Νοητικά μοντέλα των μαθητών για τα υλικά και τις χημικές ουσίες

Ιωάννα Καραχάλιου, Κατερίνα Σάλτα, Χρύσα Τζουγκράκη
Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ, ikarachal@sch.gr
Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ, ksalta@chem.uoa.gr
Τμήμα Χημείας ΕΚΠΑ, tzougraki@chem.uoa.gr

Περίληψη
Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να αναδειχθούν τα νοητικά μοντέλα που χρησιμοποιούν οι μαθητές για να αναγνωρίσουν τα υλικά και τις χημικές ουσίες καθώς και η μεταβολή των μοντέλων αυτών με την επίδραση της διδασκαλίας. Για το σκοπό αυτό, 107 μαθητές της Α και 114 μαθητές της Γ τάξης Γυμνασίου απάντησαν σε επτά ερωτήσεις σχετικές με τα κριτήρια που χρησιμοποιούν για την αναγνώριση ορισμένων υλικών/ουσιών. Η ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών ανέδειξε δυο κατηγορίες κριτηρίων, (α) τα χαρακτηριστικά παρατήρησης, και (β) τις μεταβολές ή τις αλληλεπιδράσεις του υλικού/ουσίας με άλλο υλικό/ουσία. Με βάση τη συνέπεια που χρησιμοποιήθηκαν τα χαρακτηριστικά από τους μαθητές εξήχθησαν τρία νοητικά μοντέλα: το αισθητηριακό, το μεικτό, και το μοντέλο επίδρασης. Τέλος, φάνηκε ότι οι μαθητές με την επίδραση της διδασκαλίας αλλάζουν τα αρχικά νοητικά μοντέλα τους για τα υλικά/ουσίες, που είναι αισθητηριακά, σε συνθετικά νοητικά μοντέλα στα οποία οι μεταβολές ή αλληλεπιδράσεις αντικαθιστούν βαθμιαία τα χαρακτηριστικά παρατήρησης.

Abstract
This study aimed to reveal the mental models that students use in order to recognize the materials and the chemical substances, as well as the change of these models during teaching. For this purpose, 107 students of 7th-grade and 114 students of 9th-grade answered seven questions concerning their recognition criteria. The analysis of students' answers reveal two categories of criteria, (a) the characteristics of observation, and (b) the changes of material/substance or their interactions with other material/substance. Three mental models: the sensory model, the model of effect, and the mixed model were inferred based on students' consistency in using the criteria. Moreover, as a consequence of teaching students change their initial mental models of the materials/substances, which are sensory, to synthetic mental models in which the changes or interactions replace step by step the characteristics of observation.

Εισαγωγή

Τα νοητικά μοντέλα είναι δυναμικές και παραγωγικές αναπαραστάσεις, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν νοητικά, ώστε να παρέχουν αιτιώδεις εξηγήσεις για τα φυσικά φαινόμενα και να κάνουν προβλέψεις για την κατάσταση των πραγμάτων στο φυσικό κόσμο (Vosniadou 1994). Πρόκειται για υψηλού επιπέδου νοητικά κατασκευάσματα που έχουν ως σκοπό να αναπαριστούν τη δομή αντικειμένων, πεποιθήσεων ή θεωριών, η οποία δεν έχει γίνει ποτέ ορατή, όπως είναι το νοητικό μοντέλο του ηλιακού συστήματος (Βοσνιάδου 2004). Η θεωρία των νοητικών μοντέλων χρησιμοποιείται προκειμένου να εξηγηθούν διάφορες μορφές συμπεριφοράς σε ασυνήθιστες καταστάσεις επίλυσης προβλήματος (Eysenk & Keane 2005).

Από τη σκοπιά της θεωρίας μάθησης της Βοσνιάδου (Vosniadou 1994), τα νοητικά μοντέλα θεωρούνται ως τα σημεία στα οποία οι καινούργιες πληροφορίες ενσωματώνονται

στο γνωσιακό σύστημα, και ως εκ τούτου ο σχηματισμός τους αντιπροσωπεύει μια μείζονα πηγή γνωσιακής αλλαγής στις υπάρχουσες δομές γνώσεων. Με τη διαδικασία της μάθησης μπορούν να αλλάξουν είτε τα ίδια τα νοητικά μοντέλα είτε οι υποκείμενες δομές οι οποίες τα υποστηρίζουν. Η απόπειρα να ενσωματωθούν οι εισερχόμενες πληροφορίες σε ένα νοητικό μοντέλο που ήδη υπάρχει χωρίς να επέλθει αλλαγή σε αυτό, ή με μια μικρή αλλαγή των υποκείμενων προϋποθέσεων που το περιορίζουν, μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία παρανοήσεων και αντιφάσεων.

Αρχικά νοητικά μοντέλα είναι οι πρώτες αναπαραστάσεις του φυσικού κόσμου που οικοδομούν τα παιδιά πριν να εκτεθούν στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Μια από τις πιο σημαντικές διαπιστώσεις της έρευνας στη Γνωσιακή Ψυχολογία και στη Διδακτική είναι ότι τα παιδιά δεν έρχονται στη διαδικασία μάθησης της επιστήμης ως άγραφη πλάκα (tabula rasa), αλλά έχουν αποκτήσει πλούσια γνώση για το φυσικό κόσμο από την καθημερινή τους εμπειρία (Vosniadou & Ioannides 1998). Οι προσπάθειες από τη μεριά των παιδιών να συνθέσουν την επιστημονική εξήγηση, που τους παρέχεται από το περιβάλλον τους, με απόψεις της αρχικής τους σκέψης, οδηγεί στη δημιουργία **συνθετικών νοητικών μοντέλων**. Τα παιδιά κατασκευάζουν συνθετικά μοντέλα για να συμβιβάσουν την πληροφορία που παίρνουν από τη διδασκαλία ή το πολιτισμικό περιβάλλον, με τις αναμφίβολα σημαντικές προϋποθέσεις και πεποιθήσεις που ήδη έχουν και οι οποίες υποστηρίζονται από την καθημερινή τους εμπειρία (Vosniadou & Ioannides 1998).

Η Βοσνιάδου υποστηρίζει ότι τα νοητικά μοντέλα που τα άτομα παράγουν ή ανακτούν κατά τη διάρκεια της γνωστικής λειτουργίας μπορούν να περιορίσουν την πορεία απόκτησης γνώσης μέσα από διαδικασίες παρεμφερείς με τις πεποιθήσεις και τις προϋποθέσεις. Εκτός από το να δρουν τα ίδια ως περιορισμοί, τα νοητικά μοντέλα μπορούν να παρέχουν σημαντική πληροφορία για τις υποκείμενες γνωστικές δομές (ειδικές θεωρίες και θεωρίες πλαισίου) από τις οποίες παράχθηκαν (Vosniadou 1994). Η κατανόηση δηλαδή των νοητικών μοντέλων που χρησιμοποιούν τα άτομα για να απαντήσουν σε ερωτήσεις ή να λύσουν προβλήματα, μπορεί να παρέχει πληροφορίες για το περιεχόμενο και τη δομή της υποκείμενης γνωσιακής τους βάσης (Βοσνιάδου 2004).

Πολλοί ερευνητές (Valanides, Nicolaidou & Eilks 2003, Tsaparlis 2003) ισχυρίζονται ότι η κατανόηση της έννοιας 'χημική ουσία' είναι προαπαιτούμενη για την κατανόηση βασικών εννοιών της χημείας όπως η 'χημική αντίδραση'. Σύμφωνα με τον Παπαγεωργίου (2009) η πορεία προσέγγισης των χημικών αλλαγών περνάει μέσα από θέματα δομής, αλλαγής κατάστασης και μίξης των ουσιών, άρα προτεραιότητα είναι η κατάκτηση της ίδιας της έννοιας της ουσίας. Οι Krnel, Watson, και Glažar (1998) αναφέρουν αρκετές μελέτες οι οποίες έχουν ερευνήσει τη σχέση μεταξύ των εννοιών «αντικείμενο», «υλικό» και «ουσία». Ο όρος *υλικό* χρησιμοποιείται ως γενικός όρος (δηλ. όλα όσα έχουν βάρος και καταλαμβάνουν χώρο) και ο όρος *ουσία* χρησιμοποιείται όταν αναφέρεται μια συγκεκριμένη χημική ουσία ή ένας τύπος χημικών ουσιών π.χ. ένα άλας, σάκχαρα. Οντολογικά, η έννοια του υλικού είναι πιο κοντά στην έννοια του αντικειμένου. Στο μακροσκοπικό επίπεδο, η σχέση τους παρουσιάζεται προσεγγιστικά στις ακόλουθες διατυπώσεις:

• Όλα τα αντικείμενα αποτελούνται από υλικά/ουσίες
• Οποιοδήποτε υλικό/ουσία δεν χρειάζεται να είναι ένα αντικείμενο.

Μια διάκριση μεταξύ του αντικειμένου και του υλικού μπορεί να γίνει χρησιμοποιώντας τις έννοιες των εκτατικών και εντατικών ιδιοτήτων (Krnel, Watson, & Glažar 1998). Μια εντατική ιδιότητα είναι ανεξάρτητη από το μέγεθος του δείγματος, ενώ μια εκτατική ιδιότητα εξαρτάται από το μέγεθος του δείγματος. Η θερμοκρασία, η πυκνότητα και το χρώμα είναι εντατικές ιδιότητες, ο όγκος, το βάρος, το σχήμα και η θερμότητα είναι εκτατικές. Γενικά, οι εντατικές ιδιότητες αποκαλύπτουν κάποια ουσιαστική ποιότητα μιας ουσίας που ισχύει για οποιοδήποτε μέγεθος δειγμάτων, και για αυτό οι επιστήμονες τις

βρίσκουν ιδιαίτερα χρήσιμες. Συνεπώς, οι χαρακτηριστικές ιδιότητες ενός αντικειμένου είναι εκτατικές, ενώ το υλικό/ουσία καθορίζεται από εντατικές ιδιότητες.

Με σύγκριση των ιδιοτήτων των στερεών, των υγρών και των αερίων μπορούμε να παρατηρήσουμε μια μείωση στον αριθμό εκτατικών ιδιοτήτων: στερεά - αντικείμενα (σταθερό σχήμα, όγκος, βάρος), υγρά (όγκος, βάρος), αέρια (βάρος). Αυτό δείχνει μια πρόοδο από τα αντικείμενα (στερεά) στις ουσίες/υλικά (αέρια). Εντούτοις, η ανάπτυξη της επιστημονικής σκέψης των παιδιών ακολουθεί τη δική της πορεία: μια ουσία καθορίζεται από εκτατικές ιδιότητες και αντικειμενοποιείται. Η ίδια τάση παρατηρείται με την ενέργεια ή με άλλες εντατικές ιδιότητες όπως το χρώμα, το οποίο παίρνοντας ιδιότητες ουσίας/υλικού αποκτά υλική υπόσταση (μια ουσία έχει ήδη μερικές ιδιότητες των αντικειμένων) (Talanquer, 2006). Η ανάπτυξη των εννοιών στους μαθητές μπορεί να εξηγηθεί ως εξής: οι μη υλικές οντότητες αποκτούν υλική υπόσταση, τα αέρια αντιμετωπίζονται παρόμοια με τα υγρά και τα υγρά αντιμετωπίζονται παρόμοια με τα αντικείμενα (στερεά). Συχνά ένα υγρό καθορίζεται μαζί με τον περιέκτη του και οι δύο μαζί αντιπροσωπεύουν ένα αντικείμενο (Krnel, Watson, & Glažar 2005).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αναδείξουμε τα νοητικά μοντέλα που χρησιμοποιούν οι μαθητές για να αναγνωρίσουν τα υλικά και τις χημικές ουσίες καθώς και τη μεταβολή των μοντέλων αυτών με την επίδραση της διδασκαλίας.

Η ταυτότητα της έρευνας

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε μαθητές της Α και Γ τάξης Γυμνασίου. Η Α τάξη επελέγη προκειμένου να διερευνηθούν τα πιθανά αρχικά νοητικά μοντέλα των μαθητών μια και στην Α τάξη οι μαθητές δεν διδάσκονται ακόμη συστηματικά Χημεία. Η Γ τάξη γιατί σ΄ αυτήν ολοκληρώνεται πλέον η διδασκαλία της Χημείας στην υποχρεωτική εκπαίδευση, και θα μπορούσε να διαπιστωθεί η πιθανή δημιουργία συνθετικών νοητικών μοντέλων. Για τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών για τα υλικά χρησιμοποιήθηκαν 7 ερωτήσεις. Το ερωτηματολόγιο συμπληρώθηκε από 107 μαθητές της Α τάξης Γυμνασίου και από 114 μαθητές της Γ τάξης Γυμνασίου. Η μέθοδος δειγματοληψίας είναι η «κατά συστάδες» δειγματοληψία η οποία δεν φτάνει στο επίπεδο της ατομικής περίπτωσης, αλλά μόνο σε μια «συστάδα», δηλαδή σε ολόκληρη ομάδα ατομικών περιπτώσεων η οποία υπάρχει φυσικά στην πράξη. Μια τέτοια συστάδα για την περίπτωση της παρούσας έρευνας είναι μια σχολική τάξη. Οι τάξεις στις οποίες μοιράστηκαν ερωτηματολόγια ήταν η Α και η Γ τάξη τριών Γυμνασίων από διάφορες περιοχές της Αττικής και από ένα Γυμνάσιο της Βοιωτίας. Στα σχολεία της Αττικής περιλαμβάνονται 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. Οι οικογένειες των μαθητών στα σχολεία αυτά καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα αστικού /αγροτικού πληθυσμού και κοινωνικό-οικονομικού επιπέδου, προκειμένου να ενισχυθεί η αντιπροσωπευτικότητα του δείγματος.

Οι ερωτήσεις για τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν στην έρευνα και με τη σειρά που παρουσιάστηκαν στους μαθητές είναι:

1. Από τι αναγνωρίζεις το σίδηρο;
2. Από τι αναγνωρίζεις το θείο;
3. Από τι αναγνωρίζεις ένα σιδερένιο καρφί;
4. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά της σκουριάς;
5. Από τι αναγνωρίζεις ότι οι συνδετήρες είναι μεταλλικοί;
6. Από τι αναγνωρίζεις ένα οξύ;
7. Από τι αναγνωρίζεις ότι ένα σώμα είναι χάρτινο;

Οι δύο πρώτες ερωτήσεις αποτελούν τμήμα μιας ομάδας ερωτήσεων οι οποίες αναφέρονται σε ένα πείραμα σχηματισμού του θειούχου σιδήρου. Οι επόμενες δύο ερωτήσεις είναι από άλλη ομάδα ερωτήσεων η οποία αναφέρεται στο σκούριασμα ενός σιδερένιου καρφιού. Οι ερωτήσεις 5 και 6 περιλαμβάνονται σε ομάδα ερωτήσεων που αναφέρονται σε ένα πείραμα στο οποίο μεταλλικοί συνδετήρες εισάγονται σε υδατικό διάλυμα υδροχλωρικού οξέος. Η τελευταία ερώτηση περιλαμβάνεται στην ομάδα ερωτήσεων η οποία αναφέρεται σε πείραμα καύσης ενός κομματιού χαρτιού. Όλα τα πειράματα παρουσιάστηκαν στους μαθητές μέσα από φωτογραφίες καθώς η χρήση πραγματικών υλικών, ουσιών και πειραμάτων ήταν αδύνατη λόγω του περιορισμένου διαθέσιμου από τα σχολεία χρόνου για την έρευνά μας.

Για την ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών χρησιμοποιήσαμε την ανάλυση περιεχομένου, με τη διεξαγωγή ανοικτής και κατόπιν αξονικής κωδικοποίησης των δεδομένων μας. Κατά την ανοικτή κωδικοποίηση δώσαμε σε τμήματα των απαντήσεων των μαθητών ένα κωδικό και κατά την αξονική κωδικοποίηση αναδείχτηκαν οι σχέσεις μεταξύ αυτών των κωδικών και προέκυψαν οι τελικές κατηγορίες (Robson 2007).

Αποτελέσματα

Η ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών έδειξε ότι οι μαθητές χρησιμοποιούν μια σειρά από χαρακτηριστικά αντιληπτά με τις αισθήσεις, όπως χρώμα, οσμή, σκληρότητα, φυσική κατάσταση, βάρος, εμφάνιση, ενέργειες κ.λ.π. Τα χαρακτηριστικά αυτά μπορούν να ταξινομηθούν σε δυο μεγάλες κατηγορίες με κριτήριο το αν το υλικό/ουσία εμφανίζει αυτά τα χαρακτηριστικά **χωρίς** αλληλεπίδραση με άλλο υλικό, ή αν τα χαρακτηριστικά αυτά αποτελούν μια **μεταβολή του υλικού/ουσίας ή είναι αποτέλεσμα της** αλληλεπίδρασης του με άλλο υλικό (Πίνακες 2 και 3). Αρκετοί μαθητές χρησιμοποίησαν περισσότερα από ένα χαρακτηριστικά για να αναγνωρίσουν ένα υλικό.

Πίνακας 2. Απαντήσεις των μαθητών με βάση την πρώτη κατηγορία χαρακτηριστικών

Τάξη	Υλικό	Χαρακτηριστικά των υλικών **χωρίς** αλληλεπίδραση με άλλο υλικό							
		Εμφάνιση	Βάρος	Σκληρότητα	Φυσ.Κατ.	Χρώμα	Οσμή	Γεύση	Υλικό
Α	Καρφί	42,1%	16,8%	9,3%	4,7%	45,8%	2,8%	-	7,5%
Γ		42,1%	14,9%	12,3%	-	46,5%	-	-	16,7%
Α	Συνδετήρες	24,3%	7,4%	3,7%	-	52,3%	-	-	7,5%
Γ		21,9%	4,4%	4,4%	-	33,3%	-	-	3,5%
Α	Χαρτί	51,4%	7,5%	1,9%	-	15,9%	-	-	8,4%
Γ		60,5%	2,6%	3,5%	-	10,5%	-	-	11,4%
Α	Σκουριά	31,8%	2,8%	1,9%	-	83,2%	2,8%	-	-
Γ		29,8%	-	-	-	84,2%	2,6%	-	-
Α	Ρινίσματα σιδήρου	6,5%	7,5%	6,5%	-	70,1%	-	-	7,5%
Γ		21,9%	1,8%	5,3%	4,4%	68,4%	-	-	10,5%
Α	Σκόνη θείου	8,4%	2,8%	-	1,9%	68,2%	13,1%	-	1,9%
Γ		16,7%	-	3,5%	11,4%	71,1%	6,1%	-	1,8%
Α	Οξύ	3,7%	-	-	8,4%	17,8%	9,3%	4,7%	3,7%
Γ		5,3%	-	-	-	7,9%	5,3%	18,4%	1,8%

Στην πρώτη κατηγορία χαρακτηριστικών, το κυρίαρχο κριτήριο που χρησιμοποιούν οι μαθητές για την αναγνώριση των υλικών είναι το χρώμα, εκτός των περιπτώσεων των υλικών που δεν έχουν ένα χαρακτηριστικό χρώμα, όπως είναι το χαρτί και το οξύ. Επίσης, πολλοί είναι οι μαθητές που χρησιμοποιούν ως κριτήριο την εμφάνιση (σχήμα, μορφή, υφή) για να αναγνωρίσουν πότε ένα σώμα είναι χάρτινο ή σιδερένιο.

Από τη δεύτερη κατηγορία οι μαθητές εστιάζουν την προσοχή τους στις μεταβολές, ή τις αλληλεπιδράσεις των υλικών που έχουν άμεση σχέση με το πείραμα στο οποίο εμπλέκονται τα υλικά, π.χ. στο πείραμα για το σχηματισμό του θειούχου σιδήρου, πολλοί

μαθητές (48,6% της Α και 44,7% της Γ τάξης) χρησιμοποίησαν την έλξη του μαγνήτη (φυσική μεταβολή) για να αναγνωρίσουν το σίδηρο. Το ποσοστό των μαθητών που χρησιμοποιεί αυτή τη μεταβολή μικραίνει όταν τους παρουσιάζεται το πείραμα με το καρφί που σκουριάζει (11,2% και 13,2% της Α και Γ τάξης αντίστοιχα) στο οποίο δεν βλέπουν τη μαγνήτιση. Επίσης, για την αναγνώριση ενός σώματος ως χάρτινου το ίδιο ποσοστό μαθητών (περίπου 21%) και των δύο τάξεων χρησιμοποιεί ως κριτήριο μια χημική μεταβολή (καύση) αφού στην αντίστοιχη ομάδα ερωτήσεων παρουσιάζεται πείραμα καύσης χαρτιού. Οι μαθητές της Α και Γ τάξης αναγνωρίζουν την σκουριά σε ποσοστό 15,9% και 11,4% αντίστοιχα από τα αποτελέσματα της δράσης της στο σίδηρο: «η σκουριά τρώει το σίδηρο» (ενέργειες).

Η επίδραση της διδασκαλίας των οξέων και των ιδιοτήτων τους, τα οποία διδάσκονται στη Γ τάξη, φαίνεται από το γεγονός ότι οι μαθητές της τάξης αυτής σε ποσοστό 9,6% αναγνωρίζουν τους συνδετήρες ως μεταλλικά σώματα με κριτήριο τις χημικές τους μεταβολές. Το κριτήριο αυτό δεν χρησιμοποιείται από τους μαθητές της Α τάξης. Ακόμα το ποσοστό των μαθητών που χρησιμοποιούν ως κριτήριο την αντίδραση με το οξύ αυξάνει από 2,8% στην Α τάξη σε 9,6% στη Γ τάξη. Όσον αφορά στην αναγνώριση του οξέος το ποσοστό των μαθητών της Γ τάξης που χρησιμοποιεί τις χημικές μεταβολές (36,8%) είναι πολύ υψηλότερο από αυτό που χρησιμοποιεί το ίδιο κριτήριο για την αναγνώριση των μεταλλικών συνδετήρων (9,6%). Πιθανότατα αυτό να συμβαίνει γιατί οι μαθητές θεωρούν ότι μόνο το ένα σώμα αντιδρά (το οξύ αντιδρά με τους συνδετήρες) και δεν αναγνωρίζουν τη μεταβολή ως αλληλεπίδραση δύο σωμάτων.

Πίνακας 3. Απαντήσεις των μαθητών με βάση τη δεύτερη κατηγορία χαρακτηριστικών

Τάξη	Υλικό	Μεταβολές των υλικών ή αποτέλεσμα αλληλεπίδρασης με άλλο υλικό					
		Φυσ. μεταβολές	Χημικές μεταβολές	Ενέργειες	Διάλυση	Φυσαλίδες	Αντίδραση με οξύ
Α	Καρφί	11,2%	12,1%	3,7%	-	-	-
Γ		13,2%	11,4%	6,1%	-	-	-
Α	Συνδετήρες	17,8%	-	8,4%	4,7%	10,3%	2,8%
Γ		7,9%	9,6%	4,4%	13,2%	19,3%	9,6%
Α	Χαρτί	-	21,5%	16,8%	-	-	-
Γ		3,5%	21,1%	13,2%	-	-	-
Α	Σκουριά	-	1,9%	15,9%	-	-	-
Γ		-	2,6%	11,4%	-	-	-
Α	Ρινίσματα σιδήρου	48,6%	2,8%	-	-	-	-
Γ		44,7%	2,6%	-	-	-	-
Α	Σκόνη θείου	37,4%	-	-	-	-	-
Γ		26,3%	2,6%	-	-	-	-
Α	Οξύ	-	4,7%	34,6%	-	16,8%	-
Γ		-	36,8%	37,7%	-	12,3%	-

Από το test εσωτερικής συνοχής το οποίο εξετάζει αν το κάθε παιδί χρησιμοποιεί το ίδιο σχέδιο απαντήσεων για όλες αυτές τις ερωτήσεις, δηλαδή αν χρησιμοποιεί με συνέπεια ένα νοητικό μοντέλο, προέκυψαν τα τρία νοητικά μοντέλα με τις διαβαθμίσεις τους, τα οποία εμφανίζονται στον Πίνακα 4. Για τα μοντέλα αυτά οι συγγραφείς προτείνουν την παρακάτω ορολογία: *αισθητηριακό* μοντέλο, μοντέλο *επίδρασης* και *μεικτό* μοντέλο. Δεν κατέστη δυνατό να ενταχθούν όλοι οι μαθητές σε κάποιο μοντέλο κι αυτό διότι α) ορισμένοι μαθητές δεν απήντησαν σε όλες τις ερωτήσεις και β) υπήρξαν μαθητές οι οποίοι χρησιμοποίησαν εκφράσεις που χρειάζονται διευκρίνηση. Ένας περιορισμός του γραπτού ερωτηματολόγιου ως μέσο έρευνας είναι και το γεγονός ότι δεν υπάρχει δυνατότητα να ζητηθούν επεξηγήσεις όπως σε μια συνέντευξη.

Πίνακας 4. Νοητικά Μοντέλα των μαθητών για τα υλικά και τις χημικές ουσίες

Νοητικά Μοντέλα		**Τάξη Α**	**Τάξη Γ**
Αισθητηριακό μοντέλο:	σύνολο	65	61
	αμιγές	12	5
	βασικά	9	19
	ασθενές	21	18
	μετατοπισμένο	23	19
Μοντέλο επίδρασης:	σύνολο	9	16
	βασικά	1	2
	ασθενές	1	6
	μετατοπισμένο	7	8
Μεικτό μοντέλο:	σύνολο	13	9

Οι μαθητές που υιοθέτησαν το **αμιγές αισθητηριακό μοντέλο** χρησιμοποίησαν χαρακτηριστικά του κάθε υλικού, τα οποία εμφανίζονται χωρίς αλληλεπίδραση με άλλο υλικό, για να απαντήσουν και στις 7 ερωτήσεις. Τα χαρακτηριστικά αυτά καθώς είναι αντιληπτά με τις αισθήσεις και θα τα αποκαλούμε στο εξής χαρακτηριστικά παρατήρησης. Στο **βασικά αισθητηριακό μοντέλο** περιλαμβάνονται εκείνοι οι μαθητές οι οποίοι χρησιμοποίησαν τα χαρακτηριστικά παρατήρησης, σε 6 από τις 7 ερωτήσεις. Για μία από αυτές τις ερωτήσεις χρησιμοποίησαν κάποια μεταβολή του υλικού είτε το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασής του με άλλο υλικό. Το **ασθενές αισθητηριακό μοντέλο** είναι αυτό στο οποίο οι μαθητές χρησιμοποίησαν χαρακτηριστικά παρατήρησης για να απαντήσουν σε 5 ερωτήσεις και μεταβολές των υλικών σε 2 ερωτήσεις. Στο **μετατοπισμένο αισθητηριακό μοντέλο** περιλαμβάνονται οι μαθητές οι οποίοι απήντησαν σε 4 ερωτήσεις χρησιμοποιώντας χαρακτηριστικά παρατήρησης και σε 3 ερωτήσεις χρησιμοποιώντας μεταβολές των υλικών.

Και τα τέσσερα προηγούμενα μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν από μαθητές και της Α και της Γ τάξης. Χαρακτηριστική είναι η μείωση του αριθμού των μαθητών της Γ τάξης οι οποίοι χρησιμοποίησαν το αμιγώς αισθητηριακό μοντέλο σε σχέση με τους μαθητές οι οποίοι το χρησιμοποίησαν στην Α τάξη. Το βασικά αισθητηριακό μοντέλο χρησιμοποιήθηκε από περισσότερους μαθητές της Γ τάξης σε σχέση πάντα με τους μαθητές της Α τάξης. Τα άλλα δύο μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν από περίπου ίσο αριθμό μαθητών και των δύο τάξεων.

Το **μεικτό μοντέλο** χρησιμοποιήθηκε από μαθητές οι οποίοι απήντησαν στις 4 ή 5 από τις 7 ερωτήσεις χρησιμοποιώντας και χαρακτηριστικά παρατήρησης και μεταβολές υλικών. Οι μαθητές που χρησιμοποίησαν το **μετατοπισμένο μοντέλο επίδρασης** είναι αυτοί που χρησιμοποίησαν μόνο μεταβολές υλικών για να απαντήσουν στις 4 από τις 7 ερωτήσεις, ενώ για τις άλλες 3 χρησιμοποίησαν χαρακτηριστικά παρατήρησης. Όσοι μαθητές χρησιμοποίησαν μεταβολές υλικών για να απαντήσουν στις 5 από τις 7 ερωτήσεις, και χαρακτηριστικά παρατήρησης για τις 2 από τις 7 ερωτήσεις, περιλαμβάνονται στο **ασθενές μοντέλο επίδρασης**. Το τελευταίο από τα μοντέλα που εμφανίστηκαν στην έρευνα είναι το **βασικά μοντέλο επίδρασης**. Οι μαθητές που ανήκουν σε αυτό, απήντησαν στις 6 από τις 7 ερωτήσεις με τη χρήση μεταβολών υλικού, ενώ μία ερώτηση απαντήθηκε με χαρακτηριστικά παρατήρησης.

Πρέπει να σημειωθεί ότι κανένας από τους μαθητές και των δύο τάξεων δεν έκανε χρήση κάποιου μοντέλου με το οποίο και οι 7 ερωτήσεις να απαντηθούν χρησιμοποιώντας μεταβολές υλικών. Το μετατοπισμένο μοντέλο επίδρασης χρησιμοποιήθηκε από τον ίδιο περίπου αριθμό μαθητών και στις δύο τάξεις, ενώ το ασθενές και το βασικά μοντέλο επίδρασης χρησιμοποιήθηκαν κυρίως από μαθητές της Γ τάξης.

Συμπεράσματα

Τα αποτελέσματα της έρευνας ανάδειξαν τα αντιληπτά με τις αισθήσεις χαρακτηριστικά (παρατήρησης) και τις μεταβολές ή τις αλληλεπιδράσεις των υλικών που χρησιμοποιούν οι μαθητές προκειμένου να αναγνωρίσουν ένα υλικό. Από τα χαρακτηριστικά παρατήρησης το χρώμα κυριαρχεί ως κριτήριο αναγνώρισης των υλικών κυρίως στις περιπτώσεις που τα υλικά/ουσίες είναι στερεά και δεν έχουν συγκεκριμένο σχήμα (σκουριά, ρινίσματα σιδήρου, σκόνη θείου). Όταν το υλικό παρουσιάζεται ως αντικείμενο (καρφί, συνδετήρες, χαρτί) τότε η εμφάνιση (σχήμα, μορφή, υφή) κυριαρχεί ως κριτήριο αναγνώρισης. Για να αναγνωρισθεί το υγρό υλικό (διάλυμα οξέος) από λίγους μαθητές χρησιμοποιήθηκαν χαρακτηριστικά παρατήρησης όπως το χρώμα, η οσμή και η εμφάνιση. Αποτέλεσμα της διδασκαλίας είναι η αύξηση του ποσοστού των μαθητών που χρησιμοποίησαν τη γεύση ως κριτήριο αναγνώρισης του οξέος. Ένας από τους περιορισμούς της έρευνας με γραπτό ερωτηματολόγιο είναι η μη δυνατότητα διευκρίνησης από τους μαθητές της σημασίας του όρου «από το υλικό» που χρησιμοποιούν ως κριτήριο αναγνώρισης ενός υλικού/ουσίας.

Όσον αφορά στις μεταβολές των υλικών ή τις αλληλεπιδράσεις τους με άλλα υλικά, οι μαθητές τις χρησιμοποίησαν ως κριτήρια αναγνώρισης των ουσιών βασιζόμενοι κυρίως στο πλαίσιο της ερώτησης. Χρησιμοποιήθηκαν, δηλαδή, από μεγάλο ποσοστό μαθητών οι μεταβολές εκείνες των υλικών που τους παρουσίαζε η ερώτηση, ενώ οι ίδιες μεταβολές χρησιμοποιήθηκαν σε πολύ μικρότερο ως κριτήριο αναγνώρισης για το ίδιο υλικό όταν απουσίαζε από το πλαίσιο της ερώτησης (η έλξη του σιδήρου από το μαγνήτη). Υψηλό ποσοστό μαθητών χρησιμοποίησε ως κριτήριο τις ενέργειες/δράσεις που μπορεί να γίνουν στο υλικό (το χαρτί σκίζεται, τσαλακώνει) ή από το υλικό σε άλλα σώματα (η σκουριά φθείρει το σίδηρο, το οξύ καίει/διαλύει τα σώματα). Οι χημικές μεταβολές των οξέων (αντίδραση με μέταλλα, αντίδραση με βάσεις) χρησιμοποιήθηκαν σε μεγάλο βαθμό από μαθητές της Γ τάξης ως κριτήρια αναγνώρισης των οξέων, γεγονός που μπορεί να αποδοθεί στην επίδραση της διδασκαλίας της Χημείας.

Από τα αποτελέσματα της έρευνας εξήχθησαν τρία νοητικά μοντέλα που χρησιμοποιούν οι μαθητές προκειμένου να αναγνωρίσουν τα υλικά/ουσίες. Τα μοντέλα αυτά είναι: α) το αισθητηριακό β) το μεικτό και γ) το μοντέλο επίδρασης. Το αισθητηριακό εμφανίζεται με τέσσερις διαφορετικές διαβαθμίσεις με κριτήριο το βαθμό συνέπειας με τον οποίο οι μαθητές χρησιμοποιούν χαρακτηριστικά παρατήρησης. Το μοντέλο επίδρασης εμφανίζει μόνο τρεις διαβαθμίσεις καθώς κανένας μαθητής δεν χρησιμοποιεί και στις 7 περιπτώσεις χαρακτηρισμού υλικών ως κριτήρια τις μεταβολές υλικών ή αλληλεπιδράσεις. Το αισθητηριακό με τις διαβαθμίσεις του εμφανίζεται να το χρησιμοποιούν ένα ποσοστό 61% περίπου των μαθητών της Α τάξης, ενώ το ποσοστό της Γ τάξης μειώνεται σε 53,5%. Αντίθετα, το ποσοστό των μαθητών που χρησιμοποιεί το μοντέλο επίδρασης αυξάνει από την Α τάξη (8%) στη Γ τάξη (14%). Επίσης, μείωση παρατηρείται και στο ποσοστό των μαθητών που χρησιμοποιούν το μεικτό μοντέλο από την Α (12,2%) στη Γ τάξη (7,9%). Τα πιο πάνω αποτελέσματα μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι οι μαθητές με την επίδραση της διδασκαλίας αρχίζουν να αλλάζουν τα αρχικά νοητικά μοντέλα τους για τα υλικά/ουσίες, που βασίζονται κυρίως σε αντιληπτά με τις αισθήσεις χαρακτηριστικά (παρατήρησης), σε συνθετικά νοητικά μοντέλα στα οποία οι μεταβολές ή αλληλεπιδράσεις αντικαθιστούν σιγά-σιγά τα χαρακτηριστικά παρατήρησης.

Βιβλιογραφία

Βοσνιάδου, Σ. (2004). *Γνωσιακή Ψυχολογία: Ψυχολογικές Μελέτες και Δοκίμια*, Gutenberg, 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.

Eysenk, M.W., Keane, M.T. (2005) Cognitive Psychology. 4th ed., Taylor and Francis Group, Hove and New York.

Krnel, D., Watson, R., & Glažar, S. A. (1998). Survey of research related to the development of the concept of 'matter'. International Journal of Science Education, 20, 257-289.

Krnel, D., Watson, R., & Glažar, S. A. (2005). The development of the concept of ‘matter’: a cross-age study of how children describe materials, International Journal of Science Education, 27, (3), 367-383.

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

Talanquer, V. (2006). Commonsense chemistry: A model for understanding students’ alternative conception. Journal of Chemical Education, 83, 811-816.

Tsaparlis, G. (2003). Chemical phenomena versus chemical reactions: Do students make the connection? Chemistry Education: Research and Practice, 4, 31-43.

Valanides, N., Nicolaidou, A., & Eilks, I. (2003). Twelfth grade students' understanding of oxidation and combustion: using action research to improve teachers' practical knowledge and teaching practice. Research in Science & Technological Education, 21, 159 - 175

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modelling the process of conceptual change. Learning and Instruction, 4, 45-69.

Vosniadou, S. & Ioannides, C. (1998). From conceptual development to science education: A psychological point of view. International Journal of Science Education, 20(10), 1213–1230.