

Νοητικά μοντέλα των μαθητών Γυμνασίου και Λυκείου για την έννοια «χημική αντίδραση»

Σάλτα Κ., Τζουγκράκη Χ.

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Χημείας
ksalta@chem.uoa.gr, tzougraki@chem.uoa.gr

Στην παρούσα εργασία περιγράφεται η ανάλυση των αντιλήψεων των μαθητών για τη χημική αντίδραση με βάση το θεωρητικό πλαίσιο της Βοσνιάδου για τα νοητικά μοντέλα. Οι αντιλήψεις των μαθητών διαπιστώθηκαν από έρευνα σχετική με τις γνώσεις και τις γνωστικές δεξιότητες που αποκτούν οι μαθητές από το μάθημα της Χημείας. Το δείγμα της έρευνας αποτέλεσαν 499 μαθητές Γ' τάξης Γυμνασίου και 624 μαθητές Β' τάξης Λυκείου σχολείων των νομών Αττικής, Βοιωτίας, Ηρακλείου Κρήτης και Θεσσαλονίκης. Τα σημαντικότερα αποτελέσματα της ανάλυσης αυτής είναι ότι από τις αντιλήψεις των μαθητών για τη χημική αντίδραση, εκτός από το επιστημονικό μοντέλο της χημικής αλληλεπίδρασης, εξάγονται τέσσερα ακόμα νοητικά μοντέλα: (α) μετακίνηση μιας ουσίας, (β) αλλαγή μορφής, (γ) ανάμειξη ουσιών, και (δ) μετατροπή μιας ουσίας. Τα μοντέλα αυτά περιορίζονται από τις οντολογικές προϋποθέσεις των μαθητών πως οι ουσίες είναι σώματα σταθερά που δεν αλλάζουν, και πως η ταυτότητα ενός σώματος καθορίζεται από ένα σύνολο παρατηρήσιμων ιδιοτήτων.

Εισαγωγή

Οι λανθασμένες αντιλήψεις των μαθητών για τις επιστημονικές έννοιες ονομάζονται παρανοήσεις και έχουν συγκεντρώσει το ενδιαφέρον των ερευνητών γιατί φαίνεται να εμποδίζουν τη μάθηση. Οι περισσότερες έρευνες καταγράφουν απλώς τις παρανοήσεις μαθητών διαφόρων ηλικιών χωρίς να γίνεται διερεύνηση των κοινών υποθέσεων ή τρόπων συλλογισμού που ίσως καθοδηγούν τη σκέψη των μαθητών για τα χημικά φαινόμενα. Υπάρχουν, όμως, και κάποιες έρευνες που προσπάθησαν να διερευνήσουν την ύπαρξη ενός κοινού «επεξηγηματικού πλαισίου» πίσω από τις παρανοήσεις των μαθητών. Η πρώτη προσπάθεια ήταν αυτή του Andersson (1986), ο οποίος πρότεινε ένα σύστημα ταξινόμησης με το οποίο προσπάθησε να κατανοήσει τις ιδέες των μαθητών για τις φυσικές και χημικές μεταβολές. Το σχήμα του περιλαμβάνει πέντε κατηγορίες: (α) είναι έτσι ακριβώς, (β) μετατόπιση (γ) τροποποίηση, (δ) μετάλλαξη, και (ε) χημική αλληλεπίδραση. Μελέτες που ακολούθησαν έχουν ερμηνεύσει τις κατηγορίες του Andersson ως μια «ιεραρχία αυξανόμενης γνωστικής απαίτησης» (Krnell, Watson, & Glazar, 1998), δηλαδή, καθώς μαθαίνουν οι μαθητές αλλάζουν οι αντιλήψεις τους μέχρι να κατακτήσουν την έννοια της χημικής αλληλεπίδρασης.

Μια άλλη προσπάθεια για να διερευνηθεί η ύπαρξη κοινού επεξηγηματικού πλαισίου των καταγεγραμμένων στη βιβλιογραφία παρανοήσεων των μαθητών στη Χημεία έγινε πρόσφατα από τον Talanquer (2006). Από την εργασία αυτή φαίνεται ότι πολλές από τις παρανοήσεις των μαθητών στη Χημεία προκύπτουν από την αυθόρμητη εφαρμογή πέντε βασικών υποθέσεων για τα χαρακτηριστικά των σωμάτων στο φυσικό κόσμο. Οι υποθέσεις αυτές είναι:

1. Συνέχεια: τα σωματίδια της ύλης έχουν τις ίδιες ιδιότητες με το μακροσκοπικό αντικείμενο.
2. Υλική υπόσταση: οι αφηρημένες έννοιες, οι διαδικασίες και οι αλληλεπιδράσεις θεωρούνται ως υλικές ουσίες ή ως ιδιότητες μιας υλικής ουσίας.



3. Έμφυτη ιδιότητα: τα αντικείμενα και τα υλικά έχουν μια ελλοχεύουσα ιδιότητα ή μια έμφυτη ουσία (ιδιότητα) που καθορίζει την ταυτότητα αυτών των αντικειμένων και υλικών.
4. Μηχανική αιτιότητα: η αλλαγή σε ένα σύστημα προκαλείται πάντα από έναν εξωτερικό παράγοντα.
5. Τελεολογία: οι καταστάσεις ή οι διαδικασίες, για τις οποίες δεν μπορεί να προσδιοριστεί ένας σαφής αιτιώδης παράγοντας, συμβαίνουν για να ικανοποιήσουν κάποιο σκοπό ή ανάγκη.

Σύμφωνα με τον Talanquer (2006), πολλές από τις παρανοήσεις των μαθητών στη Χημεία φαίνεται να προκύπτουν από το συνδυασμό των προαναφερθεισών υποθέσεων, και τη χρήση της γρήγορης και οικονομικής ευρετικής μεθόδου (heuristics) προκειμένου να βρεθούν και να επιλεγούν οι κατάλληλες πληροφορίες ώστε να ληφθούν γρήγορα αποφάσεις και συμπεράσματα.

Οι δύο αυτές σημαντικές προσπάθειες για τη διερεύνηση ενός επεξηγηματικού πλαισίου των παρανοήσεων των μαθητών στη Χημεία δεν βασίζονται σε ένα σαφές θεωρητικό πλαίσιο. Ένα τέτοιο πλαίσιο έχει προκύψει από έρευνες της Γνωσιακής Επιστήμης, έχει υποστηριχθεί από τη Βοσνιάδου (Vosniadou 1994) και αφορά στα νοητικά μοντέλα και τη διαδικασία της εννοιολογικής αλλαγής.

Νοητικά μοντέλα

Σύμφωνα με τη Βοσνιάδου, ένα βασικό συστατικό του γνωστικού συστήματος του ανθρώπου είναι η ικανότητα του να διαμορφώνει νοητικά μοντέλα. Η έρευνα γύρω από τη γνωστική ανάπτυξη έχει επιβεβαιώσει ότι η διαδικασία απόκτησης γνώσης αρχίζει από τη γέννηση και ότι τα νήπια προχωρούν ραγδαία προς την οικοδόμηση μιας θεμελιώδους κατανόησης του φυσικού κόσμου (Carey & Spelke 1996). Πολλοί αναπτυξιακοί ψυχολόγοι πιστεύουν ότι τα παιδιά οργανώνουν τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών σε αφελείς (απλοϊκές) θεωρίες ή θεωρίες του κοινού νου. Ο όρος «θεωρία» χρησιμοποιείται για ένα συνεκτικό σύνολο γνώσεων που είναι ικανό να παράσχει αιτιώδεις εξηγήσεις. Οι αφελείς θεωρίες των παιδιών θεωρούνται διαφορετικές από τις επιστημονικές θεωρίες διότι δεν περιλαμβάνουν χαρακτηριστικά των τελευταίων, όπως η συστηματικότητα, η αφαιρετικότητα κ.α. Επιπλέον, φαίνεται ότι τα παιδιά δεν έχουν μεταγνωστική επίγνωση των θεωριών τους, δηλαδή δεν κάνουν σαφή διάκριση μεταξύ θεωρίας και ενδείξεων και δεν κατανοούν ότι οι θεωρίες τους πρέπει να υποβάλλονται σε έλεγχο (Carey & Smith 1993).

Η Βοσνιάδου (Vosniadou 1994) κάνει διάκριση ανάμεσα σε γενικές *θεωρίες πλαισίου* και σε *ειδικές θεωρίες*. Στην περιοχή των Φυσικών Επιστημών, μια γενική θεωρία πλαισίου θα περιελάμβανε τις βασικές οντολογικές και επιστημολογικές προϋποθέσεις/ πεποιθήσεις που ορίζουν έννοιες του φυσικού κόσμου. Οι ειδικές θεωρίες εμπεριέχονται στις γενικές θεωρίες πλαισίου και περιορίζονται από αυτές. Τα παιδιά οικοδομούν τις ειδικές θεωρίες τους βάσει των παρατηρήσεων τους και των πολιτισμικών πληροφοριών που λαμβάνουν στην καθημερινή τους ζωή κάτω από τους περιορισμούς της γενικής θεωρίας για το φυσικό κόσμο.

Τα νοητικά μοντέλα είναι αναλογικές αναπαραστάσεις που διατηρούν τη δομή αυτού που αναπαριστούν. Τα περισσότερα νοητικά μοντέλα οικοδομούνται για να αντιμετωπιστούν οι απαιτήσεις συγκεκριμένων καταστάσεων, αν και είναι δυνατόν μερικά νοητικά μοντέλα να έχουν αποθηκευτεί στη μακρόχρονη μνήμη. Όταν οικοδομείται ένα νοητικό μοντέλο, αυτό σχεδιάζεται ώστε να είναι όσο το δυνατόν πιο χρήσιμο για την κατάσταση στην οποία εμπλέκεται (επίλυση προβλήματος, απάντηση ερωτήματος). Επειδή τα νοητικά μοντέλα περιορίζονται από τις γενικές και ειδικές θεωρίες στις οποίες εμπεριέχονται, μπορεί να είναι σημαντικές πηγές πληροφοριών για αυτές (Vosniadou, 1994).

Όσον αφορά στα νοητικά μοντέλα των μαθητών για τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών γίνεται διάκριση μεταξύ των αρχικών ερμηνευτικών πλαισίων των μαθητών που δημιουργούνται πριν τη συστηματική διδασκαλία (*διαισθητικά μοντέλα*) και των παρανοήσεων που είναι αποτέλεσμα της διδασκαλίας. Η Βοσνιάδου (Vosniadou 1994) ισχυρίζεται ότι οι περισσότερες από τις παρανοήσεις μπορούν να χαρακτηριστούν ως *συνθετικά μοντέλα*, δηλαδή προσπάθειες των μαθητών να ενσωματώσουν τη νέα πληροφορία στα αρχικά ερμηνευτικά πλαίσια.

Λαμβάνοντας υπόψη όσα εκτέθηκαν παραπάνω, η παρούσα εργασία έχει ως βάση την υπόθεση ότι υπάρχει ένα κοινό επεξηγηματικό πλαίσιο των παρανοήσεων των μαθητών στη Χημεία που, σύμφωνα με το παραπάνω θεωρητικό πλαίσιο, περιλαμβάνει βασικές οντολογικές και επιστημολογικές πεποιθήσεις και που μπορεί να περιγραφεί μέσα από τη διερεύνηση των νοητικών μοντέλων των μαθητών.

Με βάση αυτήν την υπόθεση, τέθηκαν οι ακόλουθες ερευνητικές ερωτήσεις:

- Ποια είναι τα νοητικά μοντέλα που έχουν οι μαθητές Γυμνασίου και Λυκείου για την έννοια της χημικής αντίδρασης;
- Ποιες κοινές προϋποθέσεις/ πεποιθήσεις σχετικές με τη συμπεριφορά του φυσικού κόσμου κρύβονται πίσω από τα νοητικά μοντέλα των μαθητών;

Η πρόθεση ήταν να αναπτυχθεί ένα χρήσιμο πλαίσιο που θα μπορούσαν να χρησιμοποιούν οι ερευνητές και οι εκπαιδευτικοί για να προβλέψουν και να κατανοήσουν καλύτερα πολλές από τις ιδέες των μαθητών, και να εφαρμόζουν διδακτικές στρατηγικές που προωθούν τη μάθηση και την κατανόηση.

Η ταυτότητα της έρευνας

Το δείγμα

Στην έρευνα έλαβαν μέρος 499 μαθητές ηλικίας 14-15 ετών της Γ΄ τάξης του Γυμνασίου και 624 μαθητές ηλικίας 16-17 ετών της Β΄ τάξης του Λυκείου από σχολεία των νομών Αττικής, Βοιωτίας, Ηρακλείου Κρήτης και Θεσσαλονίκης. Η τεχνική δειγματοληψίας που χρησιμοποιήθηκε είναι η "κατά συστάδες, τυχαία" δειγματοληψία. Τις συστάδες της έρευνάς αποτέλεσαν τα τμήματα της Γ΄ τάξης εννέα (9) Γυμνασίων και της Β΄ τάξης οκτώ (8) Ενιαίων Λυκείων.

Το εργαλείο

Μια σημαντική πλευρά της μεθοδολογίας διερεύνησης των νοητικών μοντέλων των μαθητών είναι η χρήση των παραγωγικών ερωτήσεων. Οι παραγωγικές ερωτήσεις δεν μπορούν να απαντηθούν με βάση τις αποθηκευμένες πληροφορίες, αλλά απαιτούν τη λύση ενός νέου προβλήματος. Για να απαντήσουν σε μια παραγωγική ερώτηση οι μαθητές, πρέπει να δημιουργήσουν μια νοητική αναπαράσταση ή ένα νοητικό μοντέλο και να το εξερευνήσουν για να εξάγουν από αυτό μια σχετική απάντηση. Κατά τη διάρκεια της ανάλυσης δεδομένων προσπαθούμε να αποφασίσουμε κατά πόσο κάθε απάντηση του μαθητή είναι συνεπής με την υπόθεση ότι ο μαθητής έχει διαμορφώσει και χρησιμοποιεί ένα συνεκτικό γενικό μοντέλο.

Για τη διερεύνηση των νοητικών μοντέλων των μαθητών για τη χημική αντίδραση χρησιμοποιήσαμε τις απαντήσεις των μαθητών σε 4 παραγωγικές ερωτήσεις (Πίνακας 1) που περιλαμβάνονταν σε ερωτηματολόγιο 16 ερωτήσεων σχετικών με τις γνώσεις και γνωστικές δεξιότητες που αποκτούν οι μαθητές από το μάθημα της Χημείας (Σάλτα 2007).



Πίνακας 1: Οι ερωτήσεις της έρευνας που αναφέρονται σε αυτή την εργασία

1. Α. Γεμίζουμε το άδειο ρεζερβουάρ ενός αυτοκινήτου με 20kg βενζίνης. Το αυτοκίνητο κινείται μέχρι να αδειάσει το ρεζερβουάρ του. Πόση είναι η μάζα των καυσαερίων που εξέπεμψε το αυτοκίνητο κατά τη διάρκεια της κίνησής του;
- ίση με 20kg
 - μεγαλύτερη από 20kg
 - μικρότερη από 20kg
 - είναι αδύνατο να προβλέψω
- Β. Εξήγησε την επιλογή σου.**
2. Α. Ο σίδηρος με το οξυγόνο του αέρα σχηματίζει σκουριά. Όταν αφήσουμε ένα σιδερένιο καρφί μάζας 10g στον αέρα θα σκουριάσει. Πόση είναι η μάζα του σκουριασμένου καρφιού;
- ίση με 10g
 - μεγαλύτερη από 10g
 - μικρότερη από 10g
 - είναι αδύνατο να προβλέψω
- Β. Εξήγησε την επιλογή σου.**
3. Τα ασημένια κοσμήματα θαμπώνουν και μαυρίζουν. Πώς το εξηγείς;
4. Όταν υπάρχει περίσσεια οξέος στο γαστρικό υγρό προκαλείται πόνος στο στομάχι. Για να ανακουφισθούμε από τον πόνο παίρνουμε ως φάρμακο «γάλα μαγνησίας». Εξήγησε τη δράση του φαρμάκου.

Αποτελέσματα και σχόλια

Η ανάλυση των δεδομένων μας, σύμφωνα με το θεωρητικό πλαίσιο της Βοσνιάδου (Vosniadou 1994), εντόπισε έναν περιορισμένο αριθμό νοητικών μοντέλων για τη χημική αντίδραση τα οποία χρησιμοποιήθηκαν από τους μαθητές για να ερμηνεύσουν τις διάφορες χημικές αντιδράσεις (πίνακας 2). Από τον πίνακα φαίνεται ότι οι απαντήσεις μεγάλου ποσοστού των μαθητών ήταν συνεπείς με κάποιο από τα παρακάτω πέντε νοητικά μοντέλα.

Η χημική αντίδραση ως μετακίνηση μιας ουσίας Το μοντέλο της χημικής αντίδρασης ως μετακίνηση μιας ουσίας, συνήθως από τον αέρα, χρησιμοποιήθηκε από τους μαθητές για την ερμηνεία του σκουριάσματος του σιδερένιου καρφιού. Δεν χρησιμοποιήθηκε το συγκεκριμένο μοντέλο κατά την ερμηνεία της αμαύρωσης των κοσμημάτων, καθώς οι μαθητές παρατηρούν μια αλλαγή στο χρώμα των κοσμημάτων και όχι ένα άλλο σώμα/ουσία στην επιφάνεια τους, όπως συμβαίνει στην περίπτωση της σκουριάς πάνω στο καρφί. Το μοντέλο αυτό αντιστοιχεί στην κατηγορία μετατόπιση του Andersson (1986).

Η χημική αντίδραση ως αλλαγή της μορφής μιας ουσίας Το μοντέλο της χημικής αντίδρασης ως αλλαγή της μορφής της αρχικής ουσίας, που αντιστοιχεί στην κατηγορία τροποποίηση του Andersson (1986), χρησιμοποιήθηκε από τους μαθητές για την ερμηνεία της καύσης της βενζίνης, του σκουριάσματος του σιδερένιου καρφιού και της αμαύρωσης των ασημένιων κοσμημάτων. Για την καύση της βενζίνης οι μαθητές ισχυρίστηκαν ότι: *η βενζίνη είναι σε υγρή μορφή και όταν γίνει καυσαέριο είναι σε αέρια μορφή, η βενζίνη εξατμίστηκε, αλλάζει μόνο η φυσική κατάσταση, το υγρό μετατράπηκε σε αέριο και το αέριο έχει μικρότερη μάζα.* Οι εκφράσεις των μαθητών φανερώνουν ότι θεωρούν τα προϊόντα της καύσης ως άλλη μορφή ή φυσική κατάσταση του καυσίμου. Για το σκουριάσμα του καρφιού οι μαθητές σημείωσαν ότι: *όταν σκουριάζει δεν αλλάζει η μάζα του αλλά η κατάστασή του, αλλάζει μόνο η μορφή του,* ενώ για την αμαύρωση των κοσμημάτων απάντησαν ότι: *το υλικό τους μαυρίζει, έχουν σίδηρο – χαλκό που μαυρίζουν,* απαντήσεις που φανερώνουν ότι η σκουριά και το μαύρισμα είναι μια άλλη κατάσταση ή άλλη μορφή του σιδήρου, του ασημιού ή του χαλκού.

Πίνακας 2: Τα νοητικά μοντέλα για τη «χημική αντίδραση» των μαθητών Γυμνασίου και Λυκείου

Μοντέλα	ΓΥΜΝΑΣΙΟ			
	Ερώτηση 1 N=285	Ερώτηση 2 N=248	Ερώτηση 3 N=318	Ερώτηση 4 N=243
	Σχετική συχνότητα (%) ανά ερώτηση			
Κανένα μοντέλο	61,1	35,0	25,8	37,9
Μετακίνηση μιας ουσίας	-	18,1	-	-
Αλλαγή της μορφής μιας ουσίας	13,7	8,6	13,8	-
Ανάμειξη ουσιών	-	-	-	39,5
Μετατροπή μιας ουσίας	22,8	28,2	49,0	11,1
Χημική αλληλεπίδραση	2,6	10,1	11,4	11,5
Μοντέλα	ΛΥΚΕΙΟ			
	Ερώτηση 1 N=403	Ερώτηση 2 N=358	Ερώτηση 3 N=446	Ερώτηση 4 N=388
	Σχετική συχνότητα (%) ανά ερώτηση			
Κανένα μοντέλο	40,0	29,6	23,1	28,3
Μετακίνηση μιας ουσίας	-	8,7	-	-
Αλλαγή της μορφής μιας ουσίας	10,4	16,5	14,6	-
Ανάμειξη ουσιών	-	-	-	43,9
Μετατροπή μιας ουσίας	46,4	32,1	46,8	7,7
Χημική αλληλεπίδραση	3,2	13,1	15,5	20,1

Το μοντέλο αυτό δεν χρησιμοποιήθηκε στην περίπτωση του φαρμάκου, γιατί σε αυτήν οι μαθητές έπρεπε να συνδυάσουν δύο σώματα: το φάρμακο και το γαστρικό υγρό και έτσι κατέφυγαν στο μοντέλο της ανάμειξης.

Η χημική αντίδραση ως ανάμειξη ουσιών Το μοντέλο της χημικής αντίδρασης ως ανάμειξη των αρχικών ουσιών χρησιμοποιήθηκε για την ερμηνεία της δράσης του φαρμάκου. Οι μαθητές θεώρησαν ότι η κάθε μία από τις αρχικές ουσίες έχει τις ιδιότητές της που την ταυτοποιούν (το φάρμακο έχει βασικές ιδιότητες, το γαστρικό υγρό έχει όξινες) και είναι αντίθετες, επομένως κατά την αντίδραση οι αντίθετες αυτές ιδιότητες θα εξουδετερωθούν. Το μοντέλο αυτό δεν χρησιμοποιήθηκε στις άλλες περιπτώσεις, καθώς σε αυτές μία από τις αρχικές ουσίες που συμμετέχουν στην αντίδραση είναι αέριο, επομένως δεν έχει αντιληπτές ιδιότητες από τους μαθητές. Ανάλογα μοντέλα ανάμειξης έχουν αναφερθεί και από άλλους ερευνητές, όπως η αντίληψη του νερού ως μείγμα υδρογόνου και οξυγόνου (Κουκά, Α., Βοσνιάδου, Σ., Τσαπαρλής, Γ. 2000, Johnson 2000, 2002).

Η χημική αντίδραση ως μετατροπή μιας ουσίας Το μοντέλο της μετατροπής της αρχικής ουσίας, που αντιστοιχεί στην κατηγορία μετάλλαξη του Andersson (1986), χρησιμοποιήθηκε από τους μαθητές για την ερμηνεία όλων των χημικών αντιδράσεων. Στην περίπτωση της βενζίνης πολλοί μαθητές που χρησιμοποίησαν αυτό το μοντέλο ανέφεραν ότι η βενζίνη μετατράπηκε από μόνη της σε προϊόντα και σε ενέργεια (θερμότητα ή κινητική ενέργεια). Στην περίπτωση του καρφίου, των κοσμημάτων και του φαρμάκου οι μαθητές στο μοντέλο της μετατροπής συμπεριέλαβαν και έναν παράγοντα που προκαλεί την μετατροπή χωρίς αυτός να παθαίνει τίποτα (η σκουριά θα φάει το σίδηρο, η σκουριά φθείρει, μαύρισε από το νερό, λόγω του οξυγόνου, λόγω του αέρα, μαύρισε από το διοξείδιο του άνθρακα του αέρα, το φάρμακο καταπολεμά το οξύ, το φάρμακο διασπά την περίσσεια οξέος).

Η χημική αντίδραση ως αλληλεπίδραση μεταξύ των αρχικών ουσιών Το μοντέλο αυτό είναι σύμφωνο με την επιστημονικά αποδεκτή άποψη για τη χημική αντίδραση ως διαδικασία κατά την οποία από τις αρχικές ουσίες παράγονται νέες ουσίες. Οι μαθητές που χρησιμοποίησαν αυτό



το μοντέλο απάντησαν στην ερώτηση για την καύση της βενζίνης ότι: η βενζίνη (μόρια βενζίνης) αντιδρά με το οξυγόνο (μόρια οξυγόνου) και παράγεται διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Στην ερώτηση για το σκούριασμα του καρφίου ότι: ο σίδηρος αντέδρασε με το οξυγόνο και δημιουργήθηκε η σκουριά, που περιέχει και τα δύο στοιχεία, και στην ερώτηση για την αμαύρωση των κοσμημάτων ότι: ο άργυρος που έχει ασημί χρώμα αντιδρά με το οξυγόνο του αέρα ή με ουσίες που περιέχει ο αέρας και παράγονται νέες ουσίες μαύρου χρώματος. Τέλος, στην ερώτηση για το φάρμακο απάντησαν ότι: τα υδροξείδια δεσμεύουν τα κατιόντα υδρογόνου (οξέα) και σχηματίζουν νερό ή βάση και όξινο υγρό (οξύ) αντιδρούν παράγοντας νερό.

Προϋποθέσεις που περιορίζουν τα νοητικά μοντέλα Η διερεύνηση των νοητικών μοντέλων για τη χημική αντίδραση και η σύγκριση μεταξύ τους ανέδειξε την ύπαρξη δύο οντολογικών προϋποθέσεων που ερμηνεύουν το σχηματισμό τους. Η πρώτη είναι ότι οι μαθητές πηγαίνουν στο σχολείο πιστεύοντας ότι οι ουσίες είναι σώματα σταθερά που δεν αλλάζουν. Δηλαδή δεν είναι σε θέση να κάνουν τη διάκριση μεταξύ της ουσίας ως υλικό με καθορισμένες φυσικές ιδιότητες (IUPAC 1997) και του σώματος (αντικειμένου). Από τη βρεφική ηλικία αντιλαμβάνονται τη μονιμότητα των σωμάτων, δηλαδή αναγνωρίζουν την ύπαρξη των σωμάτων ακόμα και όταν δεν τα βλέπουν. Επομένως, οι μαθητές, χωρίς να αντιλαμβάνονται τη διάκριση μεταξύ ουσίας και σώματος, πιστεύουν ότι οι ουσίες μπορούν να διατηρούν την ταυτότητά τους παρά τις αλλαγές που υφίστανται. Η δεύτερη είναι ότι οι μαθητές θεωρούν ότι η ταυτότητα ενός σώματος καθορίζεται από ένα σύνολο παρατηρήσιμων ιδιοτήτων, όπως χρώμα, γεύση, υφή. Οι ιδιότητες με τις οποίες ταυτοποιούν οι μαθητές ένα σώμα/ουσία είναι διαφορετικές από το σύνολο των φυσικοχημικών ιδιοτήτων με τις οποίες οι επιστήμονες ταυτοποιούν τις χημικές ουσίες. Οι δύο αυτές οντολογικές προϋποθέσεις μαζί με τις επιστημολογικές προϋποθέσεις, ότι τα φαινόμενα απαιτούν μια εξήγηση και ότι οι εξηγήσεις πρέπει να υποδεικνύουν ένα αίτιο της μεταβολής (Κουκά 2000), υποθέτουμε ότι καθορίζουν τη θεωρία πλαισίου για το φυσικό κόσμο κάτω από την οποία οι μαθητές διαμορφώνουν τα νοητικά τους μοντέλα για τη χημική αντίδραση.

Με βάση αυτές τις προϋποθέσεις της θεωρίας πλαισίου υποθέτουμε, επίσης, ότι οι μαθητές σχηματίζουν δύο ειδικές θεωρίες για τις χημικές αντιδράσεις, οι οποίες εμπεριέχονται στη γενική θεωρία πλαισίου. Η πρώτη αφορά σε αντιδράσεις στις οποίες οι μαθητές αντιλαμβάνονται μια από τις δύο αρχικές ουσίες, όπως στην καύση βενζίνης, στο σκούριασμα καρφίου, και στην αμαύρωση κοσμημάτων. Οι μαθητές στηριζόμενοι στις παρατηρήσεις όπως κατά την καύση διαφόρων σωμάτων παράγεται καπνιά και όταν εξατμίζεται το νερό παραμένουν άλατα στα σκεύη και με βάση τις προϋποθέσεις της θεωρίας πλαισίου δημιουργούν την πεποίθηση ότι οι ουσίες μπορεί να περιέχουν μέσα τους άλλες ουσίες που δεν τις βλέπουμε. Στη συνέχεια, οι μαθητές με βάση τις οντολογικές προϋποθέσεις και τις πεποιθήσεις τους σχηματίζουν το νοητικό μοντέλο της χημικής αντίδρασης ως μετακίνησης μιας ουσίας, το οποίο μοντέλο μοιάζει να είναι διαισθητικό (δημιουργείται πριν τη συστηματική διδασκαλία).

Πολλοί μαθητές κατέφυγαν στο μοντέλο της αλλαγής της μορφής μιας ουσίας στην προσπάθειά τους να συμβιβάσουν τις οντολογικές τους προϋποθέσεις με τις επιστημονικές πληροφορίες για τις χημικές αντιδράσεις. Οι μαθητές αυτοί θεωρούν ότι οι μορφές (φυσικές καταστάσεις) της ουσίας πριν και μετά την αντίδραση είναι διαφορετικές ιδιότητες που έχει πάντοτε η ουσία και άλλες φορές εμφανίζεται με τη μία, ενώ άλλες φορές με μια άλλη.

Στο μοντέλο της μετατροπής η πρώτη προϋπόθεση εξακολουθεί να λειτουργεί περιοριστικά, αλλά όχι απόλυτα. Οι μαθητές ενσωματώνουν στις αρχικές τους προϋποθέσεις επιστημονικές πληροφορίες για την ενέργεια που έχει ένα σώμα και άλλες πληροφορίες σχετικές με τις χημικές αντιδράσεις, όπως ότι για την καύση χρειάζεται οξυγόνο. Επομένως, τα καύσιμα μετατρέπονται κατά την καύση σε ενέργεια που είναι συστατικό τους ή ότι μετατρέπονται σε καυσαέρια γιατί επιδρά πάνω τους κάποιος άλλος παράγοντας, το οξυγόνο, ο οποίος δεν μεταβάλλεται. Ομοίως,

κατά το σκούριασμα του καρφίου ή σκουριά ή το οξυγόνο (παράγοντας) έχουν μετατρέψει το σίδηρο σε σκουριά, ενώ αυτά δεν έχουν αλλοιωθεί. Επίσης, κατά την αμαύρωση των κοσμημάτων το οξυγόνο ή κάποιο άλλο συστατικό του αέρα προκαλούν τη μεταβολή του χρώματος, χωρίς τα ίδια να παθαίνουν τίποτα. Η ενσωμάτωση των επιστημονικών πληροφοριών, αφού πρώτα αλλοιώθηκαν, επιτρέπει στους μαθητές να διατηρήσουν τις αρχικές τους απόψεις περί σταθερότητας των ουσιών ή μέρος αυτών ή κάποιων από αυτές.

Η δεύτερη ειδική θεωρία αφορά σε αντιδράσεις στις οποίες οι μαθητές αντιλαμβάνονται δύο αρχικές ουσίες όπως στη δράση φαρμάκου. Υποθέτουμε ότι οι μαθητές, έχοντας εμπειρίες όπως, *η ανάμειξη κρύου και ζεστού νερού δίνει χλιαρό νερό και η ανάμειξη κίτρινου και μπλε χρώματος δίνει πράσινο χρώμα* και με βάση τις προϋποθέσεις της θεωρίας πλαισίου, δημιουργούν πεποιθήσεις πως όταν αναμειγνύονται οι ουσίες οι ιδιότητές τους επικαλύπτονται και πως όταν οι ουσίες έχουν αντίθετες ιδιότητες με την ανάμειξη των ουσιών αυτές αλληλοεξουδετερώνονται. Επομένως, οι μαθητές στηριζόμενοι στις οντολογικές προϋποθέσεις και στις πεποιθήσεις τους σχηματίζουν το νοητικό μοντέλο της χημικής αντίδρασης ως ανάμειξη ουσιών, το οποίο μοντέλο φαίνεται να είναι διαισθητικό (δημιουργείται πριν τη συστηματική διδασκαλία).

Μερικοί μαθητές μετακινούνται από το μοντέλο της ανάμειξης στο μοντέλο της μετατροπής, καθώς ενσωματώνουν, αλλοιώνοντας, επιστημονικές πληροφορίες για τη χημική αντίδραση. Έτσι, θεωρούν ότι η μία από τις δύο ουσίες επιδρά και μετατρέπει την άλλη χωρίς αυτή να παθαίνει τίποτα.

Συμπεράσματα

Αποτέλεσμα της ανάλυσης των παρανοήσεων των μαθητών για τη χημική αντίδραση, ακολουθώντας το θεωρητικό πλαίσιο της Βοσνιαδου, ήταν ο εντοπισμός μικρού αριθμού νοητικών μοντέλων που χρησιμοποίησαν τόσο οι μαθητές Γυμνασίου, όσο και οι μαθητές Λυκείου, σε διαφορετικά όμως ποσοστά (πίνακας 2). Καθώς αυξάνεται η επίδραση της διδασκαλίας της Χημείας, διαπιστώνεται ότι οι μαθητές στο Λύκειο αντικαθιστούν το μοντέλο της μετακίνησης με αυτά της αλλαγής μορφής, της μετατροπής και της αλληλεπίδρασης. Παρόλο που οι μαθητές του Λυκείου έχουν διδαχθεί τη χημική αντίδραση και μακροσκοπικά και μικροσκοπικά, λίγοι είναι εκείνοι που οικοδομούν το επιστημονικά αποδεκτό μοντέλο της χημικής αλληλεπίδρασης. Περισσότερο δύσκολη είναι η οικοδόμηση αυτού του μοντέλου στις περιπτώσεις που ένα από τα αντιδρώντα είναι αέριο, το οποίο δεν το αντιλαμβάνονται (Krnjel, Watson & Glazar 1998). Αλλά και όταν έχουν μάθει μηχανικά την ύπαρξη του αερίου αντιδρώντος, το αντιμετωπίζουν περισσότερο ως παράγοντα που προκαλεί την αντίδραση, χωρίς αυτό να παθαίνει τίποτα. Σημαντικό είναι το ποσοστό των μαθητών του Λυκείου που θεωρούν την αντίδραση καύσης ως μετατροπή των αντιδρώντων σε ενέργεια. Επίσης, η ανθεκτικότητά του μοντέλου της χημικής ανάμειξης στους μαθητές Λυκείου αποδίδεται στην ικανότητα του να παράγει σωστές λύσεις σε προβλήματα σχετικά με χημικές αντιδράσεις, όπως είναι η αντίδραση μεταξύ οξέων και βάσεων. Η υπόθεση ότι τα νοητικά μοντέλα των μαθητών σχηματίζονται κάτω από τους περιορισμούς που επιβάλλει η ύπαρξη των οντολογικών και επιστημολογικών προϋποθέσεων της θεωρίας πλαισίου για το φυσικό κόσμο, μας επιτρέπει να υποθέσουμε ότι ίσως το μοντέλο της μετακίνησης και της ανάμειξης αποτελούν διαισθητικά μοντέλα, ενώ τα μοντέλα αλλαγής της μορφής και της μετατροπής μιας ουσίας αποτελούν συνθετικά μοντέλα. Τέλος, το μοντέλο της αλληλεπίδρασης είναι το επιστημονικά αποδεκτό στην απόκτηση του οποίου στοχεύει η διδασκαλία της Χημείας.

Κατά τη διαδικασία της μάθησης της Χημείας τα αρχικά διαισθητικά μοντέλα αλλάζουν, επειδή κάποιες πτυχές της επιστημονικής θεωρίας που διδάσκονται αφομοιώνονται στη θεωρία πλαισίου δημιουργώντας συνθετικά μοντέλα. Επομένως, η κατάλληλη διδασκαλία που στοχεύει στην αλλαγή των προϋποθέσεων της θεωρίας πλαισίου, δηλαδή στη διάκριση μεταξύ ουσίας και



σώματος και στην κατανόηση της ταυτότητας μιας ουσίας ως ένα σύνολο ιδιοτήτων (σε μακροσκοπικό επίπεδο) και ως χημική σύσταση/δομή (σε μικροσκοπικό επίπεδο), θα βοηθήσει στην ταχύτερη αλλαγή των διαισθητικών και συνθετικών μοντέλων και στην ανάπτυξη του επιστημονικού μοντέλου της χημικής αντίδρασης. Ο Johnson (2000, 2002) υποστηρίζει ότι ο τρόπος που κάποιες ιδιότητες, όπως το σημείο τήξης, χρησιμοποιούνται για να ταυτοποιήσουν τις ουσίες θα πρέπει να είναι ο κεντρικός στόχος της διδασκαλίας της Χημείας για να κατακτήσουν οι μαθητές το επιστημονικό μοντέλο πώς οι χημικές ενώσεις μπορούν να συντεθούν από απλούστερες ουσίες, με ιδιότητες αρκετά ευδιάκριτες από εκείνες των συστατικών τους.

Βιβλιογραφία

Κουκά, Α. (2000). Το νερό στη χημική εκπαίδευση: έννοιες, παρανοήσεις, δυσκολίες στην κατανόηση. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιωάννινα.

Κουκά, Α., Βοσνιάδου, Σ., Τσαπαρλής, Γ. (2000). Διαισθητική Γνώση και Νοητικά Μοντέλα για το Νερό ως Υγρό και Αέριο. 2^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και η Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Λευκωσία.

Σάλτα, Κ. (2007). Διερεύνηση των γνώσεων, δεξιοτήτων και στάσεων που αποκτούν οι μαθητές από το μάθημα της Χημείας κατά την εκπαίδευση τους και του ρόλου που παίζουν αυτές στην καθημερινή τους ζωή. Διδακτορική διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Αθήνα

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

Carey, S. & Smith, C. (1993). On understanding the nature of scientific knowledge. *Educational Psychology*, 28, 235-231.

Carey, S., & Spelke, E. (1996). Science and core knowledge. *Journal of Philosophy of Science*, 63, 515-533.

IUPAC (1997). *Compendium of Chemical Terminology 2nd Edition*

Johnson, P. (2000). Children's understanding of substances, Part 1: recognizing chemical change. *International Journal of Science Education*, 22, 719-737.

Johnson, P. (2002). Children's understanding of substances, Part 2: explaining chemical change. *International Journal of Science Education*, 24, 1037-1054.

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

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

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