

Εννοιολογικά δίκτυα και σημασιολογικές κατηγορίες για την αναπαράσταση της εννοιολογικής αλλαγής

ΕΛΕΝΗ ΣΤΑΥΡΙΔΟΥ
ΧΡΙΣΤΙΝΑ ΣΟΛΟΜΩΝΙΔΟΥ
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ανίχνευση και αναπαράσταση της εννοιολογικής αλλαγής σε μαθητές διαφόρων ηλικιών είναι ένα ζήτημα σημαντικό για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, διότι μπορεί να απαντήσει σε ερωτήματα σχετικά με τη γνωστική δομή αφετηρίας των μαθητών και τη σταδιακή εξέλιξη μιας αρχικής γνωστικής δομής προς μια τελική. Η αναπαράσταση της γνωστικής δομής και της εννοιολογικής αλλαγής μπορεί να γίνει με δύο είδη μοντέλων, τα εννοιολογικά δίκτυα και τις σημασιολογικές κατηγορίες. Στην εργασία αυτή συζητώνται τα χαρακτηριστικά και οι δυνατότητες αναπαράστασης με εννοιολογικά δίκτυα, και συγκρίνονται με τις δυνατότητες του δεύτερου μοντέλου, που μέχρι στιγμής ελάχιστα έχει αξιοποιηθεί. Οι αυξημένες δυνατότητες αναπαράστασης της γνωστικής δομής και της εννοιολογικής αλλαγής, σε ατομικό ή συλλογικό επίπεδο, που προσφέρει η χρήση των σημασιολογικών κατηγοριών γίνονται φανερές μέσα από συγκεκριμένο παράδειγμα που αναφέρεται στα δεδομένα έρευνας που πραγματοποιήσαμε για την ανίχνευση, με συνεντεύξεις κλινικού τύπου, των ιδεών 40 μαθητών ηλικίας 12-18 ετών σχετικά με τις φυσικές και χημικές μεταβολές της ύλης. Ειδικότερα, οι αναπαραστάσεις τύπου 'μαργαρίτας' που προτείνουμε αποτελούν χρήσιμο εργαλείο στη μελέτη μεμονωμένων περιπτώσεων, ενώ τα ραβδογράμματα μπορούν να δώσουν με τρόπο οικονομικό συμπυκνωμένη πληροφορία για τις σημασιολογικές κατηγορίες σημαντικού αριθμού υποκειμένων και για τον τρόπο που αυτές εξελίσσονται στο χρόνο, ως αποτέλεσμα της διδασκαλίας ή και άλλων παραγόντων. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να καθοδηγήσουν τις αναγκαίες επιλογές αναφορικά με τη διδακτική προσέγγιση διαφόρων εννοιών από τις Φυσικές Επιστήμες.

Εννοιολογικές αλλαγές και οικοδόμηση επιστημονικών εννοιών

Είναι γνωστό ότι τα τελευταία είκοσι χρόνια μεγάλος αριθμός ερευνών στον τομέα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών παρέχουν σημαντικά δεδομένα για το ρόλο που παίζουν για τη μάθηση στις φυσικές επιστήμες οι αρχικές ιδέες, οι αντιλήψεις, οι παραστάσεις, οι εναλλακτικές απόψεις και τα

νοητικά μοντέλα των μαθητών. Τα δεδομένα αυτά προσδιορίζουν μια νέα αντίληψη για τον τρόπο που μαθαίνει το παιδί έννοιες και φαινόμενα των φυσικών επιστημών. Η αντίληψη αυτή εκφράζεται μέσα από την εποικοδομητική θεωρία για τη μάθηση στις φυσικές επιστήμες (Driver 1989) και υπαγορεύει νέους ρόλους για εκπαιδευτές και εκπαιδευόμενους, υποδεικνύοντας νέες μεθόδους διδασκαλίας των φυσικών επιστημών για την

αντιμετώπιση των εναλλακτικών ιδεών των εκπαιδευομένων (Pfundt & Duit, 1994).

Η εποικοδομητική θεωρία για τη μάθηση υποθετεί τις παρακάτω βασικές αρχές. 1) Οι μαθητές και γενικά οι εκπαιδευόμενοι έχουν αρχικές ιδέες και αντιλήψεις για έννοιες και φαινόμενα των φυσικών επιστημών που πρόκειται να διδαχθούν. 2) Οι ιδέες αυτές συχνά είναι λανθασμένες από επιστημονική άποψη. 3) Οι ιδέες αυτές αντιστέκονται σε μεταβολές που η διδασκαλία των φυσικών επιστημών επιθυμεί να επιφέρει, με σκοπό να οδηγηθούν οι μαθητές στην αφομοίωση ιδεών και αντιλήψεων που είναι αποδεκτές από τις φυσικές επιστήμες. 4) Η απόκτηση των επιστημονικών γνώσεων από τους μαθητές είναι προϊόν προσωπικών διαδικασιών δόμησης των νέων γνώσεων σε σχέση με όσα ήδη γνωρίζουν και όχι το αποτέλεσμα της διαδικασίας μετάδοσης της γνώσης από το δάσκαλο-πομπό προς το μαθητή-δέκτη.

Αν αποδεχθούμε τις αρχές αυτές τότε πρέπει να υποθέσουμε επίσης ότι η οικοδόμηση των επιστημονικών γνώσεων από τους μαθητές μπορεί να θεωρηθεί ως διαδικασία μετασχηματισμού και εμπλουτισμού μιας αρχικής γνωστικής κατάστασης (ή δομής) προς μια τελική γνωστική κατάσταση (ή δομή). Πρόκειται δηλαδή για μια διαδικασία εννοιολογικής αλλαγής.

Μοντέλα αναπαράστασης των εννοιολογικών αλλαγών

Η θεωρία της μάθησης στις φυσικές επιστήμες ως διαδικασίας εννοιολογικών αλλαγών θέτει ένα σημαντικό πρόβλημα για τη διδακτική των φυσικών επιστημών. Ειδικότερα δείχνει την ανεπάρκεια της γνώσης μας για το πώς οι μαθητές οικοδομούν έννοιες

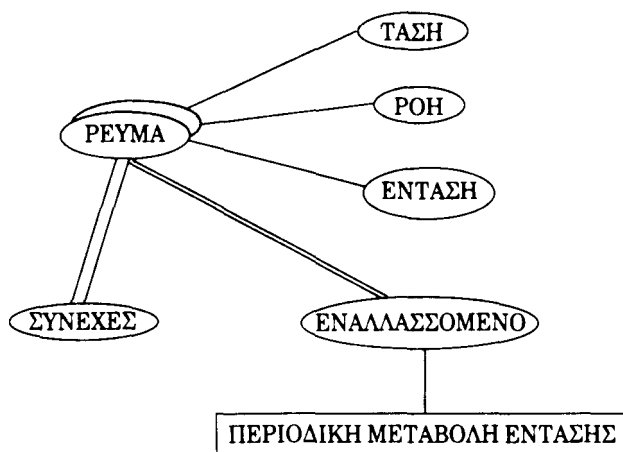
σχετικά με τα περισσότερα φυσικά φαινόμενα που διδάσκονται στο σχολείο. Για παράδειγμα δε γνωρίζουμε με ακρίβεια: α) ποια είναι η γνωστική δομή αφετηρίας των μαθητών ως προς αυτό ή εκείνο το φαινόμενο, β) ποια είναι η επιθυμητή γνωστική δομή στην οποία πρέπει να καταλήξει ένας κύκλος μαθημάτων των φυσικών επιστημών και γ) ποια είναι η βαθμιαία εξέλιξη της γνωστικής δομής από την αρχική προς μια τελική κατάσταση.

Στην εργασία αυτή δε θα ασχοληθούμε με θεωρητικά ζητήματα που αφορούν στην εννοιολογική αλλαγή (Boonιάδου & Brewer, 1988. Posner, Strike, Hewson, & Gertzog, 1982. West & Pines 1985), ούτε με ένα σύνολο προβλημάτων που αφορούν στις μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την ανίχνευση περιοχών της γνωστικής δομής των εκπαιδευομένων, αλλά θα επικεντρώσουμε το ενδιαφέρον μας στην εξέταση των τρόπων αναπαράστασης των γνωστικών δομών και των αλλαγών τους.

Σύμφωνα με τον Le Ny (1989), η περιγραφή και η αναπαράσταση των γνωστικών δομών μπορεί να γίνει με δύο τρόπους: με μοντέλα υπό μορφή δικτύου και με μοντέλα ιδιοτήτων ή χαρακτηριστικών. Στην πρώτη περίπτωση εντάσσονται τα εννοιολογικά δίκτυα, ενώ στη δεύτερη οι σημασιολογικές κατηγορίες. Στη συνέχεια θα εξετάσουμε τα χαρακτηριστικά, τις δυνατότητες και τους περιορισμούς των δύο αυτών ειδών μοντέλων για την αναπαράσταση της εννοιολογικής αλλαγής.

Εννοιολογικά δίκτυα

Ένα εννοιολογικό δίκτυο αποτελεί ένα μοντέλο αναπαράστασης της γνώσης, είτε αυτή είναι επιστημονικής είτε καθημερινής προέλευσης. Στα εννοιολογικά δίκτυα οι έν-

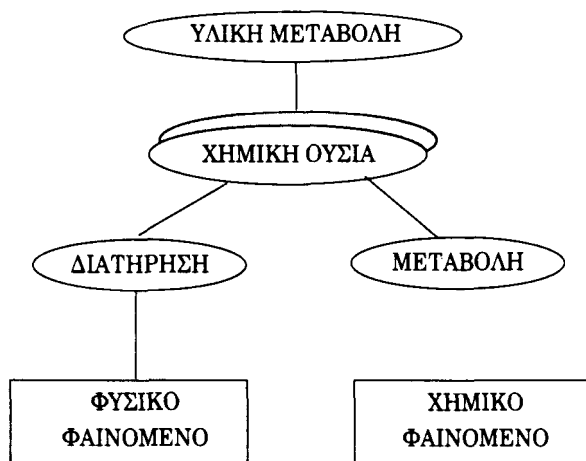
**Σχήμα 1**

Εννοιολογικό δίκτυο για το ηλεκτρικό ρεύμα

νοιες συμβολίζονται με κόμβους ή νοηματικές μονάδες, ενώ υπάρχουν γραμμές σύνδεσης μεταξύ των κόμβων, οι οποίες αναπαριστούν τις σχέσεις μεταξύ των κόμβων (Roch, 1983). Στο Σχήμα 1, το οποίο παριστά ένα εννοιολογικό δίκτυο για το ηλεκτρικό ρεύμα, κάθε απλή γραμμή συνδέει μια έννοια με μια άλλη έννοια, που αποτελεί χαρακτηριστικό γνώρισμα της πρώτης έννοιας (πχ., η τάση, η ροή, η ένταση είναι χαρακτηριστικά του ηλεκτρικού ρεύματος), ενώ κάθε διπλή γραμμή συνδέει μια έννοια με μια άλλη έννοια, που αποτελεί υποέννοια της πρώτης έννοιας (πχ., το συνεχές και το εναλλασσόμενο ρεύμα είναι υποέννοιες του ηλεκτρικού ρεύματος) (Roch, 1983, σελ. 190).

Ένα εννοιολογικό δίκτυο μπορεί να αναπαραστήσει τη γνώση που αποτελεί στόχο της διδασκαλίας ενός μαθήματος και η οποία απευθύνεται σε ένα ορισμένο μαθητικό πληθυσμό. Μπορεί επίσης να αναπαριστά τη γνωστική δομή που έχει διαμορφώσει κάποιος μαθητής ως αποτέλεσμα της διδασκαλίας. Στην πρώτη περίπτωση μια τέτοια αναπαρά-

σταση είναι σχετικά εύκολη υπόθεση, διότι γίνεται σε σχέση με ένα γνωστό πεδίο αναφοράς, αυτό της επιστημονικής γνώσης. Στη δεύτερη περίπτωση πρέπει να προηγηθεί έρευνα για την ανίχνευση της οργάνωσης της γνώσης του συγκεκριμένου μαθητή. Για παράδειγμα, ένα εννοιολογικό δίκτυο που είναι αποτέλεσμα της ανάλυσης του περιεχομένου της γνώσης που αφορά στις υλικές μεταβολές και αναπαριστά μια γνωστική δομή-στόχο της διδασκαλίας της χημείας είναι αυτό του Σχήματος 2. Σύμφωνα με την ανάλυση αυτή, ορίζουμε τη χημική αντίδραση στο εμπειρικό επίπεδο ως τη μεταβολή της ύλης κατά τη διάρκεια της οποίας ορισμένες αρχικές ουσίες μετατρέπονται σε άλλες ουσίες, εντελώς διαφορετικές και με διαφορετικές ιδιότητες από τις αρχικές ουσίες. Προκειμένου να αναγνωριστεί στο επίπεδο αυτό μια υλική μεταβολή και να κατηγοριοποιηθεί ως χημική, είναι απαραίτητο να αναγνωριστούν οι αρχικές και οι τελικές ουσίες με βάση τις ιδιότητές τους και να συγκριθούν μεταξύ τους. Αν οι τελικές ουσίες είναι διαφορετικές

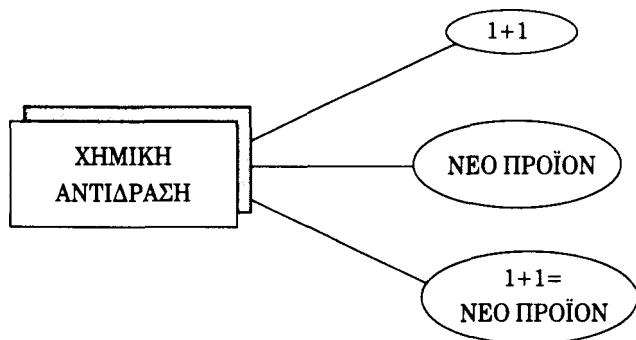
**Σχήμα 2**

Εννοιολογικό δίκτυο-στόχος για τη διδασκαλία των υλικών μεταβολών

από τις αρχικές, τότε η μεταβολή είναι χημική. Αν όμως οι τελικές ουσίες είναι ίδιες με τις αρχικές, δηλαδή αν αυτές διατηρούνται, τότε πρόκειται για φυσικό φαινόμενο. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι η κατηγορία των χημικών μεταβολών οριοθετείται σε σχέση με τις φυσικές μεταβολές (Solomonidou

1991. Solomonidou & Stavridou 1994. Stavridou 1990).

Είναι αξιοσημείωτο ότι η οργάνωση της γνώσης όπως προτείνεται στα ελληνικά σχολικά βιβλία είναι πολύ διαφορετική από αυτή του Σχήματος 2. Ειδικότερα, τα χημικά φαινόμενα χαρακτηρίζονται ως ριζικές μετα-

**Σχήμα 3**

Εννοιολογικό δίκτυο των ιδεών μαθητών για τη χημική αντίδραση

Σημείωση: το 1+1 σημαίνει ένωση ή πρόσθεση δύο αρχικών σωμάτων.

βολές της σύστασης των σωμάτων, σε αντίθεση με τα φυσικά φαινόμενα, που θεωρούνται ως μη ριζικές μεταβολές της σύστασης. Ως αποτέλεσμα της διδασκαλίας, μαθητές και μαθήτριες εμφανίζουν αντιλήψεις για τις χημικές μεταβολές που είναι διαφορετικές από αυτές που προτείνουν κάθε φορά τα βιβλία. Για παράδειγμα, από ορισμένους μαθητές η χημική αντίδραση θεωρείται ένωση ή πρόσθεση δύο αρχικών σωμάτων ($1+1$), κάποιοι άλλοι αναφέρονται στο σχηματισμό ενός νέου προϊόντος, ενώ σε άλλους συνυπάρχουν οι δύο προηγούμενες αντιλήψεις ($1+1$ δίνει νέο προϊόν) (Γιούρη, Σολομωνίδου, Σταυρίδου, & Καραγεωργίου, 1994. Stavridou, 1990. Stavridou, Solomonidou, Martinand, Viovy, & Carretto, 1993). Ένα εννοιολογικό δίκτυο για την έννοια της χημικής αντίδρασης όπως την αντιλαμβάνονται μαθητές διαφόρων ηλικιών (14-18 ετών) είναι αυτό του Σχήματος 3.

Από τα προηγούμενα εννοιολογικά δίκτυα (Σχήματα 2, 3) και τα δεδομένα που αναφέρθηκαν γίνεται φανερό ότι άλλη είναι η γνώση που όφειλε να διδαχθεί και άλλη αυτή που διδάσκεται. Εξάλλου η γνώση που αποκτούν οι μαθητές, ως αποτέλεσμα της διδασκαλίας, είναι διαφορετική των δύο προηγούμενων κατηγοριών, αφού οι μαθητές προχωρούν σε προσωπικές αφαιρέσεις και γενικεύσεις δίνοντας το δικό τους νόημα σε μια έννοια που δε διδάσκεται σωστά.

Από τα παραδείγματα που προαναφέρθηκαν γίνεται φανερό ότι τα εννοιολογικά δίκτυα είναι αποτελεσματικά και εύχρηστα όταν αναπαριστούν ένα σχετικά μικρό αριθμό εννοιών και τις μεταξύ τους σχέσεις, καθώς και όταν αναφέρονται στη γνωστική οργάνωση ενός ή λίγων ατόμων.

Οι δυνατότητες αναπαράστασης με εννοιολογικά δίκτυα περιορίζονται σημαντικά

όταν πρόκειται για ευρύτερες γνωστικές περιοχές που περιλαμβάνουν μεγάλο αριθμό εννοιών και σχέσεων μεταξύ αυτών των εννοιών. Στην περίπτωση αυτή, η πληθώρα των κόμβων και των μεταξύ τους συνδέσεων καθιστούν πολύπλοκο το δίκτυο και δυσχερή την ανάγνωσή του. Ενδεικτικό της προσπάθειας να ξεπεραστεί το πρόβλημα αυτό αποτελεί το γεγονός ότι προτείνονται δίκτυα σε τρεις διαστάσεις (Rosch, 1983).

Παρόμοιο πρόβλημα υπάρχει και όταν πρόκειται να αναπαρασταθεί με δίκτυο η γνωστική δομή μεγάλου αριθμού υποκειμένων. Οι απόπειρες αυτές αναπαράστασης συχνά καταλήγουν σε απλουστευτικές λύσεις οι οποίες, παίρνοντας υπόψη τα κυριότερα χαρακτηριστικά των ιδεών των μαθητών και αγνοώντας κάποια άλλα που εμφανίζονται με μικρότερη συχνότητα, καταλήγουν να αναπαριστούν σε δίκτυο τη γνωστική δομή ενός υποθετικού μέσου μαθητή (Καριώτογλου, Κουμαράς, & Ψύλλος, 1994).

Στις προηγούμενες επισημάνσεις, οι οποίες αναφέρονται στα όρια των δυνατοτήτων αναπαράστασης των γνωστικών δομών με εννοιολογικά δίκτυα, οφείλουμε να προσθέσουμε και άλλη μια. Τα εννοιολογικά δίκτυα είναι αναπαράστασεις που έχουν στατικό χαρακτήρα (Rosch, 1983) και χρησιμεύουν για την αναπαράσταση γνωστικών δομών οι οποίες είναι σταθερές και έχουν διάρκεια μέσα στο χρόνο (Le Ny, 1989). Η επισημάνση αυτή έχει ιδιαίτερη σημασία εαν πρόκειται να χρησιμοποιήσουμε τα εννοιολογικά δίκτυα για την αναπαράσταση της εννοιολογικής αλλαγής.

Είναι γνωστό ότι η αλλαγή στη γνωστική δομή ενός ατόμου συνίσταται στο ότι μπορούν να εμφανιστούν διαφορετικές έννοιες-κόμβοι ή και διαφορετικές συνδέσεις μεταξύ εννοιών (Le Ny, 1989). Η αναπαράσταση της εννοιολογικής αλλαγής σε ένα σύνολο μαθη-

τών προϋποθέτει την αποτύπωση με εννοιολογικό δίκτυο της γνωστικής δομής αφετηρίας κάθε μαθητή, όπως επίσης και των γνωστικών δομών των ενδιάμεσων σταδίων κατά τη μετάβαση από την αρχική κατάσταση προς την τελική, η οποία έχει τεθεί ως στόχος της διδασκαλίας. Εάν μάλιστα πρόκειται όχι μόνο για πολλούς μαθητές αλλά και για πολλές έννοιες, είναι φανερό ότι το σύνολο των αναπαραστάσεων αυτών δημιουργεί μια κατάσταση εξαιρετικά πολύπλοκη, αν όχι χαώδη. Από την άλλη πλευρά, αν για την αναπαράσταση της εννοιολογικής αλλαγής σε ομάδα μαθητών υιοθετηθούν προσεγγιστικές λύσεις του τύπου “υποθετικός μέσος μαθητής”, είναι ευνόητο ότι το εννοιολογικό δίκτυο δε θα παρέχει επαρκείς πληροφορίες για την πραγματική κατάσταση της εννοιολογικής αλλαγής σε μεμονωμένους μαθητές ενός μαθητικού πληθυσμού. Τέλος, σημειώνουμε ότι τα εννοιολογικά δίκτυα δεν προσφέρονται για ποσοτικές εκτιμήσεις της εννοιολογικής αλλαγής σε ομάδα μαθητών, δηλαδή, δεν επιτρέπουν την εξαγωγή συμπερασμάτων για τον αριθμό των μαθητών που εμφανίζουν συγκεκριμένες αλλαγές κατά τη μετάβαση από μια αρχική προς μια τελική ή επιθυμητή γνωστική δομή.

Σημασιολογικές κατηγορίες

Ένα άλλο είδος μοντέλων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αναπαράσταση της γνωστικής δομής και της εννοιολογικής αλλαγής είναι τα μοντέλα ιδιοτήτων ή χαρακτηριστικών. Σύμφωνα με τον Le Ny (1989), για τα μοντέλα αυτά υποθέτουμε ότι κάθε νοητική αναπαράσταση, ή κατηγορία, συνοδεύεται από ένα σύνολο ιδιοτήτων ή χαρακτηριστικών που προσδιορίζουν το αν μια οντότητα ανήκει ή όχι στην κατηγορία. Τα μοντέλα αυτά παίρνουν υπόψη τους αυτά

που οι άνθρωποι γνωρίζουν ή πιστεύουν σε σχέση με μια κατηγορία. Η γνώση ή η πεποίθηση αυτή καθορίζει την κρίση τους για το αν μια οντότητα ανήκει ή όχι σε μια κατηγορία. Γενικότερα, μπορούμε να πούμε ότι οι έννοιες είναι ταξινομήσεις της εμπειρίας του κόσμου, οι οποίες συνοδεύονται από ένα όνομα, είναι δηλαδή προϊόντα ομαδοποιητικής ή κατηγοριοποιητικής διαδικασίας και ίσως γι' αυτό το λόγο ο όρος “έννοια” χρησιμοποιείται συχνά ως ισοδύναμος του όρου “κατηγορία”. Κριτήριο ομαδοποίησης ή κατηγοριοποίησης μπορεί να αποτελούν κάποια κοινά αντιληπτικά χαρακτηριστικά των οντοτήτων, η κοινή λειτουργία που επιτελούν ή η ομοιότητά τους με κάποιο πρωτότυπο (Κωσταρίδου-Ευκλείδη, 1992). Οι σημασιολογικές κατηγορίες αποτελούν έκφραση των κριτηρίων με τα οποία τα άτομα ομαδοποιούν ή κατηγοριοποιούν διάφορες οντότητες.

Σε ό,τι αφορά τις επιστημονικές έννοιες, είναι ενδιαφέρον να παρατηρήσουμε ότι πάρα πολλές από αυτές είναι “ριζωμένες” στην εμπειρική πραγματικότητα και, μέσω των διαδικασιών ομαδοποίησης, προσφέρουν ουσιαστική συνοχή σε ένα πεδίο της εμπειρίας. Χωρίς τις διαδικασίες αυτές το δεδομένο πεδίο θα έμοιαζε να αποτελείται από ετερόκλητα και ασύνδετα μεταξύ τους αντικείμενα και φαινόμενα. Πράγματι, τι κοινό μπορεί να έχουν το τέντωμα ενός λάστιχου, το λύγισμα ενός σύρματος, το τσαλάκωμα ενός χαρτιού, το σπάσιμο ενός ξύλου, για κάποιον που δε διαθέτει την έννοια της παραμόρφωσης όπως την εννοούν οι φυσικοί; Ή τι κοινό μπορεί να έχουν το ξύνισμα του γάλακτος, το σκούρισμα του καρφιού, το κιτρίνισμα των φύλλων, το κάψιμο του ξύλου, το ψήσιμο του κρέατος, για κάποιον που δε διαθέτει την έννοια της χημικής μεταβολής, όπως την εννοούν οι χημικοί; Η συνοχή ενός εμπειρικού

πεδίου που εξασφαλίζεται μέσα από τη συγκρότηση και τη λειτουργία μιας επιστημονικής έννοιας δεν είναι και ούτε θεωρείται δεδομένη στα πλαίσια της καθημερινής ζωής. Πιστεύουμε λοιπόν ότι μια μέθοδος περιγραφής εννοιολογικών αλλαγών, οι οποίες ενδεχομένως συμβαίνουν ως αποτέλεσμα διαδικασιών διδασκαλίας και μάθησης των φυσικών επιστημών, μπορεί να αναχθεί στον εντοπισμό και την καταγραφή του τρόπου με τον οποίο γίνεται αντιληπτό ένα δεδομένο πεδίο αναφοράς, και ειδικότερα των κατηγοριών που τα υποκείμενα διαθέτουν και ενεργοποιούν σε σχέση με το εμπειρικό αυτό πεδίο.

Στόχοι της έρευνας

Στο πλαίσιο της θέσης που συζητείται εδώ, δεχόμαστε ότι στην καθημερινή ζωή αντιλαμβανόμαστε και οργανώνουμε νοητικά ένα δεδομένο πεδίο (που περιλαμβάνει φαινόμενα, αντικείμενα, διαδικασίες, κλπ.) με τη βοήθεια ορισμένων εννοιών μη επιστημονικής προέλευσης. Ειδικότερα υποθέτουμε ότι γίνονται ομαδοποιήσεις των φαινομένων ή των αντικειμένων με βάση αυτές τις έννοιες, οι οποίες λειτουργούν ως κριτήρια ομαδοποίησης. Αν ένα άτομο έχει αποκτήσει με τη διδασκαλία κάποιες νέες έννοιες επιστημονικής προέλευσης, τότε είναι αναμενόμενο να μεταβληθεί ο τρόπος που αντιλαμβάνεται το δεδομένο αυτό εμπειρικό πεδίο, δηλαδή είναι αναμενόμενο να κάνει διαφορετικές ομαδοποιήσεις των ήδη γνωστών από την καθημερινή ζωή φαινομένων, κινητοποιώντας αυτή τη φορά νέες έννοιες.

Στο πλαίσιο λοιπόν της διερεύνησης των εννοιολογικών αλλαγών που συμβαίνουν κατά τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών και σε σχέση με ένα δεδομένο εμπειρικό πεδίο

αναφοράς, μερικά από τα ερωτήματα που ανακύπτουν είναι τα ακόλουθα: 1) Ποιες έννοιες κινητοποιούνται πριν από τη διδασκαλία και τι είδους ομαδοποιήσεις φαινομένων γίνονται με αυτές, δηλαδή ποιες είναι οι αρχικές σημασιολογικές κατηγορίες των υποκειμένων; 2) Ποια είναι η προέλευσή αυτών των σημασιολογικών κατηγοριών, από την καθημερινή ζωή ή την επιστήμη; 3) Ποιες έννοιες αντικαθίστανται σταδιακά από άλλες, και ποιες νέες ομαδοποιήσεις εμφανίζονται, δηλαδή ποιες είναι οι τελικές σημασιολογικές κατηγορίες των υποκειμένων; 4) Ποιες έννοιες και ποιες ομαδοποιήσεις ενδεχομένως παραμένουν χωρίς να αλλάζουν;

Με βάση το προηγούμενο σκεπτικό, μπορεί να γίνει αναπαράσταση των γνωστικών δομών και των αλλαγών τους με βάση τις σημασιολογικές κατηγορίες ενός υποκειμένου. Στην περίπτωση αυτή οι αλλαγές στην οργάνωση της γνώσης οφείλονται σε διαφορετικές κατηγοριοποιήσεις οντοτήτων (όπως αντικείμενα, φαινόμενα, κλπ.), οι οποίες αποδίδονται στο γεγονός ότι τα υποκείμενα παίρνουν υπόψη διαφορετικές ιδιότητες ή διαφορετικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα των οντοτήτων που κατηγοριοποιούν.

Η έρευνα που περιγράφεται στη συνέχεια είχε σαν στόχο την ανίχνευση εννοιολογικών αλλαγών και τη διερεύνηση της δυνατότητας αναπαράστασής τους με βάση τις σημασιολογικές κατηγορίες μαθητών. Οι εννοιολογικές αυτές αλλαγές ανιχνεύονται σε μαθητές διαφόρων ηλικιών, από το τέλος της Πρωτοβάθμιας μέχρι το τέλος της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης και αφορούν την οικοδόμηση της έννοιας της χημικής αντίδρασης (ή με άλλα λόγια της χημικής μεταβολής ή του χημικού φαινομένου). Πιστεύουμε ότι η οικοδόμηση της έννοιας αυτής συνοδεύεται από ευρύτερες εννοιολογικές αλλαγές τις

Πίνακας 1
Φαινόμενα της καθημερινής ζωής

Φυσικά Φαινόμενα		Χημικά Φαινόμενα	
1	Πέτρα που πέφτει	10	Καρφί που σκουριάζει
2	Ποτήρι που σπάζει	11	Ψητό που καίγεται στο φούρνο
3	Νερό που βράζει	12	Ξύλο που καίει
4	Κερί που λιώνει	13	Μήλο που ωριμάζει
5	Νερό που παγώνει	14	Φύλλα που σαπίζουν
6	Κολώνια που εξατμίζεται	15	Μούστος που γίνεται κρασί
7	Αλάτι στη σούπα	16	Γάλα που ξυνίζει
8	Ζάχαρη στο τσάι	17	Χλωρίνη που ξεβάφει ρούχα
9	Μπύρα που αφρίζει	18	Χυμός λεμονιού που “τρώνει” το μάρμαρο
		19	Αυγό που βράζει

οποίες αποδίδουμε στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών στο σχολείο. Θεωρούμε δε αυτονόητο ότι, σε περίπτωση που η έννοια της χημικής αντίδρασης δε λειτουργεί ικανοποιητικά από επιστημονική άποψη, θα εμφανίζονται ελλειπείς ή και λανθασμένες κατηγοριοποιήσεις φαινομένων.

Η υπόθεση που κάναμε είναι η ακόλουθη: Εάν ο μαθητής δεν έχει αναπτύξει κριτήρια επαρκή από επιστημονική άποψη για την κατηγοριοποίηση των υλικών μεταβολών, τότε είναι αναμενόμενο να χρησιμοποιεί κριτήρια που συναντώνται στο πλαίσιο της καθημερινής ζωής και που ενδεχομένως απορρέουν από τα νοήματα που κρύβει η καθημερινή γλώσσα όταν εκφράζει διάφορες υλικές μεταβολές (Σολομωνίδου & Σταυρίδου, 1991). Εάν η διδασκαλία της χημείας επηρεάσει την αρχική γνωστική κατάσταση των μαθητών, οι αλλαγές θα φανούν τόσο στις κατηγοριοποιήσεις που θα κάνουν οι μαθητές για τα ίδια φαινόμενα, όσο και στα κριτήρια που θα χρησιμοποιήσουν για το σκοπό αυτό.

Μέθοδος

Υποκείμενα

Στην έρευνα πήραν μέρος 40 Γάλλοι μαθητές που φοιτούσαν όλοι σε σχολείο αστικής περιοχής χαμηλών και μεσαίων εισοδημάτων. Δέκα μαθητές είχαν ηλικία 11-12 έτη και φοιτούσαν σε τάξη αντίστοιχη της ΣΤ' Δημοτικού, δέκα μαθητές είχαν ηλικία 13-14 έτη και φοιτούσαν σε τάξη αντίστοιχη της Β' Γυμνασίου, δέκα μαθητές είχαν ηλικία 15-16 έτη και φοιτούσαν σε τάξη αντίστοιχη της Α' Λυκείου και δέκα μαθητές είχαν ηλικία 17-18 έτη και φοιτούσαν σε τάξη αντίστοιχη της Γ' Λυκείου.

Έργα

Όπως ήδη αναφέρθηκε, οι εννοιολογικές αλλαγές που συμβαίνουν σε μαθητές και μαθήτριες ως προς την έννοια της χημικής μεταβολής είναι δυνατό να αναπαρασταθούν με βάση τις σημασιολογικές κατηγορίες υποκει-

μένων. Για την κινητοποίηση και ανίχνευση των κατηγοριών αυτών, οι μαθητές καλούνται να κατηγοριοποιήσουν φαινόμενα-υλικές μεταβολές της καθημερινής ζωής και να εκφράσουν κατόπιν τα κριτήρια που χρησιμοποίησαν για την κατηγοριοποίηση.

Με μια τέτοια διεργασία είναι δυνατό να αναπαρασταθεί η εννοιολογική συγκρότηση αφετηρίας ενός αρχικού δείγματος μαθητών, καθώς και οι μεταβολές στην εννοιολογική αυτή συγκρότηση στη διάρκεια της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Να σημειώσουμε ότι οι μαθητές του δείγματος παρακολουθούσαν αποκλειστικά και μόνο το πρόγραμμα διδασκαλίας του σχολείου τους όπως προβλεπόταν από το ισχύον αναλυτικό πρόγραμμα.

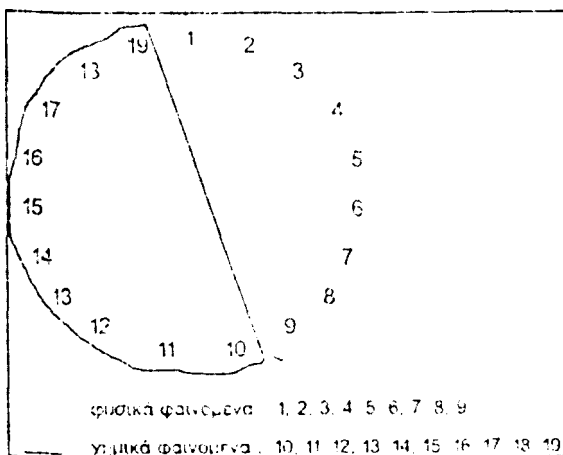
Για τις ανάγκες της έρευνας επιλέχθηκαν δεκαεννέα (19) φαινόμενα γνωστά από την καθημερινή ζωή, τα οποία φαίνονται στον Πίνακα 1. Για κάθε ένα από αυτά τα φαινόμενα γράφηκε μια πρόταση πάνω σε μια μικρή κάρτα, η οποία περιέγραφε με απλό, καθημερινό τρόπο το φαινόμενο. Το σύνολο των καρτών παρουσιαζόταν σε κάθε μαθητή χω-

ριστά και του ζητούνταν να διαβάσει τις κάρτες μια-μία. Αν η κάρτα αναφερόταν σε κάτι που δε γνώριζε το παιδί, την άφηνε στην άκρη. Η ερευνήτρια έλεγε τότε στο παιδί: "Εδώ υπάρχουν κάρτες που μιλάνε για 'πράγματα' που συμβαίνουν στην καθημερινή ζωή. Μπορείς να κάνεις ομάδες και να βάλεις στην ίδια ομάδα τα πράγματα που κατά τη γνώμη σου έχουν κάτι κοινό μεταξύ τους;".

Η δραστηριότητα αυτή του παιδιού αποτελούσε το έναυσμα για μια συζήτηση μαζί του και για μια κλινικού τύπου συνέντευξη, στη διάρκεια της οποίας ζητούνταν από το παιδί να εξηγήσει τα κριτήρια που είχε χρησιμοποιήσει για να κάνει τις κατηγοριοποιήσεις του, να εξηγήσει τους λόγους που είχε κατατάξει κάθε κάρτα-φαινόμενο σε μια ορισμένη κατηγορία και όχι σε μια άλλη, κοκ. (Stavridou & Solomonidou, 1989. Stavridou, 1990).

Σχήμα 4

Κατηγοριοποίηση των 19 φαινομένων με επιστημονικά κριτήρια



Φυσικά φαινόμενα: είναι υλικές μεταβολές στη διάρκεια των οποίων οι αρχικές ουσίες διατηρούνται.

Χημικά φαινόμενα: είναι υλικές μεταβολές στη διάρκεια των οποίων οι αρχικές ουσίες μετατρέπονται σε νέες ουσίες, τελείως διαφορετικές από τις αρχικές.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ότι οι μαθητές έκαναν πολλές και διαφορετικές κατηγοριοποιήσεις των φαινομένων της καθημερινής ζωής, με κριτήρια τόσο καθημερινής όσο και επιστημονικής προέλευσης. Οι εννοιολογικές αλλαγές που συντελέστηκαν ως αποτέλεσμα της διδασκαλίας στο σχολείο έγιναν φανερές τόσο από τις έννοιες-κριτήρια που χρησιμοποίησαν οι μαθητές όσο και από τις ομαδοποιήσεις των φαινομένων που έκαναν, οι οποίες διαφέρουν σημαντικά ανάλογα με την ηλικία των μαθητών.

Αναπαραστάσεις σημασιολογικών κατηγοριών μεμονωμένων μαθητών (τύπου 'μαργαρίτας')

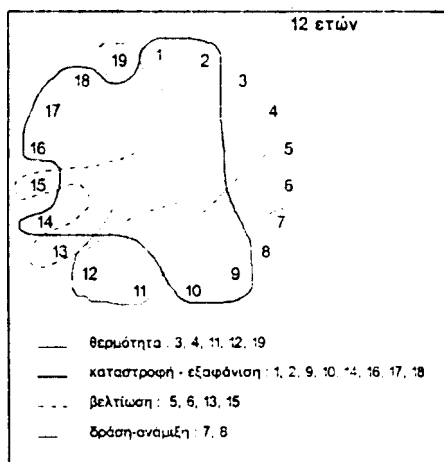
Για την καλύτερη αναπαράσταση των ομαδοποιήσεων κάθε μαθητή επινοήσαμε και χρησιμοποιούμε τις αναπαραστάσεις τύπου "μαργαρίτας", όπως αυτή του Σχήματος 4.

Προκειμένου να υπάρχει ένα μέτρο σύγκρισης των ομαδοποιήσεων των φαινομένων που έκαναν οι μαθητές, παρουσιάζουμε τις επιστημονικές ομαδοποιήσεις των 19 προταθέντων φαινομένων. Αυτές έγιναν σύμφωνα με το επιστημονικό κριτήριο της μεταβολής των αρχικών ουσιών σε άλλες ουσίες ή της διατήρησης των αρχικών ουσιών (χημικά και φυσικά φαινόμενα, αντίστοιχα). Σύμφωνα με το κριτήριο αυτό τα φαινόμενα με αριθμό από 1 έως 9 θεωρούνται ως φυσικά φαινόμενα, ενώ τα υπόλοιπα ως χημικά.

Στα Σχήματα 5 έως 8 που ακολουθούν παρουσιάζονται ενδεικτικές και αντιπροσωπευτικές κατηγοριοποιήσεις που έκαναν μεμονωμένοι μαθητές. Ειδικότερα το Σχήμα 5 παρουσιάζει τις ομαδοποιήσεις φαινομένων που έκανε ένας μαθητής ηλικίας 12 ετών, καθώς και τα κριτήρια ομαδοποίησης που χρησιμοποίησε. Στα υπόλοιπα Σχήματα (6 έως 8) παρουσιάζονται αντίστοιχα οι ομαδοποιήσεις και τα κριτήρια ομαδοποίησης ενός μαθητή 14 ετών, ενός μαθητή 16 ετών και ενός μαθητή 18 ετών. Για κάθε ένα από αυτά τα κριτή-

Σχήμα 5

Κατηγοριοποίηση των 19 φαινομένων από ένα μαθητή 12 ετών



Θερμότητα: "Μέσα στην ομάδα αυτή υπάρχουν όλα όσα μαγειρεύονται, που έχουν μια σχέση με τη θερμότητα."

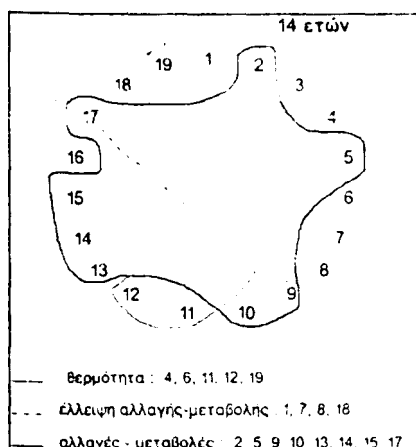
Καταστροφή-εξαφάνιση: "Είναι πράγματα που χαλάνε, ή που χαλάν κάτι άλλο."

Βελτίωση: "Εδώ είναι αυτά που αλλάζουν, αλλά γίνονται καλύτερα."

Δράση-αντίδραση: "Αυτά ανακατώνονται."

Σχήμα 6

Κατηγοριοποίηση των 19 φαινομένων από ένα μαθητή 14 ετών



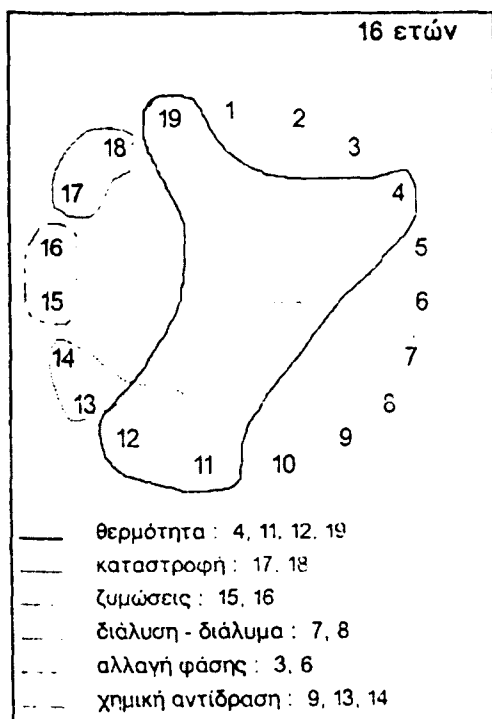
Θερμότητα: “Το κοινό σημείο γι’ αυτή την ομάδα είναι η θερμότητα.”

Έλλειψη αλλαγής-μεταβολής: “Ο χυμός του λεμονιού, που ‘τρώει’ το μάρμαρο, τρώει το μάρμαρο, αλλά είναι πάντα χυμός λεμονιού. Μια πέτρα που πέφτει μένει πάντα μια πέτρα, το αλάτι που ανακατεύεται στη σούπα μένει πάντα αλάτι, η ζάχαρη που ανακατεύεται στο τσάι είναι πάντα ζάχαρη. Δεν υπάρχει μεταβολή.”

Αλλαγές-μεταβολές: “Είναι όταν έχουμε ένα αντικείμενο, αρχικά αυτό ... και ύστερα το σώμα αλλάζει, βρίσκεται σε μια άλλη κατάσταση.”

Σχήμα 7

Κατηγοριοποίηση των 19 φαινομένων από ένα μαθητή 16 ετών



Θερμότητα: “Η θερμότητα σαν κοινό σημείο.”

Καταστροφή: “Η χλωρίνη και ο χυμός του λεμονιού είναι δύο χημικά προϊόντα που προσβάλλουν, που καταστρέφουν.”

Ζυμώσεις: “Το γάλα που ξυνίζει και ο μούστος που γίνεται κρασί είναι δύο μεταβολές που γίνονται από ένζυμα ... από βακτηρίδια.”

Διάλυση-διάλυμα: “Το αλάτι και η ζάχαρη και τα δυο λιώνουν, αναμιγνύονται και σχηματίζουν ένα καινούριο σώμα με τη σούπα και το τσάι, γλυκό ή αλμυρό”

Αλλαγή φάσης: “Η κολώνια που εξατμίζεται και το νερό που βράζει είναι φαινόμενα εξάτμισης.”

Χημική αντίδραση: “Τα φύλλα που σαπίζουν μετατρέπονται σε ένα στρώμα μέσα στο δάσος, προσβάλλονται από βακτηρίδια, ένα μήλο που ωριμάζει είναι το ίδιο πράγμα με ένα καρφί που σκουριάζει, είναι μαζί με το οξυγόνο ... το οξυγόνο και ο σίδηρος με το χρόνο σκουριάζει. Η αντίδραση δεν γίνεται αμέσως, θέλει χρόνο για να γίνει.”

ρια ομαδοποίησης παρατίθεται ένα μικρό απόσπασμα από την συνέντευξη, όπου ο μαθητής εκφράζει το νόημα που έχει γι' αυτόν κάθε κριτήριο.

Στην περίπτωση του μαθητή των 12 ετών οι ομαδοποιήσεις έγιναν με έννοιες-κριτήρια καθημερινής προέλευσης (καταστροφή-εξαφάνιση της ύλης, βελτίωση, ανάμιξη), ενώ κάποια φαινόμενα ομαδοποιήθηκαν διότι απλά σχετίζονται με τη θερμότητα. Στο Σχήμα 6 που ακολουθεί, παρουσιάζονται οι κατηγοριοποιήσεις των φαινομένων από ένα μαθητή 14 ετών. Ο μαθητής αυτός, όπως και άλλοι μαθητές της ίδιας ηλικίας, ομαδοποιούν πολλά φαινόμενα με δύο πρωτοεμφανιζόμενα κριτήρια: “συμβαίνει αλλαγή” και “δε συμβαίνει αλλαγή”. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στο ότι στην ηλικία αυτή αναπτύσσεται ένα νοητικό σχήμα επιστημονικής προέλευσης για την αντίληψη των αλλαγών, στην εμφάνιση του οποίου αποδίδεται η κατάταξη της πλειοψηφίας των φαινομένων στις δύο αυτές κατηγορίες. Το συγκεκριμένο όμως αυτό κριτήριο δεν είναι ακόμα αρκετά

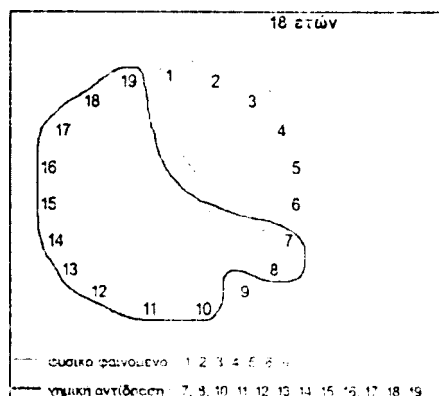
ισχυρό ώστε να προκαλέσει τη διάλυση της ομάδας των φαινομένων που ομαδοποιούνται με το κριτήριο “θερμότητα”, που κι αυτά βεβαίως είναι υλικές μεταβολές.

Στο Σχήμα 7, οι ομαδοποιήσεις και τα κριτήρια του μαθητή 16 ετών επιτρέπουν να διαπιστώσουμε ότι, παρόλη την εμφάνιση κριτηρίων επιστημονικής προέλευσης (ζυμώσεις, διάλυση, αλλαγή φάσης, χημική αντίδραση), η “θερμότητα” εξακολουθεί να είναι ένα ισχυρό κριτήριο ομαδοποίησης, ενώ παραμένει το μη επιστημονικής προέλευσης κριτήριο της “καταστροφής”. Εξαιτίας της ταυτόχρονης ύπαρξης κριτηρίων επιστημονικής και μη επιστημονικής προέλευσης, η έννοια της χημικής αντίδρασης δεν ομαδοποιεί παρά μόνο τρία φαινόμενα.

Όπως δείχνει το Σχήμα 8 που ακολουθεί, ο μαθητής αυτός των 18 ετών ομαδοποιεί με πολύ ικανοποιητικό τρόπο τα 19 φαινόμενα, χρησιμοποιώντας αποκλειστικά και μόνο δύο κριτήρια ομαδοποίησης που έχουν επιστημονική προέλευση: “φυσικό φαινόμενο” - “χημική αντίδραση”.

Σχήμα 8

Κατηγοριοποίηση των 19 φαινομένων από ένα μαθητή 18 ετών



Φυσικό φαινόμενο - Χημική αντίδραση “Σ’ αυτή την ομάδα είναι κυρίως οι χημικές αντιδράσεις που σημαίνει ότι έχει αλλάξει η δομή του σώματος και έπειτα ... στη δεύτερη ομάδα είναι οι φυσικές αντιδράσεις, για παράδειγμα μια πέτρα που πέφτει ή το νερό που παγώνει. Δεν αλλάζει τίποτα στη δομή των σωμάτων, δηλαδή όλα μένουν τα ίδια και αλλάζει μόνο η εξωτερική τους εμφάνιση.”

Όπως ήδη αναφέρθηκε οι αναπαραστάσεις τύπου “μαργαρίτας” μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρουσίαση των σημασιολογικών κατηγοριών μεμονωμένων μαθητών. Η σύγκριση τέτοιων αναπαραστάσεων που αναφέρονται σε διαφορετικές χρονικές περιόδους του ίδιου μαθητή, μπορεί να προσφέρει πληροφορίες για ενδεχόμενες εννοιολογικές αλλαγές που έχουν συντελεστεί σε αυτόν. Το ενδιαφέρον στο είδος αυτό αναπαραστάσεων συνίσταται στο ότι προσφέρουν σαφείς πληροφορίες για την εξέλιξη μιας ή περισσότερων σημασιολογικών κατηγοριών σε σχέση με ένα εμπειρικό πεδίο αναφοράς. Ειδικότερα, η εννοιολογική αλλαγή εκδηλώνεται τόσο μέσα από τις διαφορετικές σημασιολογικές κατηγορίες που χρησιμοποιεί ένα άτομο προκειμένου να κατηγοριοποιήσει ένα δεδομένο σύνολο οντοτήτων, όσο και από τον τρόπο που αυτές εφαρμόζονται και ομαδοποιούν αυτές ή εκείνες τις οντότητες από το σύνολο οντοτήτων που έχει προταθεί.

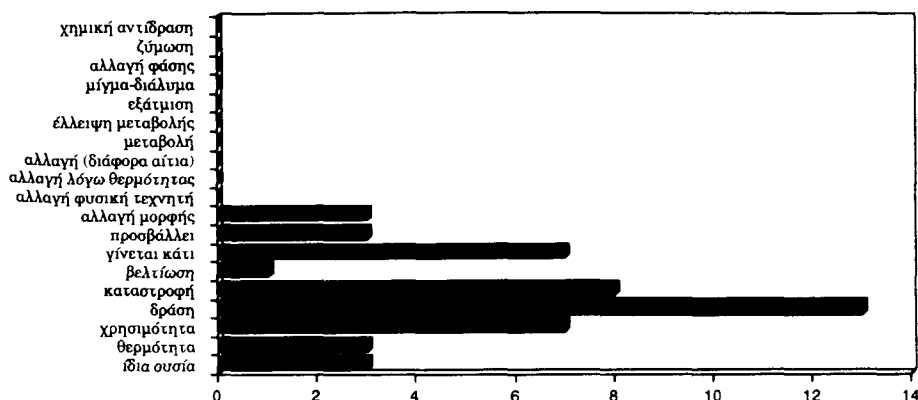
Αναπαραστάσεις σημασιολογικών κατηγοριών ενός συνόλου μαθητών (με ραβδογράμματα)

Για τη συλλογική αναπαράσταση των σημασιολογικών κατηγοριών περισσότερων μαθητών και των ενδεχομένων εννοιολογικών αλλαγών που συμβαίνουν σε αυτούς θεωρούμε ότι η χρήση ραβδογραμμάτων μπορεί να αποτελέσει ένα είδος αναπαράστασης ευέλικτο και χρήσιμο. Τα ραβδογράμματα δίνουν μια συνολική εικόνα των σημασιολογικών κατηγοριών που χρησιμοποιούν περισσότεροι μαθητές σε σχέση με ένα εμπειρικό πεδίο αναφοράς, στην οποία συμπεριλαμβάνονται και δεδομένα για τη συχνότητα εμφάνισης κάθε σημασιολογικής κατηγορίας.

Το Σχήμα 9 παρουσιάζει με μορφή ραβδογράμματος τις σημασιολογικές κατηγορίες που χρησιμοποίησαν οι δέκα μαθητές ηλικίας 11-12 ετών κατά τις ομαδοποιήσεις των 19 φαινομένων. Στον κατακόρυφο άξονα εμφανίζεται η μεγάλη πλειοψηφία των κριτηρίων κατηγοριοποίησης που χρησιμοποιήθηκαν

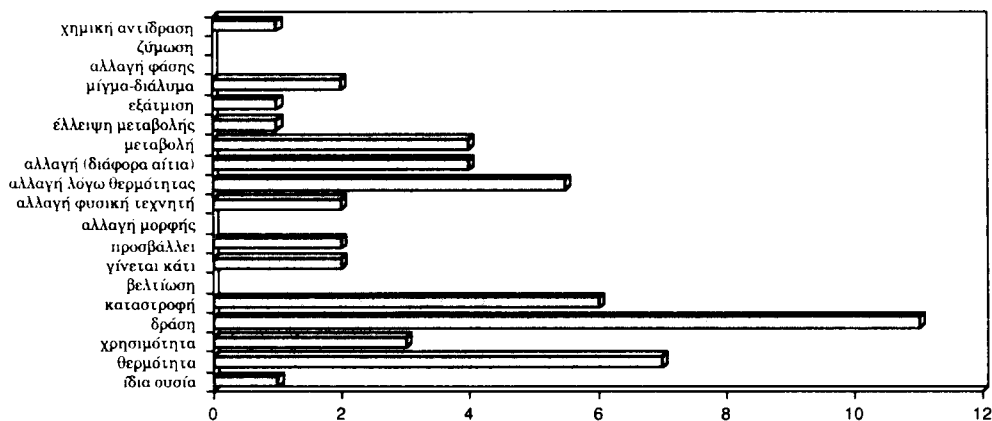
Σχήμα 9

Κατηγοριοποιήσεις των 19 φαινομένων από 10 μαθητές 12 ετών



Σχήμα 10

Κατηγοριοποιήσεις των 19 φαινομένων από 10 μαθητές 14 ετών



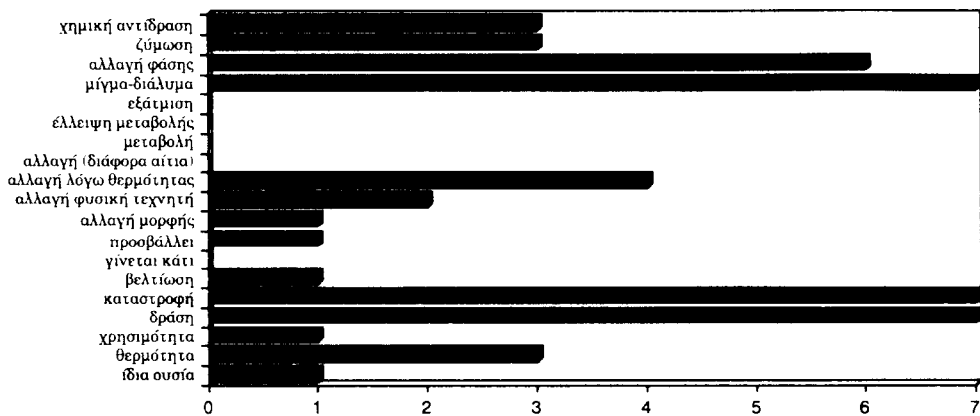
από το σύνολο των 40 μαθητών του δείγματος, ενώ στον οριζόντιο άξονα εμφανίζεται η συχνότητα εμφάνισης του κάθε κριτηρίου για τους 10 μαθητές των 11-12 ετών. Παρόμοια ραβδογράμματα παρουσιάζονται στα Σχήματα 10, 11, 12, για τους δέκα μαθητές ηλικίας 13-14, τους δέκα μαθητές ηλικίας 15-16 και τους

δέκα μαθητές ηλικίας 17-18 ετών, αντίστοιχα.

Από τη σύγκριση των ραβδογραμμάτων που ακολουθούν (Σχήματα 9 έως 12) γίνεται φανερό ότι οι μαθητές μικρότερης ηλικίας χρησιμοποίησαν έννοιες-κριτήρια καθημερινής προέλευσης, ενώ οι μεγαλύτερης ηλικίας μαθητές χρησιμοποίησαν σε μεγαλύτερο

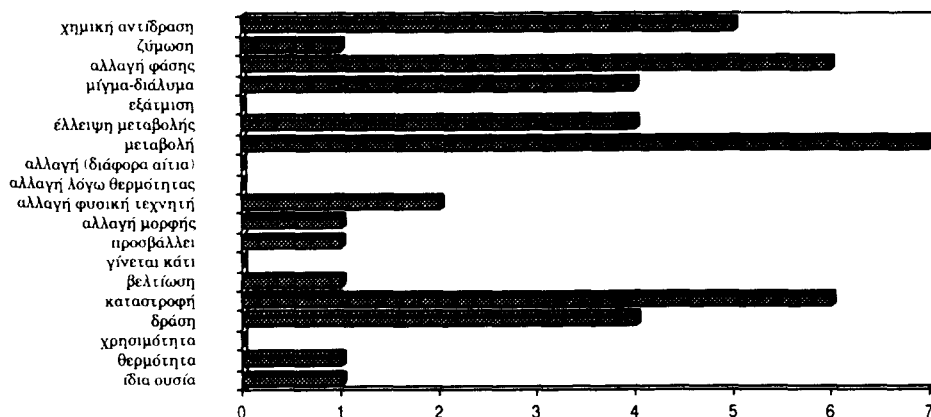
Σχήμα 11

Κατηγοριοποιήσεις των 19 φαινομένων από 10 μαθητές 16 ετών



Σχήμα 12

Κατηγοριοποιήσεις των 19 φαινομένων από 10 μαθητές 18 ετών

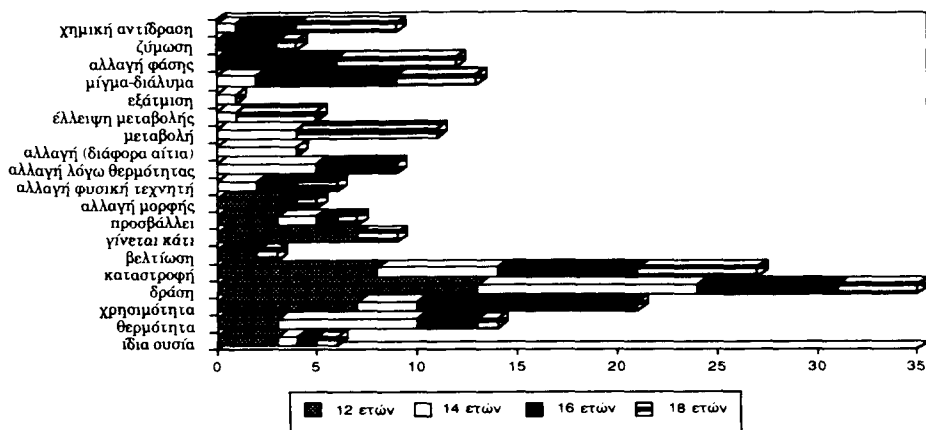


βαθμό έννοιες-κριτήρια επιστημονικής προέλευσης. Η μετατόπιση αυτή της προτίμησης στη χρήση κριτηρίων ομαδοποίησης όλο και πιο επιστημονικών κάνει φανερό και με σαφήνεια τις εννοιολογικές αλλαγές που συντελέστηκαν στους μαθητές, ως αποτέλεσμα της διδασκαλίας στο σχολείο.

Τα συνολικά αποτελέσματα των κατηγοριοποιήσεων των 40 μαθητών του δείγματος παρουσιάζονται στο σύνθετο ραβδόγραμμα του Σχήματος 13. Στο διάγραμμα αυτό εμφανίζονται οι σημασιολογικές κατηγορίες που χρησιμοποίησαν οι μαθητές ως κριτήρια ομαδοποίησης των 19 φαινομένων, καθώς

Σχήμα 13

Κατηγοριοποιήσεις των 19 φαινομένων από το σύνολο των 40 μαθητών



και η συχνότητα χρήσης των κριτηρίων αυτών στις διάφορες ηλικίες.

Το σύνολο των ερευνητικών δεδομένων και των αναπαραστάσεων τους επιτρέπουν να διαπιστώσουμε τις εννοιολογικές αλλαγές που συμβαίνουν στους μαθητές. Ειδικότερα προσδιορίζουν τη γνωστική δομή αφετηρίας των μαθητών και τη βαθμιαία εξέλιξη της δομής αυτής προς μια τελική δομή, σε σχέση με μια συγκεκριμένη γνωστική περιοχή, αυτή των φυσικών και χημικών μεταβολών. Οι εννοιολογικές αλλαγές που συμβαίνουν ως αποτέλεσμα της διδασκαλίας γίνονται φανερές τόσο σε ατομικό επίπεδο με τις αναπαραστάσεις τύπου ‘μαργαρίτας’, όσο και σε συλλογικό επίπεδο με τις αναπαραστάσεις με ραβδογράμματα.

Από τα δεδομένα αυτά προκύπτει ότι οι μαθητές πριν από τη διδασκαλία χρησιμοποιούν ως κριτήρια ομαδοποίησης σημασιολογικές κατηγορίες καθημερινής προέλευσης, όπως η “θερμότητα” (φαινόμενα που οφείλονται στη θερμότητα), η “δράση ή οι ανθρώπινες ενέργειες-πράξεις”, η “χρησιμότητα των προϊόντων”, η “καταστροφή-βελτίωση”, η “αλλαγή μορφής”. Ορισμένες αρχικές σημασιολογικές κατηγορίες, που προέρχονται κυρίως από την καθημερινή ζωή, εγκαταλείπονται σταδιακά σε όφελος άλλων, πιο επιστημονικών. Το γεγονός αυτό σημαίνει ότι νέες σημασιολογικές κατηγορίες δημιουργούνται ως αποτέλεσμα της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών στο σχολείο. Αυτό γίνεται φανερό από το ότι μαθητές μεγαλύτερης ηλικίας και πιο προχωρημένου σχολικού επιπέδου χρησιμοποιούν σημασιολογικές κατηγορίες επιστημονικής κυρίως προέλευσης που διδάσκονται στο σχολείο, όπως π.χ., “χημική αντίδραση”, “αλλαγή φάσης”, “διάλυση”, κλπ. Παρόλη όμως την πρόοδο αυτή, υπάρχουν σημασιολογικές κατηγορίες που δεν

επηρεάζονται καθόλου ή επηρεάζονται ελάχιστα από τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Για παράδειγμα η κατηγορία “καταστροφή-εξαφάνιση της ύλης” χρησιμοποιήθηκε τόσο από νεαρούς μαθητές, που δεν έχουν προηγουμένως διδαχθεί καθόλου φυσικές επιστήμες, όσο και από μεγαλύτερης ηλικίας μαθητές, που τελείωναν τις σπουδές τους στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Σταυρίδου 1992).

Μια άλλη σημαντική ένδειξη για την εννοιολογική αλλαγή είναι το γεγονός ότι μεγαλύτερης ηλικίας μαθητές χρησιμοποιούν πιο συχνά και πιο μεγάλο αριθμό επιστημονικών σημασιολογικών κατηγοριών από τους υπόλοιπους μαθητές. Οι μαθητές αυτοί ομαδοποιούν σωστά με βάση τις κατηγορίες αυτές μεγαλύτερο αριθμό φαινομένων. Η εννοιολογική αλλαγή εκδηλώνεται όχι μόνο από το είδος των σημασιολογικών κατηγοριών που χρησιμοποιούν οι μαθητές, αλλά και από την ‘ομαδοποιητική ικανότητα’ κάθε κατηγορίας, δηλαδή από το ποια και πόσα φαινόμενα ομαδοποιούνται σε αυτή την κατηγορία (όπως προκύπτει από την εξέταση των αναπαραστάσεων τύπου ‘μαργαρίτας’). Σημειώνουμε ότι για τις ανάγκες της εργασίας αυτής ελάχιστα σχολιάσαμε τη σημασία που αποδίδουν στις διάφορες έννοιες οι μαθητές διαφόρων ηλικιών, καθώς και τη λειτουργία των διαφόρων κριτηρίων που χρησιμοποιούν στις ομαδοποιήσεις τους, παρόλο το ενδιαφέρον που έχει η μελέτη αυτή.

Συμπεράσματα

Η ανίχνευση και η αναπαράσταση της εννοιολογικής αλλαγής σε μαθητές διαφόρων ηλικιών είναι ένα σημαντικό ζήτημα για τη διδακτική των φυσικών επιστημών ιδίτι

μπορεί να προσφέρει απαντήσεις σε ερωτήματα που διατυπώσαμε στην αρχή του κειμένου, σχετικά με τη γνωστική δομή αφετηρίας των μαθητών και τη σταδιακή εξέλιξη της γνωστικής δομής από μια αρχική προς μια τελική κατάσταση. Όπως αναφέραμε, υπάρχει η δυνατότητα αναπαράστασης της εννοιολογικής αλλαγής με βάση δύο είδη μοντέλων, με εννοιολογικά δίκτυα και με σημασιολογικές κατηγορίες.

Τα εννοιολογικά δίκτυα είναι αποτελεσματικά και εύχρηστα όταν αναπαριστούν ένα σχετικά μικρό αριθμό εννοιών και τις μεταξύ τους σχέσεις, καθώς και όταν αναφέρονται στη γνωστική οργάνωση μεμονωμένων ατόμων και πάλι για περιορισμένο αριθμό εννοιών. Η κατάσταση εμφανίζεται πολύ πιο περίπλοκη και τα προβλήματα δυσεπίλυτα, όταν επιχειρείται η αναπαράσταση της γνωστικής δομής είτε ευρύτερων γνωστικών περιοχών με πολλές έννοιες, είτε μεγαλύτερου αριθμού υποκειμένων. Δυσκολία επίσης υπάρχει στην αναπαράσταση με εννοιολογικά δίκτυα των εννοιολογικών αλλαγών που σημειώνονται σε μεγάλο -ή και μικρό- αριθμό μαθητών, ως αποτέλεσμα της διδασκαλίας ή άλλων παραγόντων. Η δυσκολία αυτή τείνει να ξεπεραστεί με την αναπαράσταση σε δίκτυο της γνωστικής δομής ενός υποθετικού μέσου μαθητή, γεγονός όμως που δεν επιτρέπει την εξαγωγή ποσοτικών συμπερασμάτων για την εννοιολογική αλλαγή στην ομάδα που μελετάται. Πλεονέκτημα πάντως αυτών των αναπαραστάσεων αποτελεί το γεγονός ότι εμφανίζουν τις σχέσεις μεταξύ διαφόρων εννοιών και το πώς οι σχέσεις αυτές μεταβάλλονται στο χρόνο.

Οι σημασιολογικές κατηγορίες επιτρέπουν την αναπαράσταση της γνωστικής δομής και της εννοιολογικής αλλαγής είτε σε ατομικό είτε σε συλλογικό επίπεδο. Ειδικότε-

ρα, οι αναπαραστάσεις τύπου 'μαργαρίτας' μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμο εργαλείο στη μελέτη μεμονωμένων περιπτώσεων, ενώ ραβδογράμματα μπορούν να προσφέρουν με τρόπο οικονομικό συμπυκνωμένη πληροφορία για τις σημασιολογικές κατηγορίες σημαντικού αριθμού υποκειμένων και για τον τρόπο που αυτές εξελίσσονται στο χρόνο, ως αποτέλεσμα είτε της διδασκαλίας είτε και άλλων παραγόντων. Στις αναπαραστάσεις όμως αυτές δε φαίνονται οι σχέσεις μεταξύ των διαφόρων σημασιολογικών κατηγοριών. Σε αντιστάθμισμα, στις αναπαραστάσεις τύπου 'μαργαρίτας' δίνονται σαφείς πληροφορίες για τη σχέση κάθε σημασιολογικής κατηγορίας με το εμπειρικό πεδίο αναφοράς της, δηλαδή κάθε κατηγορία προσδιορίζεται όχι μόνο από το όνομά της αλλά και δια μέσου των οντοτήτων που ομαδοποιεί. Επιπλέον, οι συχνότητες εμφάνισης κάθε σημασιολογικής κατηγορίας στα ραβδογράμματα επιτρέπουν ποσοτικές εκτιμήσεις για την εννοιολογική αλλαγή σε ομάδα μαθητών.

Οι αναπαραστάσεις με σημασιολογικές κατηγορίες των δεδομένων που προέκυψαν από την έρευνα που πραγματοποιήσαμε επέτρεψαν να γίνουν φανερές εννοιολογικές αλλαγές που συνέβησαν σε δείγμα 40 μαθητών σε σχέση με τη διδασκαλία μιας ορισμένης γνωστικής περιοχής, αυτής των υλικών μεταβολών. Αξίζει να υπενθυμίσουμε ότι η γνωστική αυτή περιοχή οργανώνεται στο πλαίσιο της καθημερινής ζωής με πληθώρα εννοιών καθημερινής προέλευσης, ενώ η ανάπτυξη της επιστημονικής αντίληψης προϋποθέτει την οικοδόμηση των εννοιών της χημικής αντίδρασης και του φυσικού φαινομένου, καθώς και τη σταδιακή αναδιοργάνωση όλης της γνωστικής αυτής περιοχής. Η σταδιακή αυτή αναδιοργάνωση έγινε φανερή τόσο από τη μελέτη των αναπα-

ραστάσεων τύπου “μαργαρίτας”, όσο και των ραβδογραμμάτων που παρουσιάστηκαν. Παρατηρήθηκε ότι μαθητές μικρότερης ηλικίας χρησιμοποίησαν κυρίως κριτήρια μη επιστημονικής προέλευσης, ενώ μαθητές μεγαλύτερης ηλικίας χρησιμοποίησαν όλο και περισσότερο κριτήρια επιστημονικής προέλευσης. Συγχρόνως έγινε φανερό όχι μόνο η μετατόπιση της προτίμησης των μαθητών προς κριτήρια πιο επιστημονικά, καθώς αυτοί προχωρούν στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών, αλλά και η αντίσταση που παρουσίασαν στις αλλαγές ορισμένα κριτήρια που προέρχονται από την καθημερινή ζωή. Μέσα από τις αναπαραστάσεις αυτές είναι δυνατό να παρακολουθήσει κανείς όχι μόνο την πορεία των εννοιολογικών αλλαγών, αλλά και να εντοπίσει σε ποιες περιπτώσεις σημειώνονται αντιστάσεις στην αλλαγή, δηλαδή οι αρχικές εννοιολογικές κατηγορίες δεν επηρεάζονται από τη διδασκαλία. Οι πληροφορίες αυτές μπορεί να καθοδηγήσουν τις αναγκαίες τροποποιήσεις στη διδακτική προσέγγιση των σχετικών εννοιών.

Βιβλιογραφία

- Βοσνιάδου, Σ., & Brewer, W.F. (1988). Θεωρίες της αναδιοργάνωσης της γνώσης κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης. *Σύγχρονη Εκπαίδευση*, 34, 35-45.
- Γιούρη, Α., Σολομωνίδου, Χ., Σταυρίδου, Ε., & Καραγεωργίου, Σ. (1994). Αντιλήψεις μαθητών/ριών Β'θμιας Εκπαίδευσης για την έννοια της χημικής αντίδρασης. *Πρακτικά 15ου Πανελληνίου Συνεδρίου Χημείας, Θεσσαλονίκη*, 475-479.
- Driver, R. (1989). Students' conceptions and the learning of science. *International Journal of Science Education*, vol.11, 5, 481-490.
- Καριώτογλου, Π., Κουμαράς, Π., & Ψύλλος, Δ. (1994). Η ανάπτυξη χάρτη ιδεών των μαθητών και η χρήση του στο σχεδιασμό διδακτικών παρεμβάσεων: η περίπτωση των ρευστών. *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 20-21, 147-170.
- Κωσταρίδου-Ευκλείδη, Α. (1992). *Γνωστική Ψυχολογία*. Θεσσαλονίκη: Art of Text.
- Le Ny, J. F. (1989). *Science cognitive et comprehension du langage*. Paris: PUF.
- Pfundt, H., & Duit, R. (1994). *Bibliography: Students' Alternative Frameworks and Science Education*. 4th edition. University of Kiel.
- Posner, G.J., Strike, K.A., Hewson, P.W., & Gertzog, W.A. (1982). Accomodation of a scientific conception: towards a theory of conceptual change. *Science Education*, 66, 211-227.
- Roch, J. (1983). Network theories of semantic memory and their implications for teaching physics. In *Research on Physics Education: proceedings of the first international workshop, La Londe les Maures-France* (pp. 185-211). Paris: CNRS.
- Σολομωνίδου, Χ., & Σταυρίδου, Ε. (1991). Ιδέες μαθητών/ριών για τις υλικές μεταβολές: Ο ρόλος της καθημερινής γλώσσας στη διαμόρφωσή τους. *Επιθεώρηση Φυσικής*, 20, 11-16.
- Solomonidou, C., & Stavridou, H. (1994). Les transformations des substances, enjeu de l'enseignement de la réaction chimique. *ASTER*, No18, 75-95.
- Solomonidou, C. (1991). *Comment se représenter les substances et leurs interactions? Etude chez de jeunes élèves du collège*. Διδακτορική διατριβή (nouveau régime), Πανεπιστήμιο Paris 7.
- Stavridou, H. (1990). *Le concept de réaction chimique dans l'enseignement secondaire. Etude des conceptions des élèves*. Διδακτορική διατριβή (nouveau régime), Πανεπιστήμιο Paris 7.
- Σταυρίδου, Ε. (1992). Φυσικές και χημικές μεταβολές της ύλης: η ύλη καταστρέφεται; Στο Α.

- Δημητρίου, Α. Ευκλείδη, Μ. Μάνιου-Βακάλη
Ε. Γωνίδα (Εκδ.), *Ψυχολογικές έρευνες στην
Ελλάδα, τόμος 1* (σ. 113-130) Θεσσαλονίκη:
Α.Π.Θ.
- Stavridou, H., & Solomonidou, C. (1989). Physical
phenomena-chemical phenomena: do pupils
make the distinction? *International Journal of
Science Education*, 11(1), 83-92.
- Stavridou, H., & Solomonidou, C. (1993).
Investigating the evolution of pupils'
conceptual categories in science with a
method involving a free categorization task.
*Paper presented at the Fifth European
Conference for Research on Learning and
Instruction, Aix-en-Provence* (Book of
abstracts, p.150).
- Stavridou, H., & Solomonidou, C., Martinand, J.-
L., Viovy, R., & Carretto, J. (1993).
Conceptual change in science and in science
education: the case of the chemical reaction
concept. In A. Bargellini, P.E. Todesco (Eds.),
*Proceedings of the 2nd European Conference
on Research in Chemical Education (2nd
ECRICE)* (pp. 223-228). Pisa.
- West, L., & Pines, L. (1985). *Cognitive structure
and conceptual change*. London: Academic
Press.

ABSTRACT

The detection and representation of pupils' conceptual change is an important issue in science education. Two models can be used to represent conceptual structures and their evolution in time: conceptual networks and semantic categories. In this paper we discuss the characteristics and possibilities of each model and compare their effectiveness in representing conceptual structures and changes. Semantic categories, a method not adequately exploited by educational researchers so far, are in our view a very important model for the representation of conceptual structures and their changes, either for individuals or for large groups of students. This view is supported by the data of the research we realised using clinical interviews, in order to investigate 40 pupils' (aged 12 to 18) conceptions about physical and chemical transformations of matter. The 'daisy' type representations we propose can be used in case studies to visualize an individual's semantic categories, while the bar representations offer compressed information concerning the semantic categories of a large group of students, as well as the way the initial categories change in time, mainly as a result of science teaching. These data and the two representation modes can be useful to guide decision making concerning the teaching of science concepts and phenomena.