά με τη σωματιδιακή δομή των υλικών δείχνουν ότι οι ιδέες των μαθητών από 8 έως 17 ετών εξελίσσονται σταδιακά από ένα

συνεχές μοντέλο για τη δομή της ύλης σε ένα μοντέλο «συνεχών κομματιών», για να καταλήξουν στις αναπαραστάσεις των σωματιδίων της ύλης, όπως διδάσκονται στο σχολείο (Driver 2000). Σύμφωνα με τον Παπαγεωργίου (2009), η πορεία προσέγγισης των χημικών αλλαγών περνάει μέσα από θέματα δομής, αλλαγής κατάστασης και μίξης των ουσιών.
Έχει, επίσης, διαπιστωθεί οτι τα σχέδια των μαθητών παρέχουν πλούσια στοιχεία για τον τρόπο που κατανοούν οι μαθητές τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών και αναδεικνύουν τις εναλλακτικές αντιλήψεις τους (Van Meter, Aleksic, Schwartz, & Garner 2006) χωρίς περιορισμούς από τις ικανότητές τους στον γραπτό λόγο (Jimenez Gomez, Benarroch, & Marin 2006). Ακόμα, τα σχέδια των μαθητών μπορούν να χρησιμοποιηθούν, για να διερευνήσουμε την κατανόηση των μαθητών για πολύ αφηρημένες έννοιες (Dove et al. 1999), μία από τις οποίες είναι η σωματιδιακή σύσταση της ύλης (ΣΣΥ).
Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάδειξη των αντιλήψεων των μαθητών των Α΄ και Γ΄ τάξεων Γυμνασίου για τη ΣΣΥ μέσα από τα σχέδια αναπαραστάσεων σωματιδίων χημικών ουσιών που συμμετέχουν σε δύο χημικές αντιδράσεις, την αντίδραση σχηματισμού του θειούχου σιδήρου και την οξείδωση του σιδήρου.

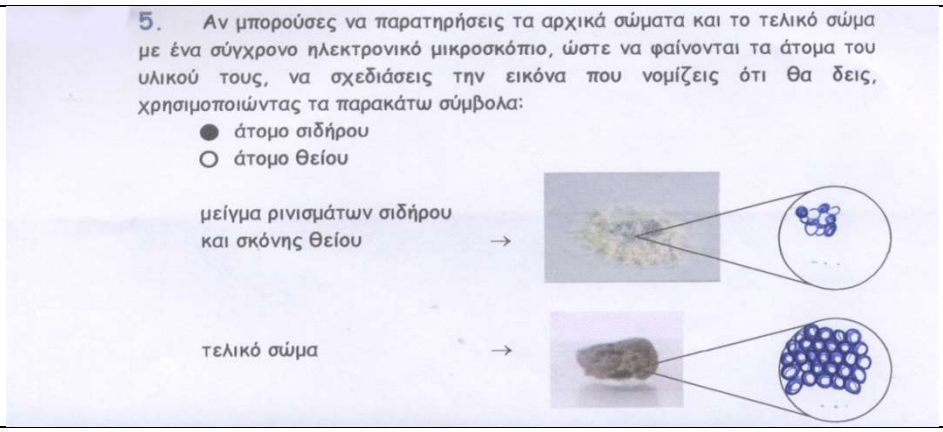
Η ταυτότητα της έρευνας

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε μαθητές της Α και Γ τάξης Γυμνασίου. Η Α τάξη επελέγη, γιατί σε αυτήν οι μαθητές δεν διδάσκονται ακόμη συστηματικά Φυσικές Επιστήμες και στα σχέδια τους εμφανίζονται οι αρχικές αντιλήψεις των μαθητών για τη ΣΣΥ. Η Γ τάξη, γιατί σε αυτήν ολοκληρώνεται πλέον η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην υποχρεωτική εκπαίδευση, και είναι δυνατόν να διαπιστωθούν οι αντιλήψεις των μαθητών όπως διαμορφώθηκαν από τη διδασκαλία. Η μέθοδος δειγματοληψίας είναι η «κατά συστάδες» δειγματοληψία. Στην περίπτωση της παρούσας έρευνας συστάδα είναι μια σχολική τάξη. Ζητήθηκε από τους μαθητές Α και Γ τάξης τριών Γυμνασίων διαφόρων περιοχών της Αττικής και ενός Γυμνασίου της Βοιωτίας να συμπληρώσουν ένα ερωτηματολόγιο. Τα σχολεία της Αττικής ήταν ένα ιδιωτικό, ένα πειραματικό και ένα Γυμνάσιο της Ανατολικής Αττικής. Η επιλογή των συγκεκριμένων περιοχών και σχολείων προσφέρει μια καλή ισορροπία μεταξύ του κόστους και των απαιτήσεων της δειγματοληψίας. Στην έρευνα συμμετείχαν 107 μαθητές της Α τάξης και 114 μαθητές της Γ τάξης Γυμνασίου.
Παρουσιάστηκε στους μαθητές η αντίδραση σχηματισμού θειούχου σιδήρου από τα συστατικά του στοιχεία με φωτογραφίες του πειράματος και τους ζητήθηκε να σχεδιάσουν πως φαντάζονται τα άτομα σε ένα μείγμα σιδήρου - θείου και στη συνέχεια στο θειούχο σίδηρο. Τους προτάθηκε, επίσης, συγκεκριμένος συμβολισμός: μαύρος κύκλος για το άτομο σιδήρου και άσπρος κύκλος για το άτομο θείου (Εικόνα 1). Οι μαθητές είδαν, ακόμα, φωτογραφίες σιδερένιου καρφιού πριν και μετά το σκούριασμα του, και τους ζητήθηκε να σχεδιάσουν τα άτομα του υλικού, χωρίς, όμως, να προτείνονται συγκεκριμένα σύμβολα για τα άτομα των στοιχείων. (Εικόνα 2).
Πραγματοποιήθηκε ανάλυση περιεχομένου των σχεδίων των μαθητών, με ανοικτή και κατόπιν αξονική κωδικοποίηση των δεδομένων μας (Καραχάλιου 2011). Κατά την ανοικτή κωδικοποίηση δώσαμε σε κάθε χαρακτηριστικό των σχεδίων ένα κωδικό και κατά την αξονική κωδικοποίηση αναδείχτηκαν οι σχέσεις μεταξύ αυτών των κωδικών και προέκυψαν οι τελικές κατηγορίες (Robson 2007). Αναπτύχθηκε ένα σχήμα και ένα φύλλο κωδικοποίησης λαμβάνοντας υπόψη την ύλη που είχαν διδαχθεί οι μαθητές και τη βιβλιογραφία των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών για την ΣΣΥ (Adadan, Trundle, and Irving 2010).

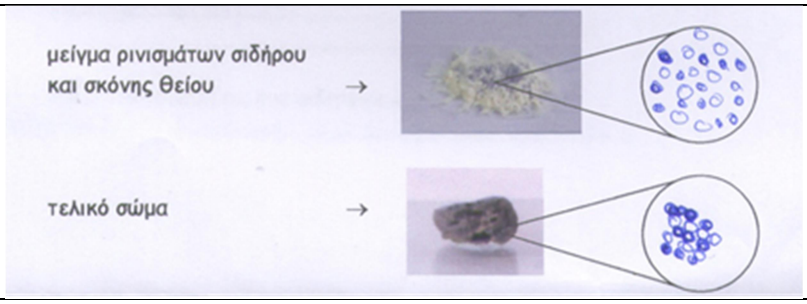
Αποτελέσματα και σχόλια

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των σχεδίων των μαθητών για τις χημικές ουσίες των παραπάνω αντιδράσεων ανέδειξαν τις αντιλήψεις τους για τη σωματιδιακή δομή (σε επίπεδο ατόμων και μορίων) μειγμάτων, χημικών στοιχείων και χημικών ενώσεων σε στερεή κατάσταση. Αυτές ταξινομήθηκαν και για τις δύο αντιδράσεις σε 11 ομάδες:

Εικόνα 1: Παραδείγματα σχεδίων μαθητών για τη χημική αντίδραση του σχηματισμού του θειούχου σιδήρου

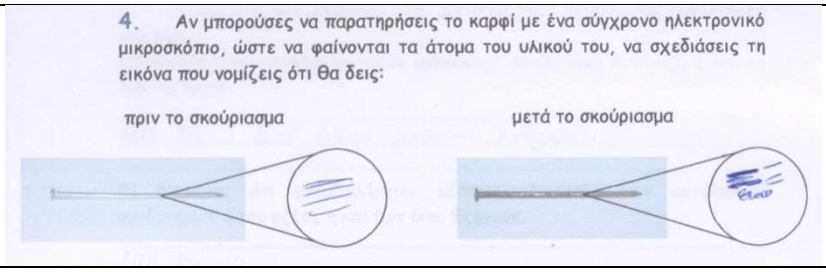


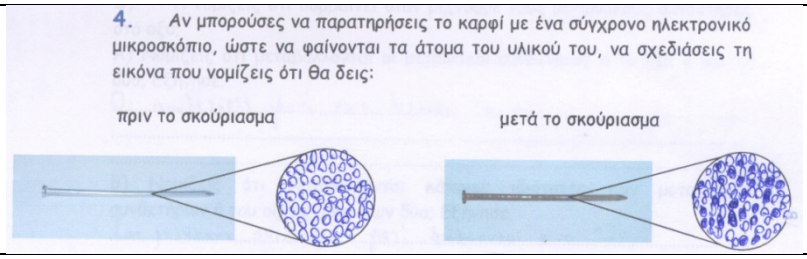
(α) μείγμα ρινισμάτων σιδήρου και σκόνης θείου: ομάδα Α, (β) τελικό σώμα (θειούχος σίδηρος): ομάδα Δ (μαθητής 42)



(γ) μείγμα ρινισμάτων σιδήρου και σκόνης θείου: ομάδα Γ, (δ) τελικό σώμα (θειούχος σίδηρος): ομάδα Β (μαθητής 58)

Εικόνα 2: Παράδειγμα σχεδίων μαθητού για τη χημική αντίδραση της οξείδωσης του σιδήρου



(α) πριν το σκούριασμα: ομάδα Ω, (β) μετά το σκούριασμα: ομάδα Ω (μαθητής 42)

(γ) πριν το σκούριασμα: ομάδα Α, (δ) μετά το σκούριασμα: ομάδα Β (μαθητής 10)

Ομάδα Α: η επιστημονική σωματιδιακή αντίληψη. Η σύσταση του μείγματος έχει απεικονιστεί με σωματίδια διαφορετικού χρώματος τυχαία κατανεμημένα [εικόνα 1(α)]. Η σύσταση της χημικής ένωσης έχει απεικονιστεί με σωματίδια διαφορετικού χρώματος κατανεμημένα με κάποιο πρότυπο που αναπαριστά τη σύσταση της ένωσης. Η σύσταση του χημικού στοιχείου έχει απεικονιστεί με σωματίδια ενός χρώματος [εικόνα 2(γ)]. Σε όλες τις περιπτώσεις οι αποστάσεις μεταξύ των σωματιδίων παραπέμπουν στη στερεά κατάσταση.

Ομάδα Β: σωματιδιακές αναπαραστάσεις με ορθή την απεικόνιση της στερεής κατάστασης, αλλά με εμφανή την αντίληψη της χημικής ένωσης ως μείγμα. Η σύσταση της χημικής ένωσης έχει απεικονιστεί με σωματίδια διαφορετικού χρώματος τυχαία κατανεμημένα [εικόνα 1(δ), εικόνα 2(δ)].

Ομάδα Γ: σωματιδιακή αντίληψη της στερεής ουσίας ως αέρια με σωστή απεικόνιση της σύστασης του μείγματος, της χημικής ένωσης, και του στοιχείου. Για παράδειγμα, η σύσταση του μείγματος σιδήρου - θείου έχει απεικονιστεί με σωματίδια διαφορετικού χρώματος τυχαία κατανεμημένα με κενό χώρο ανάμεσα τους, που ταιριάζει περισσότερο σε αέρια παρά σε στερεή κατάσταση [εικόνα 1(γ)].

Ομάδα Δ: σωματιδιακές αναπαραστάσεις με ορθή την απεικόνιση της στερεής κατάστασης, αλλά με εμφανή την αντίληψη της χημικής ένωσης ως χημικό στοιχείο. Για την απεικόνιση, δηλαδή, της χημικής ένωσης χρησιμοποιούνται σωματίδια ενός χρώματος, όπως για την απεικόνιση του στοιχείου [εικόνα 1(β)].

Ομάδα Ε: σωματιδιακή αντίληψη της στερεής ουσίας ως αέρια και, επιπλέον, με την αντίληψη της χημικής ένωσης και του χημικού στοιχείου ως μείγμα. Συγκεκριμένα, το χημικό στοιχείο απεικονίζεται με σωματίδια διαφορετικών χρωμάτων, όπως ένα μείγμα.

Ομάδα ΣΤ: σωματιδιακή αντίληψη της στερεής ουσίας ως αέρια με στοιχεία συνέχειας της ύλης. Στην απεικόνιση των σωματιδίων εμφανίζεται κάποιο υλικό ανάμεσα στα σωματίδια.

Ομάδα Ζ: σωματιδιακή αντίληψη του στερεού, μείγματος και χημικής ένωσης, ως αέριο στοιχείο. Η απεικόνιση της χημικής ένωσης και του μείγματος έγινε με σωματίδια ενός χρώματος όπως στα στοιχεία και με κενό χώρο ανάμεσα τους που παραπέμπει σε αέρια παρά σε στερεή κατάσταση.

Ομάδα Η: σωματιδιακή αντίληψη με στοιχεία συνέχειας (απεικόνιση συνεχούς υλικού ανάμεσα στα σωματίδια). Τα στερεά απεικονίζονται ως αέρια και η σύσταση των χημικών ενώσεων ως αυτή των στοιχείων.

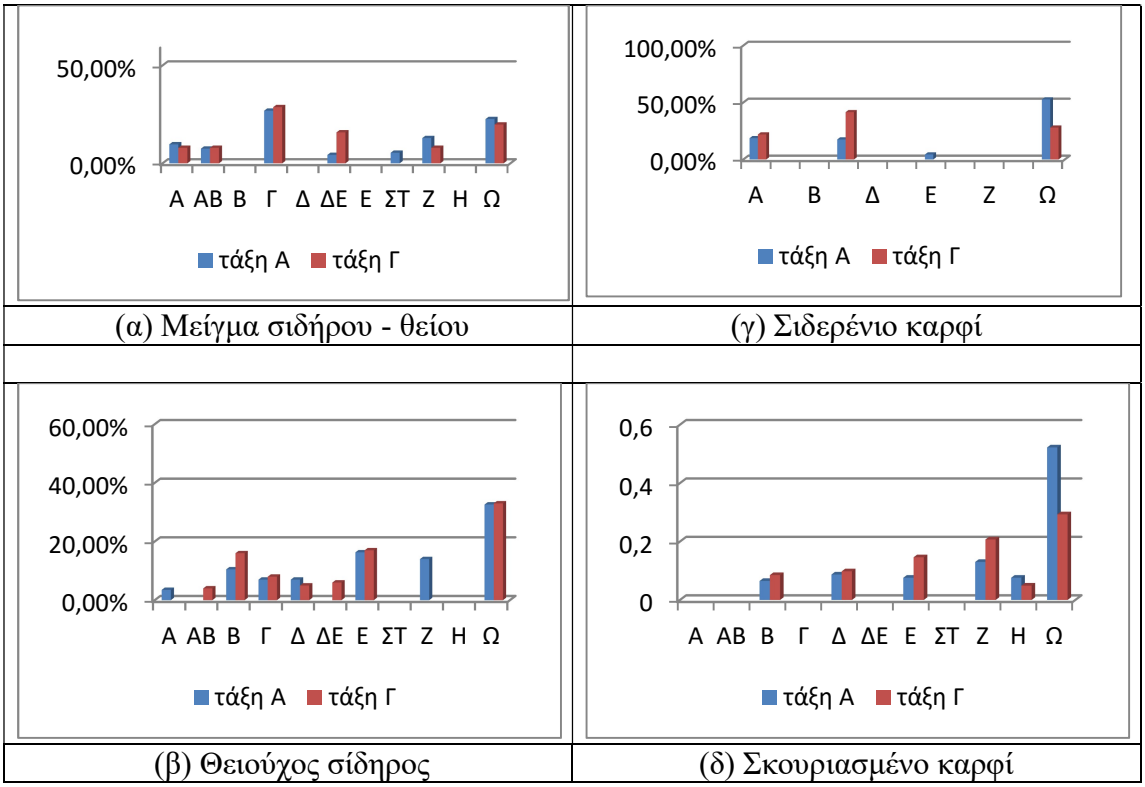
Ομάδα Ω: απεικονίσεις χωρίς σωματίδια, που υποδεικνύουν συνεχείς αντιλήψεις [εικόνα 2(α), εικόνα 2(β)].

Ομάδες ΑΒ και ΔΕ: ενδιάμεσες μεταβατικές αντιλήψεις.

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται τα ποσοστά των μαθητών (άξονας y) που εμφανίζουν αντιλήψεις της κάθε ομάδας (άξονας x) ανά τάξη. Οι κυρίαρχες σωματιδιακές αντιλήψεις των μαθητών (ομάδα Γ) για τον σίδηρο και για το μείγμα θείου - σιδήρου δεν περιέχουν την επιστημονική αντίληψη της στερεής κατάστασης. Οι εναλλακτικές αυτές αντιλήψεις εμφανίζονται κυρίως στην περίπτωση του μείγματος, το οποίο απεικονίζεται στην ερώτηση

με τη μορφή σκόνης. Οι μαθητές και των δύο τάξεων σχεδιάζουν σε μεγάλο ποσοστό σωματιδιακές δομές παρόμοιες με αυτές των αερίων (Εικόνα 1γ), ενσωματώνοντας μακροσκοπικά χαρακτηριστικά. Εμφανίζονται επίσης αντιλήψεις συνέχειας της ύλης (ομάδα Ω) και στις δύο τάξεις, με μεγαλύτερα ποσοστά στην Α τάξη. Χαρακτηριστικό είναι ότι οι αντιλήψεις αυτές παραμένουν - αν και μειώνονται σε κάποιες περιπτώσεις - στη Γ τάξη μετά τη διδασκαλία. Στην περίπτωση που δεν προτείνεται συμβολισμός για τα σωματίδια, οι μαθητές, ιδιαίτερα αυτοί της Α τάξης, εμφανίζουν αντιλήψεις συνέχειας της ύλης στα σχέδιά τους (Εικόνες 2α, 2β) σε μεγαλύτερο ποσοστό.

Σχήμα 1: Ποσοστά μαθητών ανά ομάδα αντιλήψεων και ανά τάξη



(α) Μείγμα σιδήρου - θείου | (γ) Σιδερένιο καρφί

(β) Θειούχος σίδηρος | (δ) Σκουριασμένο καρφί

Συμπεράσματα

Από τη μελέτη των σχεδίων των μαθητών επιβεβαιώνονται συμπεράσματα και άλλων ερευνών για τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τη δομή της ύλης (Taber 2002) καθώς και για την εξέλιξη των αντιλήψεων αυτών σε σχέση με την ηλικία (Driver 2000). Σύμφωνα με αυτά τα σχέδια, οι μαθητές έχουν την τάση να αποδίδουν ιδιότητες και μορφές του μακρόκοσμου στο μικρόκοσμο. Γενικά, δυσκολεύονται να αντιληφθούν την ασυνέχεια της ύλης και τα σωματιδιακά χαρακτηριστικά της. Η δυσκολία αυτή παραμένει - έστω και μειωμένη - και στη μεγαλύτερη τάξη. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι τα οπτικά ερεθίσματα επηρεάζουν τους μαθητές, με αποτέλεσμα να δυσκολεύονται να εφαρμόσουν την επιστημονική άποψη την οποία διδάσκονται. Ακόμα, όταν στις εικόνες που βλέπουν υπάρχουν υποδείξεις σωματιδίων, οι μαθητές εκφράζουν ευκολότερα την επιστημονική σωματιδιακή αντίληψη, ενώ στην αντίθετη περίπτωση καταφεύγουν σε ερμηνείες με βάση τη συνέχεια της ύλης.

Προτείνεται να ερευνηθούν οι αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τη ΣΣΥ και σε υψηλότερες βαθμίδες της εκπαίδευσης, ώστε να διαπιστωθεί αν οι αντιλήψεις των

μεγαλύτερων σε ηλικία μαθητών πλησιάζουν περισσότερο την επιστημονική άποψη. Επίσης, μια έρευνα που θα περιλαμβάνει και συνεντεύξεις μαθητών κρίνεται ως απαραίτητη για την καλύτερη αξιολόγηση των σχεδίων των μαθητών.

Βιβλιογραφία

Driver R., Squires A., Rushworth P., Wood-Robinson V. (2000). *Οικο-Δομώντας τις Έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Μια παγκόσμια Σύνοψη των Ιδεών των Μαθητών*, Εκδόσεις Τυπωθήτω Γ. Δαρδάνος , Αθήνα.

Καραχάλιου Ι. (2011). *Διερεύνηση των νοητικών μοντέλων των μαθητών για την έννοια «χημική αντίδραση»*. Αδημοσίευτη Μεταπτυχιακή Εργασία, ΠΜΣ ΔιΧηΝΕΤ, ΕΚΠΑ, Αθήνα.

Παπαγεωργίου, Γ. (2009). Προβληματισμοί σχετικά με τη διδακτική προσέγγιση των χημικών αλλαγών. *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών*, Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α. και Ζουπίδης, Α. (επιμέλεια), τόμος 6, 31-36.

Adadan, E., Trundle, K. C. and Irving, K. E. (2010), Exploring Grade 11 students' conceptual pathways of the particulate nature of matter in the context of multirepresentational instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 47: 1004–1035.

Andersson B., (1986). Pupils' Explanations Aspects of Chemical of Some Reactions. *Science Education*, 70(5), 549-563.

Dove, J.E., Everett, L.A., & Preece, P.F.W. (1999). Exploring a hydrologic concept through children's drawings. *International Journal of Science Education*, 21, 485–497.

Eilks, I. (2013). Teacher pathways through the particulate nature of matter in lower secondary school chemistry: Continuous switching between different models or a coherent conceptual structure. In G. Tsaparlis & H. Sevian (Eds.), *Concepts of matter in science education* (pp. 213–230). Dordrecht: Springer.

Grosslight, L., Unger, C., Jay, E., & Smith, C. L. (1991). Understanding models and their use in science: Conceptions of middle and high school students and experts. *Journal of Research in Science Teaching*, 28, 799–822.

Jimenez Gomez, E., Benarroch, A., & Marin, N. (2006). Evaluation of the degree of coherence found in students' conceptions concerning the particulate nature of matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 577–598.

Robson, C. (2007). *Η έρευνα του πραγματικού κόσμου.* Gutenberg, Αθήνα.

Taber K. (2002). *Chemical Misconceptions-Prevention, Diagnosis and Cure, Volume I: Theoretical Background*, Royal Society of Chemistry, London

Van Meter, P., Aleksic, M., Schwartz, A., & Garner, J. (2006). Learner-generated drawing as a strategy for learning from content area text. *Contemporary Educational Psychology*, 31, 142–166.