



## Σωματιδιακές ιδέες και ερμηνείες δασκάλων για τις αλλαγές κατάστασης των ουσιών

Παπαγεωργίου Γ., Σταμοβλάσης Δ., Johnson P.

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, gpageo@eled.duth.gr

Η εργασία αναφέρεται σε μια έρευνα που υλοποιήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος επαγγελματικής αναβάθμισης των εν ενεργεία εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης και που αφορά στις ιδέες τους για τη σωματιδιακή δομή της ύλης και τις ερμηνείες τους για τις αλλαγές των φυσικών καταστάσεων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι δάσκαλοι διατηρούν παρανοήσεις σχετικά με την δομή της ύλης και τις αλλαγές κατάστασης παρόμοιες με αυτές των μαθητών. Παράλληλα όμως, ελέγχθηκε η αποτελεσματικότητα μιας ειδικά σχεδιασμένης διδακτικής παρέμβασης. Έτσι, μετά την παρέμβαση, τόσο οι ιδέες των δασκάλων για την δομή της ύλης, όσο και οι ερμηνείες τους για τις αλλαγές κατάστασης φάνηκε να βελτιώνονται σημαντικά. Στο πλαίσιο αυτό γίνεται μια συζήτηση για την αποτελεσματικότητα της παρεχόμενης εκπαίδευσης των δασκάλων, καθώς και για τους τρόπους αναβάθμισής της μέσω προγραμμάτων επιμόρφωσης και συνεχούς εκπαίδευσης.

### Εισαγωγή

Οι δυσκολίες που έχουν οι μαθητές στην κατανόηση της δομής της ύλης και των αλλαγών της, έχουν απασχολήσει σε μεγάλο βαθμό τους ερευνητές κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Στις σχετικές έρευνες, κύριο αντικείμενο είναι η φύση και οι ιδιαιτερότητες των δυσκολιών αυτών (π.χ. Andersson 1990, Lee, Eichinger, Anderson, Berkheimer & Blakeslee 1993, Johnson 1998a,b,c, Tytler 2000, Costu & Ayas 2005, Papageorgiou & Johnson 2005, Ιμβριώτη & Καλκάνης, 2007, Νταλαούτη & Τσαπαρλής 2007). Πέρα όμως από τη φύση, σημασία έχει να διερευνηθεί κανείς και την προέλευση των δυσκολιών των μαθητών. Κινούμενος προς την κατεύθυνση αυτή, ο Hashweh (1987) εξέφρασε την άποψη ότι πολλές από τις παρανοήσεις που έχουν διαπιστωθεί σε μαθητές, ίσως προέρχονται από αντίστοιχες παρανοήσεις των δασκάλων τους. Την άποψη αυτή στηρίζουν και έρευνες που έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια σε εκπαιδευτικούς (εν ενεργεία ή κατά τη διάρκεια των σπουδών τους) και δείχνουν ότι υπάρχουν αρκετές ομοιότητες στις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν μαθητές και εκπαιδευτικοί (Kokkotas, Vlachos, & Koulaidis 1998, Çalik & Ayas 2005).

Γενικότερα, οι παρανοήσεις και οι ελλείψεις βασικών γνώσεων που έχουν οι εκπαιδευτικοί στο χώρο των Φυσικών Επιστημών είναι αρκετά σημαντικές, ιδιαίτερα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση (Kokkotas, Vlachos & Koulaidis 1998, Papageorgiou & Sakka 2000, Çalik & Ayas 2005, Costu, Ayas, Niaz, Una & Çalik 2007, Çalik 2008). Αν συνδυάσει κανείς το γεγονός αυτό με την παραπάνω διαπίστωση για τις ομοιότητες μαθητών και εκπαιδευτικών, ενδεχομένως να προβληματιστεί σχετικά με την αποτελεσματικότητα των εκπαιδευτικών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Το ερώτημα συνεπώς, που τίθεται στο σημείο αυτό είναι, πώς θα μπορούσε να βελτιωθεί αυτή η κατάσταση, ώστε να υπάρξει μια καλύτερη ποιότητα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στο σχολείο. Αυτό που κατά διαστήματα έχει προταθεί, είναι η βελτίωση του επιπέδου των γνώσεων των εκπαιδευτικών με την εφαρμογή κατάλληλων επιμορφωτικών προγραμμάτων. Οι προτάσεις αυτές στηρίζονται σε έρευνες που δείχνουν ότι η εφαρμογή ειδικά σχεδιασμένων διδακτικών παρεμβάσεων σε εκπαιδευτικούς, έχει γενικά θετικά

αποτελέσματα στον εμπλουτισμό των γνώσεών τους και στον περιορισμό των παρανοήσεών τους (Kokkotas, Vlachos & Koulidis 1998, Jarvi, Pell & Mckeon 2003, Javis, & Pell 2004, Çalik 2008).

Έτσι, πιο συγκεκριμένα, στον χώρο που αφορά στη δομή της ύλης και τις αλλαγές της, όπου (όπως προαναφέρθηκε) οι δυσκολίες των μαθητών είναι ιδιαίτερα αυξημένες, η βελτίωση των γνώσεων των εκπαιδευτικών και συνεπώς η αποτελεσματικότητά τους, αποτελεί ένα ζητούμενο με ιδιαίτερη σημασία. Το σκεπτικό αυτό οριοθετεί και τα πλαίσια μέσα στα οποία κινείται η παρούσα έρευνα.

## Μεθοδολογία

Στα πλαίσια του γενικότερου στόχου της έρευνας, όπως αυτά καθορίστηκαν παραπάνω, μπορούν να γίνουν διακριτά τα εξής επιμέρους ερευνητικά ερωτήματα:

1. Σε ποιο βαθμό μια κατάλληλα σχεδιασμένη διδακτική παρέμβαση που δίνει έμφαση στη σταδιακή εισαγωγή και αξιοποίηση της σωματιδιακής θεώρησης της ύλης, μπορεί να βοηθήσει εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης να βελτιώσουν τις ιδέες τους για τη δομή των ουσιών;
2. Σε ποιο βαθμό μια τέτοια παρέμβαση μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευτικούς στην περιγραφή και την ερμηνεία των αλλαγών κατάστασης των ουσιών;
3. Σχετίζεται ο βαθμός ανάπτυξης σωματιδιακών ιδεών με την ερμηνεία των αλλαγών κατάστασης των ουσιών;

Στην έρευνα που σχεδιάστηκε για την απάντηση των παραπάνω ερωτημάτων, συμμετείχαν 162 δάσκαλοι της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (68 άνδρες και 94 γυναίκες) από την Ανατολική Μακεδονία και τη Θράκη. Η έρευνα υλοποιήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος επαγγελματικής αναβάθμισης των εκπαιδευτικών. Ανάμεσα στα αντικείμενα που απασχόλησαν το πρόγραμμα αυτό, προβλέφθηκε και μια σειρά μαθημάτων με αντικείμενο τη Χημεία. Εκεί αναπτύχθηκαν θέματα που αφορούσαν στη δομή των ουσιών και στις φυσικές και χημικές αλλαγές τους. Αν και η συνολική διάρκεια των μαθημάτων ήταν 30 ώρες, το μέρος που αφορούσε μόνο στη δομή και τις αλλαγές κατάστασης των ουσιών (και που περιγράφεται στην παρούσα εργασία), διήρκησε 15 ώρες. Ο σχεδιασμός του μέρους αυτού βασίστηκε σε αντίστοιχο σχεδιασμό που είχε γίνει για παρόμοια έρευνα σε μαθητές (Parageorgiou & Johnson 2005), τροποποιημένη βέβαια, λόγω των ιδιαιτεροτήτων που παρουσιάζει ένα δείγμα εκπαιδευτικών σε σχέση με ένα αντίστοιχο μαθητών. Τα σημαντικότερα σημεία της διδακτικής αυτής παρέμβασης ήταν:

- Διάκριση των ιδιοτήτων των υλικών από τις ιδιότητες των αντίστοιχων αντικειμένων - Διάκριση των «καθαρών» ουσιών από τα «μίγματα» των ουσιών.
- Βασικές αρχές της σωματιδιακής θεώρησης των ουσιών και αντιστοιχίσεις με καταστάσεις του μακρόκοσμου.
- Μελέτη των τριών καταστάσεων των ουσιών σε μικροσκοπικό επίπεδο, καθώς και αντιστοιχίσεις τους με μακροσκοπικές ιδιότητες.
- Μελέτη και ερμηνεία των αλλαγών κατάστασης των ουσιών με βάση το σωματιδιακό πρότυπο: τήξη, βρασμός, εξάτμιση και συμπύκνωση. Η κάθε διαδικασία προσεγγίστηκε αρχικά μακροσκοπικά με τη χρήση πειραμάτων και στη συνέχεια οι φυσικές αλλαγές ερμηνεύτηκαν με βάση τη σωματιδιακή θεωρία (μικροσκοπικό επίπεδο και αντιστοιχίσεις με το μακρόκοσμο).



Πίνακας 1: Συνοπτική παρουσίαση των έργων του ερευνητικού εργαλείου.

| Μέρη | Έργο   | Περιγραφή έργου  |
|------|--|--|
| A    | Διερεύνηση σωματιδιακών ιδεών σε σχέση με την ασυνέχεια της ύλης                         | Περιγραφή της μικροσκοπικής εικόνας μιας ουσίας στη στερεή κατάσταση, μιας στην υγρή και μιας στην αέρια.  |
|      | Διερεύνηση σωματιδιακών ιδεών σε σχέση με τα μικροσκοπικά χαρακτηριστικά των σωματιδίων* | Περιγραφή χαρακτηριστικών μεμονωμένων σωματιδίων* ζάχαρης, νερού και οξυγόνου σε θερμοκρασία δωματίου, καθώς και σωματιδίων νερού στις τρεις καταστάσεις |
| B    | Διερεύνηση ιδεών για την τήξη  | Περιγραφή σύστασης και μικροσκοπικής εικόνας κεριού πριν και μετά την τήξη   |
|      | Διερεύνηση ιδεών για το βρασμό   | Περιγραφή σύστασης και μικροσκοπικής εικόνας των καταστάσεων του νερού που συνυπάρχουν κατά το βρασμό  |
|      | Ερμηνεία εξάτμισης   | Περιγραφή και ερμηνεία του φαινομένου της εξάτμισης  |
|      | Ερμηνεία συμπύκνωσης   | Περιγραφή και ερμηνεία του φαινομένου της συμπύκνωσης  |

\* Σε εισαγωγικό κείμενο στο εργαλείο, διευκρινιζόταν ο όρος σωματίδια ως γενικότερος των επιμέρους μορίων, ατόμων κ.λ.π.

Ως ερευνητικό εργαλείο για τη συλλογή των δεδομένων σχεδιάστηκε ένα τεστ με ομαδοποιημένες ερωτήσεις στα πλαίσια των έργων που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1. Το τεστ αυτό, διάρκειας μιας ώρας, συμπληρώθηκε από τους εκπαιδευτικούς πριν από την έναρξη των μαθημάτων (1<sup>η</sup> μέτρηση), ενώ ένα μήνα μετά την παρέμβαση διανεμήθηκε και συμπληρώθηκε εκ νέου (2<sup>η</sup> μέτρηση).

## Αποτελέσματα και Συζήτηση

### A. Δομή των ουσιών

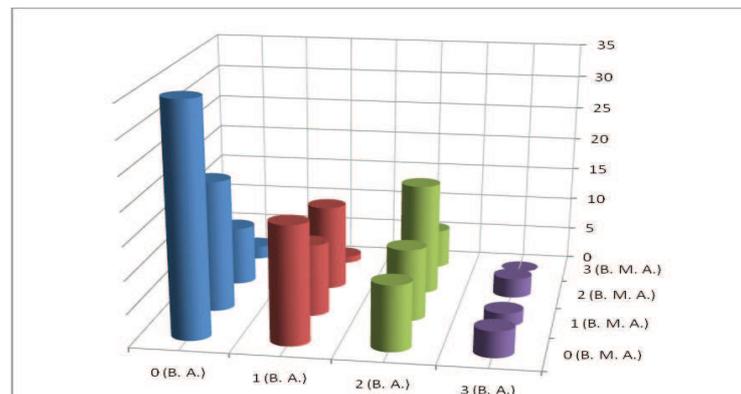
Το Α' μέρος του ερευνητικού εργαλείου σκοπό είχε τη μελέτη των σωματιδιακών ιδεών των δασκάλων. Αυτή κινήθηκε σε δύο διαστάσεις:

1. Στη διάσταση που σχετίζεται με την ασυνέχεια της ύλης - κατά πόσο οι δάσκαλοι αντιλαμβάνονται την ύλη ως συνεχή ή ασυνεχή (σωματιδιακή).
2. Στη διάσταση που σχετίζεται με τις μικροσκοπικές συμπεριφορές των ουσιών - κατά πόσο οι δάσκαλοι αντιλαμβάνονται τις ιδιαιτερότητες του μικρόκοσμου και αποδίδουν μικροσκοπικά (συλλογικά) χαρακτηριστικά στα σωματίδια των ουσιών.

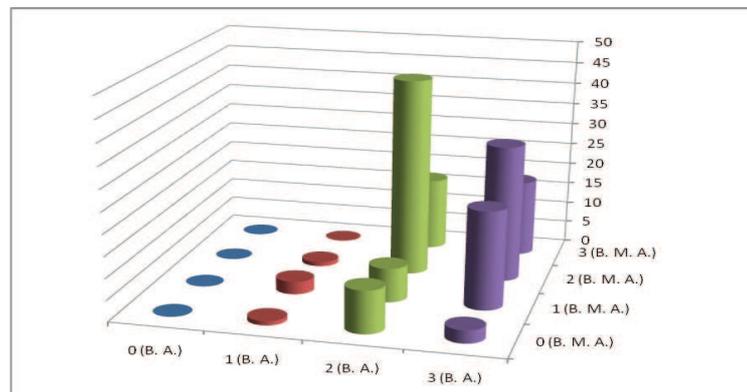
Για τη βαθμολόγηση των απαντήσεων των δασκάλων δημιουργήθηκε ένα βαθμολογικό σχήμα που προέβλεπε την κατηγοριοποίησή τους σε τέσσερις βαθμίδες (0,1,2 και 3), τόσο για την πρώτη διάσταση που αφορά στο βαθμό ασυνέχειας (B.A.), όσο και για τη δεύτερη που αφορά στο βαθμό μικροσκοπικής αντίληψης (B.M.A.). Στη βαθμίδα 0 κατηγοριοποιήθηκαν οι απαντήσεις που δήλωναν ελάχιστη ή καθόλου υιοθέτηση της αντίστοιχης ιδέας, ενώ στην υψηλότερη βαθμίδα (3) κατηγοριοποιήθηκαν αυτοί που φάνηκε να την έχουν υιοθετήσει πλήρως. Στο διάγραμμα 1 παρουσιάζεται η κατανομή των δασκάλων πριν την παρέμβαση στις δύο αυτές διαστάσεις, δηλαδή στο B.A. και στο B.M.A. Η συσσώρευση των δασκάλων στις χαμηλότερες βαθμίδες και για τις δύο διαστάσεις, υποδεικνύει ότι οι ιδέες των εκπαιδευτικών της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης για τη σωματιδιακή υφή των ουσιών απέχουν αρκετά από την αντίστοιχη επιστημονικά αποδεκτή θεώρηση. Βέβαια, η υιοθέτηση των μικροσκοπικών χαρακτηριστικών των σωματιδίων που αποτελούν τις διάφορες ουσίες, έχει κατ' επανάληψη καταγραφεί ως κάτι το ιδιαίτερα δύσκολο (πολύ πιο δύσκολο από την ιδέα της ασυνέχειας) σε έρευνες που αφορούν μαθητές (Johnson 1998a, Parageorgiou & Johnson 2005).

Έτσι, με βάση το γεγονός αυτό, αλλά και τις έρευνες που δείχνουν ότι υπάρχουν αρκετές ομοιότητες στις αντίστοιχες ιδέες μεταξύ δασκάλων και μαθητών (Kokkotas, Vlachos, & Koulaïdis 1998, Çalik & Ayas 2005), θα μπορούσε κανείς να περιμένει σε ένα βαθμό, να υπάρχει αντίστοιχη δυσκολία στη διάσταση της μικροσκοπικής αντίληψης των ουσιών και στους δασκάλους.

**Διάγραμμα 1:** Κατανομή των δασκάλων (απόλυτη συχνότητα) πριν την παρέμβαση στις δύο διαστάσεις, Βαθμό Ασυνέχειας (B.A.) και Βαθμό Μικροσκοπικής Αντίληψης (B.M.A.)



**Διάγραμμα 2:** Κατανομή των δασκάλων (απόλυτη συχνότητα) μετά την παρέμβαση στις δύο διαστάσεις, Βαθμό Ασυνέχειας (B.A.) και Βαθμό Μικροσκοπικής Αντίληψης (B.M.A.).



Εκείνο όμως, που θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως μη αναμενόμενο, είναι η συσσώρευσή τους σε χαμηλές βαθμίδες στη διάσταση της ασυνέχειας της ύλης. Ο αριθμός των εκπαιδευτικών που δεν υιοθετεί την ιδέα ότι οι ουσίες δομούνται από σωματίδια (και μόνο) είναι σημαντικός. Ακόμη, οι κλασσικές εναλλακτικές ιδέες που είναι καταγεγραμμένες στις περιπτώσεις ερευνών που αφορούν μαθητές, όπως η ύπαρξη ύλης μεταξύ των σωματιδίων ή η ίδια η φύση των σωματιδίων (Boz & Boz, 2008), εμφανίζονται και στην παρούσα περίπτωση.

Ωστόσο, είναι σημαντικό ότι η εικόνα αυτή αλλάζει ριζικά μετά την παρέμβαση (Διάγραμμα 2). Όλοι σχεδόν οι εκπαιδευτικοί φαίνεται πλέον να υιοθετούν την ιδέα της ασυνέχειας της ύλης, είτε πλήρως (βαθμίδα 4), είτε σε σημαντικό βαθμό (βαθμίδα 3). Σημεία που προβληματίζουν ακόμη τους εκπαιδευτικούς αφορούν κυρίως στο χώρο ανάμεσα στα σωματίδια, όπου, ως προς τη φύση αυτού του χώρου, οι απαντήσεις δεν είναι ξεκάθαρες. Ως προς τη διάσταση της αντίληψης των μικροσκοπικών χαρακτηριστικών των σωματιδίων, υπάρχει σαφής μετακίνηση των εκπαιδευτικών προς υψηλότερες βαθμίδες.



Έτσι, ο αριθμός των εκπαιδευτικών που βρίσκεται πλέον στις δύο ανώτερες βαθμίδες (3 και 4) είναι σαφώς υψηλότερος απ' ό τι συνήθως παρατηρείται στις αντίστοιχες έρευνες που αφορούν μαθητές, όπου το ποσοστό αυτό κυμαίνεται περίπου στο 50% (Johnson 1998a, Papageorgiou & Johnson 2005, Papageorgiou, Johnson & Fotiades 2008). Ωστόσο, και στην περίπτωση των εκπαιδευτικών, φαίνεται η δυσκολία που υπάρχει σ' αυτήν τη διάσταση. Ο αριθμός των εκπαιδευτικών που δεν μπορεί ακόμη να αποσαφηνίσει το τι αλλάζει μικροσκοπικά κατά την αλλαγή καταστάσεων μιας ουσίας ή σε τι διαφέρουν μικροσκοπικά οι διαφορετικές ουσίες, είναι σημαντικός.

**Πίνακας 2:** Κατανομή των εκπαιδευτικών στις αντίστοιχες βαθμίδες ανά έργο, πριν και μετά την παρέμβαση (Αριθμός εκπαιδευτικών).

| Έργο   | Βαθμίδα | Συχνότητες             |                        |
|--|---------|------------------------|------------------------|
|  |         | 1 <sup>η</sup> Μέτρηση | 2 <sup>η</sup> Μέτρηση |
| Σύσταση του λιωμένου κεριού                  | 0       | 20                     | 0                      |
|  | 1       | 12                     | 1                      |
|  | 2       | 130                    | 161                    |
| Δομή του κεριού πριν και μετά την τήξη       | 0       | 32                     | 3                      |
|  | 1       | 38                     | 3                      |
|  | 2       | 64                     | 10                     |
|  | 3       | 28                     | 146                    |
| Σύσταση των φυσαλίδων                        | 0       | 42                     | 2                      |
|  | 1       | 63                     | 24                     |
|  | 2       | 12                     | 26                     |
|  | 3       | 45                     | 110                    |
| Δομή του νερού στην υγρή και αέρια κατάσταση | 0       | 57                     | 7                      |
|  | 1       | 40                     | 6                      |
|  | 2       | 22                     | 16                     |
|  | 3       | 43                     | 133                    |
| Διαφορές εξάτμισης και βρασμού               | 0       | 43                     | 3                      |
|  | 1       | 2                      | 0                      |
|  | 2       | 47                     | 11                     |
|  | 3       | 70                     | 148                    |
| Ο μηχανισμός της εξάτμισης                   | 0       | 18                     | 4                      |
|  | 1       | 131                    | 36                     |
|  | 2       | 7                      | 69                     |
|  | 3       | 6                      | 53                     |
| Σύσταση των σταγονιδίων συμπύκνωσης          | 0       | 2                      | 0                      |
|  | 1       | 21                     | 8                      |
|  | 2       | 28                     | 7                      |
|  | 3       | 111                    | 147                    |
| Ο μηχανισμός της συμπύκνωσης                 | 0       | 7                      | 2                      |
|  | 1       | 24                     | 13                     |
|  | 2       | 130                    | 125                    |
|  | 3       | 1                      | 22                     |

### *B. Αλλαγές κατάστασης των ουσιών*

Στο Β' μέρος του ερευνητικού εργαλείου, οι φυσικές αλλαγές που διερευνήθηκαν ήταν, η τήξη, ο βρασμός, η εξάτμιση και η συμπύκνωση. Για τη βαθμολόγηση των απαντήσεων των δασκάλων δημιουργήθηκε και πάλι ένα βαθμολογικό σχήμα (βλ. Πίνακα 2) που προέβλεπε την κατηγοριοποίησή τους σε τέσσερις βαθμίδες (0,1,2 και 3), για όλες τις περιπτώσεις εκτός από

μία, που αφορούσε στην τήξη και προέβλεπε (λόγω περιορισμένου εύρους των απαντήσεων) μόνο τρεις βαθμίδες (0, 1 και 2). Στη βαθμίδα 0 κατηγοριοποιήθηκαν οι απαντήσεις που ήταν λανθασμένες, στην υψηλότερη βαθμίδα κατηγοριοποιήθηκαν οι επιστημονικά πλήρως αποδεκτές απαντήσεις, ενώ στις ενδιάμεσες βαθμίδες κατηγοριοποιήθηκαν αντίστοιχα οι ενδιάμεσης ορθότητας απαντήσεις.

Στην περίπτωση της τήξης, οι εκπαιδευτικοί ρωτήθηκαν για τη σύσταση του λιωμένου κεριού και για τη δομή του κεριού πριν και μετά το φαινόμενο (Πίνακας 2). Αν και από την 1<sup>η</sup> μέτρηση, η πλειονότητα των εκπαιδευτικών απάντησε σωστά ως προς τη σύσταση του κεριού μετά την τήξη, σε ορισμένες περιπτώσεις υπήρξαν διαφορετικές απαντήσεις, όπως «υγρό» ή «νερό». Κατ' αντιστοιχία με τις περιπτώσεις μαθητών, η λέξη «νερό» μπορεί να υπονοεί και εδώ την υγρή κατάσταση (Johnson & Gott, 1996). Ως προς την περιγραφή της δομής του κεριού, η κατανομή των εκπαιδευτικών στις τέσσερις βαθμίδες βαθμολόγησης ήταν αρκετά εκτεταμένη κατά την 1<sup>η</sup> μέτρηση, κάτι που προφανώς σχετίζεται με την αντίστοιχη κατανομή ως προς τις σωματιδιακές ιδέες. Όπως φαίνεται και στον Πίνακα 2, οι κατανομές αυτές άλλαξαν κατά τη 2<sup>η</sup> μέτρηση.

Στην περίπτωση του βρασμού, οι εκπαιδευτικοί ρωτήθηκαν για τη σύσταση των φυσαλίδων που παράγονται κατά το βρασμό νερού. Και στην περίπτωση αυτή, οι ιδέες των εκπαιδευτικών κατά την 1<sup>η</sup> μέτρηση ήταν σημαντικά διασκορπισμένες στις τέσσερις βαθμίδες βαθμολόγησης, έχοντας αρκετές ομοιότητες με τις αντίστοιχες των μαθητών. Ανάμεσα στις εναλλακτικές απαντήσεις των εκπαιδευτικών ήταν, «αέρας» και «υδρογόνο και οξυγόνο», ενώ αρκετοί αναφερόταν στην έννοια του αερίου γενικά. Όμοια, η αντίστοιχη κατανομή τους ως προς τη δομή του νερού στην υγρή και στην αέρια κατάσταση (όπου αυτές υπήρχαν στο χώρο του βρασμού) ήταν αρκετά εκτεταμένη, επηρεασμένη προφανώς και πάλι από τις αντίστοιχες σωματιδιακές τους ιδέες. Κατά τη 2<sup>η</sup> μέτρηση η εικόνα αλλάζει με παρόμοιο τρόπο όπως και στην περίπτωση του φαινομένου της τήξης (Πίνακας 2).

Όταν οι εκπαιδευτικοί ρωτήθηκαν για τις διαφορές που υπάρχουν ανάμεσα στο φαινόμενο της εξάτμισης και το φαινόμενο του βρασμού, η πλειονότητά τους κατά την 1<sup>η</sup> μέτρηση έδωσε, είτε μια ικανοποιητική εικόνα των διαφορών αυτών (βαθμίδα 3), είτε μια περιορισμένη (βαθμίδα 2), λαμβάνοντας υπόψη τους παράγοντες «θερμοκρασία» και «ελεύθερη επιφάνεια» του υγρού. Οι συχνότητες που εμφανίζονται στις βαθμίδες 0 και 1, αφορούν απαντήσεις που ήταν ταυτολογίες («εξάτμιση έχουμε όταν το υγρό εξατμίζεται» και «βρασμό όταν αυτό βράζει») ή λανθασμένες αντιλήψεις («ένα υγρό πρώτα βράζει και μετά εξατμίζεται», «βρασμό έχουμε όταν το υγρό θερμαίνεται», κ.λ.π.). Ως προς τον μηχανισμό με τον οποίο γίνεται η αλλαγή κατάστασης κατά τη διάρκειά της εξάτμισης, οι εκπαιδευτικοί κατά την 1<sup>η</sup> μέτρηση, φάνηκε να έχουν αρκετά περιορισμένες ιδέες, γεγονός που τους εμποδίζει να έχουν μια σωστή και ολοκληρωμένη εικόνα του μηχανισμού και άρα αντίστοιχη δυνατότητα ερμηνείας του φαινομένου. Έτσι, αυτοί περιορίστηκαν κυρίως στις βαθμίδες 0 και 1. Οι εκπαιδευτικοί φάνηκε να μην αντιλαμβάνονται την εξάτμιση ως φαινόμενο ανάμιξης της ουσίας που εξατμίζεται με τον αέρα, ούτε να τη θεωρούν ως φαινόμενο μεμονωμένων σωματιδίων. Η εικόνα αυτή φαίνεται να αλλάζει κατά τη 2<sup>η</sup> μέτρηση, αλλά και πάλι τα ποσοστά των εκπαιδευτικών που απέχουν από μια ικανοποιητικά επιστημονική ερμηνεία της εξάτμισης, είναι σημαντικά (Πίνακας 2).

Τέλος, στην περίπτωση του φαινομένου της συμπύκνωσης, όταν οι εκπαιδευτικοί ρωτήθηκαν για τη σύσταση των σταγόνων που δημιουργούνται, οι απαντήσεις τους ήταν σε μεγάλα ποσοστά σωστές, ακόμη από την 1<sup>η</sup> μέτρηση. Κάποιες εναλλακτικές ιδέες ήταν «αέρας» και «οξυγόνο», ενώ σε κάποιες άλλες περιπτώσεις, οι εκπαιδευτικοί αναφερόταν στην αέρια κατάσταση ακόμη και μετά τη συμπύκνωση. Αντίθετα, οι ερμηνείες των εκπαιδευτικών για το μηχανισμό με τον οποίο γίνεται η αλλαγή κατάστασης κατά τη διάρκειά της συμπύκνωσης,



ήταν πολύ επιφανειακές και ουσιαστικά περιοριζόταν στην αναγνώριση του ρόλου της αλλαγής της θερμοκρασίας (βαθμίδα 2). Ακόμη, σε ορισμένες περιπτώσεις υπήρξαν ταυτολογίες ή καθόλου απάντηση (βαθμίδες 1 και 0, αντίστοιχα) (Πίνακας 2). Ας σημειωθεί, ότι η κατάσταση αυτή δε φαίνεται να άλλαξε σημαντικά κατά τη 2<sup>η</sup> μέτρηση, κάτι που υποδεικνύει τη δυσκολία της κατανόησης αυτού του φαινομένου, πέρα από τους μαθητές, και στην περίπτωση των δασκάλων (Johnson 1998a, Parageorgiou & Johnson 2005).

### Γ. Σχέση σωματιδιακών ιδεών και ορθότητας ερμηνειών των αλλαγών κατάστασης

Όπως παρουσιάζεται και στον Πίνακα 3, υπάρχει γενικά συσχέτιση μεταξύ της ανάπτυξης σωματιδιακών ιδεών και της ερμηνείας των αλλαγών κατάστασης κατά την πρώτη μέτρηση. Αυτή φαίνεται να είναι μεγαλύτερη στην περίπτωση που η ερμηνεία των αλλαγών κατάστασης συσχετίζεται με το βαθμό ανάπτυξης της ιδέας της ασυνέχειας της ύλης, παρά στην περίπτωση που συσχετίζεται με το βαθμό ανάπτυξης της μικροσκοπικής αντίληψης του μικρόκοσμου. Ενδεχομένως, αυτό να υποδηλώνει ότι σε μεγάλο βαθμό, η ανάπτυξη της ιδέας της ασυνέχειας της ύλης αποτελεί προϋπόθεση για την ερμηνεία των φυσικών αλλαγών. Κατά τη 2<sup>η</sup> μέτρηση (μετά την παρέμβαση) εξακολουθούν να υπάρχουν συσχετίσεις της ερμηνείας των αλλαγών κατάστασης με το βαθμό ανάπτυξης της ιδέας της ασυνέχειας και με το βαθμό ανάπτυξης της μικροσκοπικής αντίληψης, αλλά δεν είναι τόσο ισχυρές. Αυτό, ενδεχομένως δικαιολογείται από το γεγονός ότι, μετά την παρέμβαση, οι επιδόσεις των εκπαιδευτικών ήταν αρκετά υψηλές, περιορίζοντας έτσι τις διακυμάνσεις σε μικρή κλίμακα και άρα αντίστοιχα, τη σημαντικότητα των συσχετίσεων.

**Πίνακας 3:** Συσχετίσεις του Βαθμού Ασυνέχειας (B.A.) και του Βαθμού Μικροσκοπικής Αντίληψης (B.M.A.) με τις ερμηνείες των αλλαγών κατάστασης των ουσιών.

| Σωματιδιακές ιδέες     |        | Spearman's rho |         |          |            |
|------------------------|--------|----------------|---------|----------|------------|
|                        |        | Τήξη           | Βρασμός | Εξάτμιση | Συμπύκνωση |
| 1 <sup>η</sup> Μέτρηση | B.A.   | 0.44**         | 0.46**  | 0.26**   | 0.16*      |
|                        | B.M.A. | 0.07           | 0.28**  | 0.29**   | 0.05       |
| 2 <sup>η</sup> Μέτρηση | B.A.   | 0.20*          | -0.11   | 0.20*    | 0.19*      |
|                        | B.M.A. | 0.14           | 0.11    | 0.15     | 0.16*      |

\*\*  $p < 0.01$  ; \*  $p < 0.05$

### Συμπεράσματα

Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων συνειδητοποιεί κανείς, το βαθμό στον οποίο οι ενεργειακοί εκπαιδευτικοί της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης έχουν ελλείψεις ως προς τις γνώσεις που καλούνται να διαχειριστούν στη σχολική τάξη. Οι ελλείψεις αυτές εμφανίζονται να είναι αρκετές και σε βαθμό που είναι πολύ πιθανό να επηρεάζουν αρνητικά τη διαδικασία της μάθησης. Η άποψη του Hashweh (1987) ότι πολλές από τις παρανοήσεις που έχουν διαπιστωθεί σε μαθητές, ίσως προέρχονται από αντίστοιχες παρανοήσεις δασκάλων τους, μάλλον ενισχύεται από τα ευρήματα της παρούσας έρευνας. Εκείνο όμως που έχει ιδιαίτερη σημασία, δεν είναι απλά η ίδια η διαπίστωση της κατάστασης αυτής, αλλά τα αίτια που οδήγησαν στην κατάσταση αυτή, καθώς και οι πιθανοί τρόποι αντιμετώπισής της.

Ως προς τα αίτια των ελλείψεων και των παρανοήσεων των δασκάλων, θα πρέπει κανείς μάλλον να ψάξει στο χρόνο και τον τρόπο εκπαίδευσής τους. Αν και η συγκεκριμένη έρευνα δεν περιελάμβανε την αναλυτική διερεύνηση τέτοιων παραμέτρων, οι εκπαιδευτικοί του δείγματος

δήλωσαν ότι, πέραν των βασικών τους σπουδών, δεν είχαν κάποια άλλη συστηματική εκπαίδευση πάνω στο περιεχόμενο των μαθημάτων που δίδασκαν στα σχολεία (η περίπτωση δηλαδή, του συγκεκριμένου προγράμματος επαγγελματικής αναβάθμισης ήταν και η μοναδική ευκαιρία μιας επιπλέον επιμόρφωσης που είχαν). Είναι προφανές επομένως, ότι οι βασικές σπουδές ενός δασκάλου (ανεξάρτητα από τα αναλυτικά στοιχεία του προγράμματος σπουδών) δεν επαρκούν για να καλύψουν το εύρος και τη διάρκεια της μετέπειτα επαγγελματικής του πορείας. Συνεπώς, η άποψη των Jarvis, Pell και Mckeon (2003), ότι η εκπαίδευση των εκπαιδευτικών θα πρέπει να είναι συνεχής και μακροχρόνια, φαίνεται να αποτελεί μια ρεαλιστική πρόταση για μια πιθανή πορεία βελτίωσης αυτής της κατάστασης.

Πέρα όμως από το χρόνο και τη διάρκεια της εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών, σημαντικό είναι να δει κανείς και το περιεχόμενο, καθώς και τη δομή αυτής της εκπαίδευσης. Έτσι, με βάση τα όσα παρουσιάζονται στο τελευταίο μέρος των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας, φαίνεται ότι, τα όποια προβλήματα εμφανίζουν οι εκπαιδευτικοί στην κατανόηση και την ερμηνεία των αλλαγών κατάστασης των ουσιών, σχετίζονται με τις σωματιδιακές ιδέες τους για τη δομή της ύλης. Συνεπώς, μπορεί κανείς να υποθέσει ότι είναι πολύ σημαντικό, τόσο στις βασικές σπουδές ενός δασκάλου, όσο και σε μια πιθανή μελλοντική επιμόρφωσή του, να περιλαμβάνεται μια συστηματικότερη μελέτη της σωματιδιακής δομής της ύλης, ώστε να υποβοηθείται η ανάπτυξη όσο το δυνατόν πιο ολοκληρωμένων και πιο σωστών αντίστοιχων ιδεών από τους δασκάλους. Αυτό, όπως φαίνεται και στην παρούσα έρευνα, μπορεί να τους βοηθήσει περαιτέρω στο να καταλάβουν καλύτερα και τις αλλαγές της φυσικής κατάστασης των ουσιών. Αν θεωρήσουμε λοιπόν, ότι η βελτίωση που παρουσιάζεται στις απαντήσεις των δασκάλων σε σχέση με τις αλλαγές αυτές, μετά την παρέμβαση, οφείλεται κατά ένα μεγάλο μέρος στην καλύτερη κατανόηση της δομής των ουσιών αυτών, τότε ίσως αξίζει να δώσουμε στο μέλλον μεγαλύτερο βάρος κατά την εκπαίδευση των δασκάλων, στην ανάπτυξη τέτοιων σωματιδιακών ιδεών και στη σωστή διαχείρισή τους για την κατανόηση και ερμηνεία, όχι μόνο των αλλαγών κατάστασης αλλά και γενικότερα όλων των φυσικών και χημικών αλλαγών. Αν συνδυάσουμε μια τέτοια προοπτική με το γεγονός που προαναφέρθηκε, ότι δηλαδή υπάρχει άμεση σχέση των γνώσεων των δασκάλων με τις γνώσεις των μαθητών, είναι πολύ πιθανόν να βελτιώσουμε αντίστοιχα με τον τρόπο αυτό, και την ποιότητα της εκπαίδευσης των μαθητών ως προς το χώρο αυτό των Φυσικών Επιστημών.

## Βιβλιογραφία

Ιμβριώτη, Δ., & Καλκάνης, Γ. (2007). Το πρότυπο του μικρόκοσμου στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση – Εκπαιδευτικές προσεγγίσεις για την Ε' και Στ' τάξη του δημοτικού σχολείου – Λογισμικό και αξιολόγηση. 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Ιωάννινα, 248-257.

Νταλαούτη, Π., & Τσαπαρλής, Γ. (2007). Το σωματιδιακό μοντέλο της ύλης – Διδακτική πρόκληση για τη Στ' τάξη του δημοτικού σχολείου. 5ο Πανελλήνιο Συνέδριο για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση, Ιωάννινα, 220-229.

Andersson, B. (1990). Pupils' conceptions of matter and its transformations (age 12-16). *Studies in Science Education*, 18, 53-85.

Boz, N., & Boz, Y. (2008). A Qualitative Case Study of Prospective Chemistry Teachers' Knowledge About Instructional Strategies: Introducing Particulate Theory. *Journal of Science Teacher Education*, 19, 135-156.



Çalik, M., & Ayas, A. (2005). A comparison of level of understanding of eighth-grade students and science student teachers related to selected chemistry concepts. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(6), 638-667.

Çalik, M. (2008). Facilitating students' conceptual understanding of boiling using a four-step constructivist teaching method. *Research in Science & Technological Education*, 26(1), 59-74.

Costou, B., & Ayas, A. (2005). Evaporation in different liquids: secondary students' conceptions. *Research in Science & Technological Education*, 23(1), 75-97.

Costu, B., Ayas, A., Niaz, M., Una, S., & Çalik, M. (2007). Facilitating Conceptual Change in Students' Understanding of Boiling Concept. *Journal in Science & Educational Technology*, 16, 524-536.

Hashweh, M. Z. (1987). Effects of subject matter knowledge in the teaching of biology and physics. *Teaching & Teacher Education*, 3(2), 109-120.

Johnson, P. M. & Gott, R. (1996) Constructivism and evidence from children's ideas, *Science Education*, 80, 561-577.

Jarvis, T., Pell, A., & Mckeon, F. (2003). Changes in primary teachers' science knowledge and understanding during a two-year in-service programme. *Research in Science & Technological Education*, 21(1), 17-42.

Javis, T., & Pell, A. (2004). Primary teaches' changing attitudes and cognition during a two-year science in-service programme and their effect on pupils. *International Journal of Science Education*, 26(14), 1787-1811.

Johnson, P. M. (1998a) Progression in children's understanding of a 'basic' particle theory: A longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20(4), 393-412.

Johnson, P. M. (1998b). Children's understanding of changes of state involving the gas state, Part 1. Boiling water and the particle theory. *International Journal of Science Education*, 20(5), 567- 583

Johnson, P. M. (1998c). Children's understanding of state involving the gas state, Part 2. Evaporation and condensation below boiling point. *International Journal of Science Education*, 20(6), 695-709.

Kokkotas, P., Vlachos, I., & Koulaidis, V. (1998). Teaching the topic of the particulate nature of matter in prospective teachers' training courses. *International Journal of Science Education*, 20(3), 291- 303.

Lee, O., Eichinger, D., Anderson, C., Berkheimer, C., & Blakeslee, T. (1993). Changing middle school students' conceptions of matter and molecules. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(3), 249-270.

Papageorgiou, G., & Sakka, D. (2000). Primary school teachers' views on fundamental chemical concepts. *Chemistry Education Research and Practice in Europe*, 1(2), 237-247.

Papageorgiou, G., & Johnson, P. M. (2005). Do Particle Ideas Help or Hinder Pupils' Understanding of Phenomena? *International Journal of Science Education*, 27 (11), 1299-1317.

Papageorgiou, G., Johnson, P. M., & Fotiades, F. (2008). Explaining melting and evaporation below boiling point. Can software help particle ideas? *Research in Science and Technological Education*, 26(2), 165-183.

Tytler, R. (2000). A comparison of year 1 and year 6 students' conceptions of evaporation and condensation: dimensions of conceptual progression. *International Journal of Science Education*, 22(5), 447-467.