

Διδασκαλία και μάθηση φυσικών φαινομένων με χρήση κατάλληλου λογισμικού στα πλαίσια της σωματιδιακής θεώρησης της ύλης

Γιώργος Παπαγεωργίου¹, Philip Johnson², Φώτης Φωτιάδης¹

¹ Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης,
gparageo@eled.duth.gr

² University of Durham, School of Education

Περίληψη. Η εργασία σκοπό έχει να διερευνήσει το βαθμό στον οποίο ένα κατάλληλα σχεδιασμένο λογισμικό προσομοιώσεων της σωματιδιακής υφής της ύλης μπορεί να βοηθήσει μαθητές Στ' δημοτικού να κατανοήσουν καλύτερα τη δομή της ύλης και να ερμηνεύσουν φαινόμενα τήξης και εξάτμισης με βάση αυτήν. Στην έρευνα συμμετείχαν 24 μαθητές χωρισμένοι σε δύο ομάδες των 12 ατόμων. Για τις ανάγκες της έρευνας σχεδιάστηκαν δύο παράλληλες διδακτικές παρεμβάσεις, 6 ωρών η καθεμιά, στις οποίες γινόταν μελέτη των φαινομένων με χρήση της σωματιδιακής θεωρίας της ύλης, με και χωρίς τη χρήση του λογισμικού, αντίστοιχα. Για τη συλλογή των δεδομένων το δείγμα υποβλήθηκε σε κλινικές συνεντεύξεις πριν και μετά τις παρεμβάσεις. Από τα αποτελέσματα της έρευνας προκύπτει ότι η διδασκαλία της σωματιδιακής θεωρίας βοήθησε τους μαθητές και των δύο ομάδων να κατανοήσουν σε σημαντικό βαθμό τα υπό μελέτη θέματα. Ωστόσο, οι μαθητές που έκαναν χρήση του λογισμικού, χωρίς να έχουν θεαματικές διαφοροποιήσεις από τους υπόλοιπους, φάνηκε να έχουν μεγαλύτερη πρόοδο στην εξέλιξη των σωματιδιακών τους ιδεών και σε γενικές γραμμές έδωσαν περισσότερο συνεπείς και ποιοτικά καλύτερες ερμηνείες.

Εισαγωγή

Η επιλογή του περιεχομένου ενός αναλυτικού προγράμματος είναι ένας από τους παράγοντες που επηρεάζουν καθοριστικά την επίτευξη των αντικειμενικών του στόχων. Στο χώρο της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης, οι μικρές ηλικίες των μαθητών αναγκάζουν πολλές φορές τους σχεδιαστές των αναλυτικών προγραμμάτων που αφορούν στις φυσικές επιστήμες να περιορίζουν το περιεχόμενο που αφορά σε φαινόμενα και καταστάσεις με απλές περιγραφές και να μην προχωρούν σε αναλύσεις και ερμηνείες. Ο περιορισμός αυτός πιθανά να οφείλεται στο γεγονός ότι, κατά καιρούς επικρατούν οι απόψεις εκείνων που υποστηρίζουν ότι η μη ολοκλήρωση της αφαιρετικής σκέψης στις ηλικίες αυτές αποτελεί ανυπέβλητο εμπόδιο για την κατανόηση των φαινομένων αυτών, αφού κάτι τέτοιο θα προαπαιτούσε μια μικροσκοπική ανάλυση της δομής της ύλης (Fensham 1994). Βεβαίως, είναι αλήθεια ότι, αν ένας μαθητής δεν μπορεί να καταλάβει τη μικροσκοπική δομή των ουσιών, δεν θα είναι και σε θέση να κατανοήσει τους μετασχηματισμούς της (Papageorgiou & Johnson 2005).

Ωστόσο, πολλές έρευνες που γίνονται διεθνώς τα τελευταία χρόνια προς την κατεύθυνση της διδασκαλίας της δομής της ύλης (Johnson 1998, Scamp 1999, Nakhleh & Samarapungavan 1999, Tsai 1999, Papageorgiou & Johnson 2005) συγκλίνουν προς την άποψη ότι οι μαθητές μικρής ηλικίας είναι σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό ικανοί απ' ό,τι πιστεύαμε παλιότερα, στο να διαμορφώνουν επιστημονικά αποδεκτές απόψεις για τη δομή της ύλης. Οι έρευνες αυτές φέρνουν στο φως σοβαρές ενδείξεις ότι η «σωματιδιακή θεώρηση» της ύλης μπορεί να γίνει αποδεκτή σε σημαντικό βαθμό και να χρησιμοποιηθεί από τους μαθητές για την ερμηνεία φαινομένων.

Ακόμη, σε σχετικές έρευνες που έγιναν πρόσφατα στην Ελλάδα, διαπιστώθηκε ότι οι μαθητές του δημοτικού σχολείου, ιδιαίτερα αυτοί που είχαν υψηλές επιδόσεις στα σχολικά μαθήματα, μπορούσαν να προσεγγίσουν χωρίς μεγάλη δυσκολία το σωματιδιακό μοντέλο (Γεωργούση κ.ά. 1998, Georgousi et al. 2001). Να σημειωθεί ότι οι ίδιοι συγγραφείς (Νταλαούτη & Τσαπαρλής 2004) έχουν ερευνήσει την εισαγωγή στο δημοτικό σχολείο ενός «στοιχειώδους σύγχρονου κβαντικού ατομικού μοντέλου».

Με βάση τα παραπάνω, έχουν ήδη αρχίσει να ενσωματώνονται διεθνώς στα αναλυτικά προγράμματα σωματιδιακές ιδέες από τις χαμηλές ακόμη βαθμίδες της εκπαίδευσης, όπως για παράδειγμα στην Αγγλία στο πρόγραμμα DfES (2003). Στην Ελλάδα, το νέο αναλυτικό πρόγραμμα για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο 2003) έχει κάνει επίσης βήματα αξιοποίησης των σωματιδιακών ιδεών στην ερμηνεία φυσικών φαινομένων. Παράλληλα, είναι αρκετές πλέον οι προσπάθειες των ερευνητών που θέλουν να διευκολύνουν τη διδασκαλία της μικροσκοπικής δομής της ύλης με τη χρήση αναπαραστάσεων, οπτικοποιήσεων και κατάλληλα σχεδιασμένων προγραμμάτων προσομοίωσης (Ardac & Akaygun 2005, Zacharia 2005).

Κινούμενοι στα πλαίσια των τάσεων αυτών, σχεδιάσαμε μια έρευνα που σκοπό έχει να διερευνήσει το βαθμό στον οποίο ένα κατάλληλο λογισμικό προσομοιώσεων της σωματιδιακής υφής της ύλης μπορεί να βοηθήσει μαθητές Στ' δημοτικού να κατανοήσουν καλύτερα τη δομή της ύλης και να ερμηνεύσουν με βάση αυτήν, φαινόμενα τήξης και εξάτμισης, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο διάφοροι παράγοντες επηρεάζουν την εξάτμιση.

Μεθοδολογία

Στα πλαίσια του γενικότερου στόχου της έρευνας τίθενται τα εξής επιμέρους ερευνητικά ερωτήματα:

1. Σε ποιο βαθμό μια διδακτική παρέμβαση 6 ωρών με χρήση της σωματιδιακής θεωρίας μπορεί να βελτιώσει τις αντιλήψεις μαθητών της Στ' δημοτικού σχετικά με τη δομή της ύλης και τις ερμηνείες τους για τα φαινόμενα της τήξης και της εξάτμισης, καθώς και για τους παράγοντες που επηρεάζουν την εξάτμιση;
2. Σε ποιο βαθμό η κατανόηση της σωματιδιακής φύσης της ύλης σχετίζεται με την ερμηνεία των παραπάνω φαινομένων;
3. Κατά πόσο η χρήση ενός κατάλληλα σχεδιασμένου λογισμικού μπορεί να οδηγήσει σε μια βελτίωση των παραπάνω;
4. Για να δοθούν απαντήσεις στα παραπάνω ερωτήματα σχεδιάστηκε μια σειρά μαθημάτων 6 ωρών για την εισαγωγή και αξιοποίηση της σωματιδιακής θεωρίας, στα οποία περιλαμβάνονταν και η χρήση απλών πειραμάτων, τα κύρια σημεία της οποίας παρουσιάζονται στη συνέχεια:
5. Τα «υλικά» μπορούν να μελετηθούν με βάση τις ιδιότητές τους. Οι ιδιότητες αυτές διαφοροποιούνται από εκείνες των αντίστοιχων «αντικειμένων» που περιέχουν τα υλικά.
6. Οι «ουσίες» μπορούν να διαφοροποιηθούν ως έννοιες από τα «υλικά» με βάση το συγκεκριμένο σημείο τήξης τους.
7. Η στερεή και η υγρή κατάσταση μιας ουσίας έχουν διαφορετικά μακροσκοπικά χαρακτηριστικά, αλλά η μετάβαση από την πρώτη στην δεύτερη κατάσταση (τήξη) δεν μπορεί να ερμηνευτεί αν δεν εξηγηθεί πρώτα η δομή της καθεμιάς.
8. Η σωματιδιακή θεωρία μπορεί να εξηγήσει τη δομή των ουσιών και τους μετασχηματισμούς τους. Γίνεται αναλυτικά η εισαγωγή και η ανάπτυξή της.
9. Με βάση τη σωματιδιακή θεωρία εξηγούνται τα ιδιαίτερα μικροσκοπικά χαρακτηριστικά της κάθε κατάστασης μιας ουσίας. Τι σημαίνει σε μικροσκοπικό επίπεδο μια

αλλαγή κατάστασης; Πώς η θερμοκρασία επηρεάζει μια κατάσταση; Πώς η φύση μιας ουσίας επηρεάζει την κατάσταση στην οποία βρίσκεται σε θερμοκρασία περιβάλλοντος;

10. Ερμηνεία της τήξης.

11. Ερμηνεία του βρασμού.

12. Κατανομή ενέργειας μεταξύ των σωματιδίων μιας ουσίας. Σωματίδια υψηλής και χαμηλής ενέργειας.

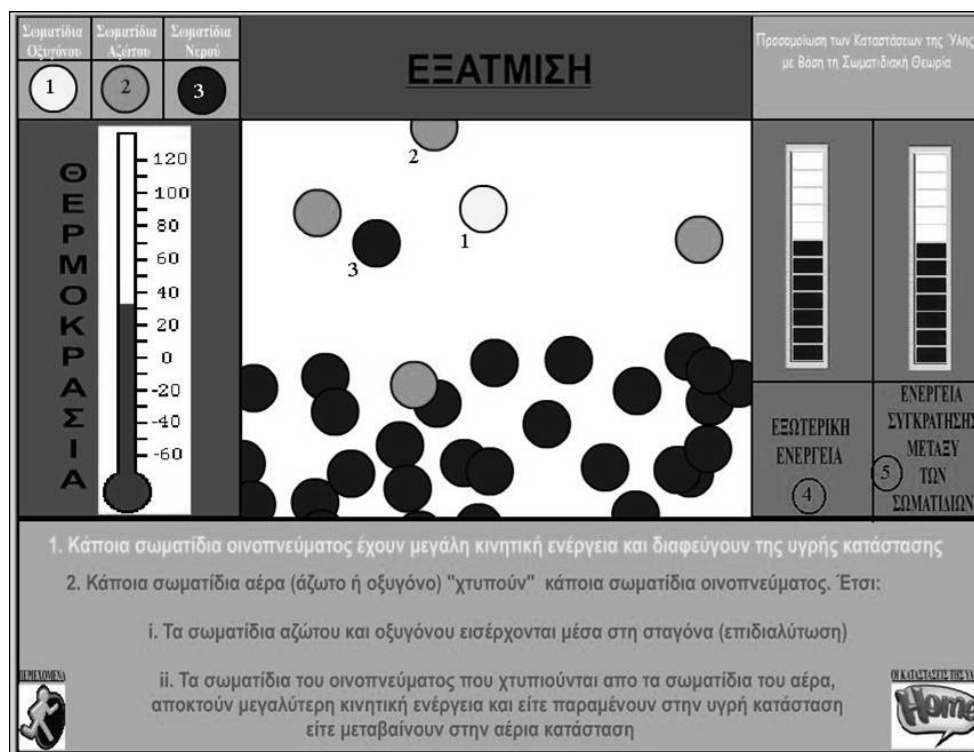
13. Ερμηνεία της εξάτμισης. Πώς τα υψηλής ενέργειας σωματίδια μπορούν και διαφεύγουν από την επιφάνεια ενός υγρού; Ποιος είναι ο ρόλος του αέρα στη διαδικασία της εξάτμισης; Πώς τα σωματίδια των συστατικών του αέρα διεισδύουν στο υγρό που εξατμίζεται;

14. Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την εξάτμιση και με ποιον τρόπο; Αναφορά σε «θερμοκρασία», «ρεύματα αέρα», «ελεύθερη επιφάνεια υγρού» και «διαφορετικές ουσίες». Ερμηνεία φαινομένων που σχετίζονται με την επίδραση αυτών των παραγόντων στη διαδικασία της εξάτμισης.

Παράλληλα με το σχεδιασμό της παραπάνω σειράς των μαθημάτων, σχεδιάστηκε και ένα λογισμικό, στο οποίο ο χρήστης θα μπορούσε να εξερευνήσει μέσα από σωματιδιακά μοντέλα, τη δομή της ύλης, τις ιδιαιτερότητες της κάθε κατάστασής της, τα φαινόμενα της τήξης και της εξάτμισης, καθώς και τους παράγοντες που επηρεάζουν την εξάτμιση (εικόνες 1 και 2). Το λογισμικό σχεδιάστηκε με χρήση του *flash player 6.0* και μπορεί να λειτουργήσει στο περιβάλλον του *internet explorer*. Η χρήση του λογισμικού αυτού προσαρμόστηκε στην παραπάνω σειρά των μαθημάτων.



Εικόνα 1. Η κύρια οθόνη του λογισμικού: Οι ενεργοποιημένες εικόνες 1, 2 και 3, καθώς και οι ενεργοποιημένες λέξεις 4 και 5 μεταφέρουν το χρήστη στο μικρόκοσμο, αντίστοιχα.



Εικόνα 2. Μια από τις οθόνες του λογισμικού, που παρουσιάζει μια μικροσκοπική προσομοίωση της εξάτμισης. Σωματίδια οξυγόνου (1), αζώτου (2) και υγρού (3) συμμετέχουν στο φαινόμενο. Στις περιοχές 4 και 5 υπάρχουν ενδείξεις για θέματα ενέργειας (ενέργεια των σωματιδίων και εξωτερικά προσφερόμενη ενέργεια).

Ως «δείγμα» της έρευνας επιλέχθηκαν 24 μαθητές από το σύνολο των μαθητών της Στ' δημοτικού δύο τάξεων, δύο 6/θέσιων σχολείων αγροτικής περιοχής του νομού Ξάνθης, παρεμφερούς κοινωνικο-οικονομικού επιπέδου. Από κάθε σχολείο επιλέχθηκαν 12 μαθητές, 6 αγόρια και 6 κορίτσια, από τρία στρωματοποιημένα επίπεδα σχολικής επίδοσης (καλό, μέτριο, κακό). Στη μία σχολική τάξη οι 12 αυτοί μαθητές αποτέλεσαν την πειραματική ομάδα (Π.Ο), όπου η διδακτική παρέμβαση είχε ενσωματωμένη τη χρήση του λογισμικού, ενώ στην άλλη τάξη οι 12 μαθητές αποτέλεσαν την ομάδα ελέγχου (Ο.Ε.), όπου η αντίστοιχη παρέμβαση έγινε χωρίς τη χρήση του λογισμικού.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε πριν την τελευταία αλλαγή των διδακτικών βιβλίων του δημοτικού και οι μαθητές δεν είχαν διδαχθεί με βάση το νέο αναλυτικό πρόγραμμα (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο 2003) θέματα δομής και αλλαγών της ύλης με χρήση σωματιδιακών ιδεών. Ωστόσο, στην Ε' δημοτικού οι μαθητές αυτοί είχαν μια πρώτη πολύ σύντομη επαφή με τον μικρόκοσμο στα πλαίσια της περιγραφής της δομής του ατόμου (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο 1999).

Για τη συλλογή των δεδομένων σχεδιάστηκαν ημιδομημένες συνεντεύξεις «κλινικού τύπου», όπου γινόταν χρήση αντικειμένων, εικόνων και απλών πειραμάτων. Μια γενική περιγραφή των έργων που περιλάμβανε το πρωτόκολλο συνέντευξης παρουσιάζεται στον παρακάτω πίνακα 1. Σε κάθε έργο, οι μαθητές θα έπρεπε να ζωγραφίσουν και ένα σχετικό σχήμα, όπου θα απεικονιζόταν αυτό που περιέγραφαν. Οι συνεντεύξεις πραγματοποιήθηκαν περίπου μία εβδομάδα πριν τις παρεμβάσεις (1^η μέτρηση) και ένα μήνα μετά (2^η μέτρηση). Οι συνεντεύξεις ήταν ατομικές και διαρκούσαν περίπου μία ώρα.

Πίνακας 1: Σύντομη περιγραφή των έργων που περιλάμβανε το πρωτόκολλο συνέντευξης.

Έργο	Αντικειμενικός στόχος
1 ^ο	Περιγραφή της δομής ενός κόκκου ζάχαρης.
2 ^ο	Περιγραφή της δομής μιας σταγόνας νερού.
3 ^ο	Περιγραφή της δομής του αέριου οξυγόνου.
4 ^ο	Περιγραφή και συσχέτιση των χαρακτηριστικών των σωματιδίων μιας ουσίας (νερό) που βρίσκεται σε τρεις διαφορετικές καταστάσεις, σε τρεις διαφορετικές θερμοκρασίες.
5 ^ο	Περιγραφή και συσχέτιση των χαρακτηριστικών των σωματιδίων τριών διαφορετικών ουσιών (ζάχαρη, νερό και οξυγόνο) που βρίσκονται σε τρεις διαφορετικές καταστάσεις στην ίδια θερμοκρασία (θερμοκρασία περιβάλλοντος).
6 ^ο	Ερμηνεία του φαινομένου της τήξης μιας ουσίας (κερί) με την επίδραση της θερμότητας.
7 ^ο	Ερμηνεία του φαινομένου της εξάτμισης μιας ουσίας (οινόπνευμα) σε συνθήκες περιβάλλοντος.
8 ^ο	Ερμηνεία της επίδρασης της θερμοκρασίας στο φαινόμενο της εξάτμισης μιας ουσίας (οινόπνευμα). Σύγκριση με και χωρίς τη χρήση αναμμένης λάμπας.
9 ^ο	Ερμηνεία της επίδρασης ρεύματος αέρα στο φαινόμενο της εξάτμισης μιας ουσίας (οινόπνευμα). Σύγκριση με και χωρίς τη χρήση ανεμιστήρα.
10 ^ο	Ερμηνεία της επίδρασης της ελεύθερης επιφάνειας του υγρού στο φαινόμενο της εξάτμισης μιας ουσίας (πετρελαϊκός αιθέρας). Συγκριτική εξάτμιση σε δύο δοχεία με διαφορετικές επιφάνειες.
11 ^ο	Ερμηνεία της επίδρασης της φύσης της ουσίας στο φαινόμενο της εξάτμισης (οινόπνευμα - νερό).

Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν από τις συνεντεύξεις αναλύθηκαν ποιοτικά από τους συγγραφείς. Οι μαθητές εντάχθηκαν σε μοντέλα, ανάλογα με τον τρόπο που αντιλαμβάνονταν τη δομή των υπό μελέτη ουσιών και κατατάχθηκαν σε κατηγορίες ανάλογα με τις ερμηνείες που έδωσαν σχετικά με τα υπό μελέτη φαινόμενα. Για την ένταξή τους σε μοντέλα, χρησιμοποιήθηκαν τα κριτήρια που είχαν εισαχθεί από τον Johnson (1998): Το μοντέλο (X) δέχεται την ύλη ως συνεχή (δεν δέχεται την ύπαρξη σωματιδίων σ' αυτή), τρία μοντέλα (A, B, C) αντιστοιχούν σε ασυνεχή θεώρηση της ύλης (προοδευτική εξέλιξη από το A ως το C, ανάλογα με το βαθμό αποδοχής των σωματιδίων ως «ουσία» με μικροσκοπικά χαρακτηριστικά), ενώ ανάμεσά τους προβλέπονται και μεικτά μοντέλα.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Από την ανάλυση των δεδομένων των συνεντεύξεων προκύπτει ότι υπήρξε και στις δύο ομάδες μια βελτίωση των μαθητών ως προς την ένταξή τους στα (κατά Johnson) μοντέλα για τη δομή της ύλης (πίνακας 2). Αυτό θα μπορούσε να θεωρηθεί μέχρι ενός σημείου, ως αναμενόμενο, αν λάβει κανείς υπόψη του προηγούμενες παρόμοιες έρευνες που έχουν γίνει στο ίδιο πλαίσιο, στην Ελλάδα και την Αγγλία (Johnson 1998, Papageorgiou & Johnson 2005). Ωστόσο, είναι σημαντικό να σημειώσει κανείς ότι, όπως φαίνεται και στον πίνακα 2, η ανάπτυξη των σωματιδιακών ιδεών των μαθητών είχε ήδη αρχίσει στην ηλικία των 11/12 ετών, πριν την παρέμβαση, πιθανώς από ερεθίσματα που, είτε προέρχονταν από την καθημερινότητα (μέσα μαζικής ενημέρωσης, κ.λ.π.), είτε από τα όσα είχαν διδαχθεί σε προηγούμενες τάξεις. Μετά την παρέμβαση, οι ιδέες αυτές ενισχύονται πολύ περισσότερο: Οι μισοί μαθητές και στις δύο ομάδες έχουν κατανοήσει τη δομή της ύλης με τρόπο ώστε να μπορούν να ενταχθούν σε μοντέλα που φτάνουν μέχρι και το B, ενώ οι άλλοι μισοί το έχουν πλέον ξεπεράσει. Ακόμη, είναι ενδιαφέρον ότι οι μαθητές της Π.Ο. έχουν μια καλύτερη κατανομή στα υψηλότερα μοντέλα σε σχέση με την Ο.Ε., αφού 4 από αυτούς έχουν κατακτήσει το υψηλότερο μοντέλο C και 2 βρίσκονται στο BC (πίνακας 2).

Πίνακας 2: Τα σωματιδιακά μοντέλα των μαθητών πριν και μετά την παρέμβαση (αριθμός μαθητών).

Μοντέλο	Ο.Ε.		Π.Ο.	
	Πριν	Μετά	Πριν	Μετά
X	5	-	4	-
XA	3	1	4	-
A	1	1	1	1
AB	2	1	2	3
B	1	3	1	2
BC	-	4	-	2
C	-	2	-	4

Περισσότερο ενδιαφέρον όμως είναι να δει κανείς την επίδραση των σωματιδιακών μοντέλων των μαθητών στον τρόπο με τον οποίο αυτοί ερμηνεύουν τα φαινόμενα της τήξης και της εξάτμισης, καθώς και τους παράγοντες που επηρεάζουν την εξάτμιση. Οι ερμηνείες των μαθητών για τα φαινόμενα αυτά παρουσιάζονται στους πίνακες 3, 4 και 5, αντίστοιχα.

Είναι χαρακτηριστικό ότι πριν την παρέμβαση, αρκετοί μαθητές που έχουν ήδη αναπτύξει σωματιδιακές ιδέες (πίνακας 2), τις χρησιμοποιούν περιστασιακά σε ορισμένες μόνο περιπτώσεις φαινομένων. Ουσιαστική χρήση γίνεται σε ορισμένες περιπτώσεις παραγόντων που επηρεάζουν την εξάτμιση, ίσως γιατί εκεί η σύγκριση που αναγκάστηκαν να κάνουν μεταξύ δύο καταστάσεων (π.χ. εξάτμιση σε χαμηλή και σε υψηλή θερμοκρασία) κατά τη διάρκεια της συνέντευξης, ενεργοποίησε συνολικά τις ιδέες τους για τη σωματιδιακή φύση των ουσιών. Φαίνεται ότι η αξιοποίηση των σωματιδιακών ιδεών δεν είναι εύκολη υπόθεση για τους μαθητές και χρειάζεται μια επιπλέον «εξωτερική βοήθεια». Ως τέτοια βοήθεια φαίνεται να λειτούργησε η σειρά των διδασκαλιών που διεξήχθησαν κατά την παρέμβαση. Έτσι, μετά την παρέμβαση πολλοί περισσότεροι μαθητές αξιοποιούν τις σωματιδιακές ιδέες που έχουν αναπτύξει και τις χρησιμοποιούν με συνέπεια στις ερμηνείες τους σε πολύ περισσότερα φαινόμενα. Το ποσοστό μάλιστα, των μαθητών που ερμηνεύουν τα φαινόμενα με τρόπο που πλησιάζει κατά πολύ τον επιστημονικό (κατηγορίες 1, πίνακες 3, 4 και 5) είναι ιδιαίτερα αξιόλογο.

Αν και στους πίνακες 3, 4 και 5 μπορεί να δει κανείς μια αριθμητική διαφοροποίηση ανάμεσα στους μαθητές των δύο ομάδων ανά κατηγορία, περισσότερο ουσιαστικό είναι ότι υπήρξε επίσης και μια ποιοτική διαφοροποίηση στις απαντήσεις τους: Στις ερμηνείες των

Πίνακας 3: Κατηγορίες ερμηνειών για το φαινόμενο της τήξης (αριθμός μαθητών).

Κατηγορία	Πριν		Μετά	
	Ο.Ε.	Π.Ο.	Ο.Ε.	Π.Ο.
1 Ερμηνείες βασισμένες στα μικροσκοπικά χαρακτηριστικά και τις σχετικές κινήσεις των σωματιδίων του κεριού	-	-	4	6
2 Ερμηνείες βασισμένες στα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά των σωματιδίων του κεριού (λιώνουν ή καταστρέφονται από τη θέρμανση)	4	4	7	5
3 Ερμηνείες στο μακροσκοπικό επίπεδο (το κεριό λιώνει από τη θερμότητα)	6 (3*)	5 (2*)	1*	1*
4 Δεν δόθηκε καμία ερμηνεία (δεν ζωγράρισαν τίποτα)	2	3	-	-

* Ζωγράρισαν σωματίδια, αλλά δεν μπορούσαν να τα χρησιμοποιήσουν στις ερμηνείες τους

Πίνακας 4: Κατηγορίες ερμηνειών για το φαινόμενο της εξάτμισης (αριθμός μαθητών)

Κατηγορία		Πριν		Μετά	
		Ο.Ε.	Π.Ο.	Ο.Ε.	Π.Ο.
1	Ερμηνείες βασισμένες στα μικροσκοπικά χαρακτηριστικά και τις σχετικές κινήσεις των σωματιδίων της αλκοόλης και των συστατικών του αέρα. (αναφορά στη διείσδυση των σωματιδίων του αέρα στο υγρό, διαφυγή σωματιδίων υψηλής ενέργειας της αλκοόλης)	-	-	2	5
2	Ερμηνείες βασισμένες στα μικροσκοπικά χαρακτηριστικά και τις σχετικές κινήσεις των σωματιδίων της αλκοόλης και των συστατικών του αέρα. (δεν γίνεται διάκριση των σωματιδίων «υψηλής ενέργειας» από τα υπόλοιπα σωματίδια της αλκοόλης)	1	-	1	2
3	Ερμηνείες βασισμένες περισσότερο στις κινήσεις των σωματιδίων της αλκοόλης (η αναφορά στον αέρα γίνεται μακροσκοπικά)	-	1	4	3
4	Ερμηνείες στο μακροσκοπικό επίπεδο (εξαιτίας της θερμότητας)	6 (3*)	7 (3*)	2*	2 (1*)
5	Η αλκοόλη απορροφήθηκε (από την επιφάνεια του θρανίου)	4	2	3	-
6	Η αλκοόλη εξαφανίστηκε	1	2	-	-

* Ζωγράφισαν σωματίδια, αλλά δεν μπορούσαν να τα χρησιμοποιήσουν στις ερμηνείες τους

Πίνακας 5: Κατηγορίες ερμηνειών για την επίδραση διαφόρων παραγόντων στη διαδικασία της εξάτμισης (αριθμός μαθητών). Θ: θερμοκρασία / Α: ρεύμα αέρα / Ε: ελεύθερη επιφάνεια υγρού / Ο: ουσία).

Κατηγορία		Πριν		Μετά	
		Ο.Ε.	Π.Ο.	Ο.Ε.	Π.Ο.
		Θ / Α / Ε / Ο	Θ / Α / Ε / Ο	Θ / Α / Ε / Ο	Θ / Α / Ε / Ο
1	Ερμηνείες βασισμένες στα μικροσκοπικά χαρακτηριστικά και τις σχετικές κινήσεις των σωματιδίων	1 / - / 1 / -	- / - / - / -	4 / 3 / 3 / 3	6 / 5 / 5 / 6
2	Ερμηνείες βασισμένες στα μικροσκοπικά χαρακτηριστικά και τις σχετικές κινήσεις των σωματιδίων, αλλά χωρίς αναφορά στην ενεργειακή διαφοροποίηση μεταξύ των σωματιδίων	1 / 1 / 1 / 1	3 / 2 / 2 / 1	2 / 4 / 5 / 3	4 / 5 / 5 / 3
3	Ερμηνείες βασισμένες στα μακροσκοπικά χαρακτηριστικά των σωματιδίων	5 / 5 / - / 1	5 / 4 / - / -	6 / 5 / - / 1	2 / 2 / - / 2
4	Ερμηνείες στο μακροσκοπικό επίπεδο	- / - / 8 / 7	- / - / 8 / 7	- / - / 4 / 4	- / - / 2 / 1
5	Δεν δόθηκε καμία ερμηνεία	5 / 6 / 2 / 3	4 / 6 / 2 / 4	- / - / - / 1	- / - / - / -

μαθητών της Π.Ο. υπήρχε μεγαλύτερη συνέπεια ανάμεσα στα χαρακτηριστικά του σωματιδιακού μοντέλου που ανήκε ο μαθητής και στον τρόπο ερμηνείας των φαινομένων. Υπήρξαν για παράδειγμα, πολύ περισσότεροι μαθητές της Ο.Ε. που ενώ χρησιμοποιούσαν σωστά τις σωματιδιακές ιδέες του μοντέλου που είχαν αναπτύξει για την ερμηνείες κάποιων

φαινομένων, δεν μπορούσαν να προσαρμόσουν τις ιδέες αυτές στο σύνολο των φαινομένων. Έτσι, από τους 6 μαθητές που από κάθε ομάδα είχαν διαμορφώσει ένα μοντέλο υψηλότερο του Β (μετά την παρέμβαση), 4 μαθητές της Ο.Ε. παρουσίασαν αυτήν την εικόνα της «ασυνέπειας», ενώ μόνον ένας από την Π.Ο. (Οι υπόλοιποι 5 μαθητές της Π.Ο. παρουσίασαν συνέπεια στη χρήση των σωματιδιακών ιδεών τους στο σύνολο των φαινομένων που κλήθηκαν να ερμηνεύσουν).

Πάντως, ανεξάρτητα από την ομάδα στην οποία ανήκουν (Π.Ο. ή Ο.Ε.) όλοι οι μαθητές, οι οποίοι μετά την παρέμβαση κατατάχθηκαν στο μοντέλο C, είχαν συνέπεια σ' όλες τις ερμηνείες όλων των φαινομένων. Αυτό ουσιαστικά αποτελεί μια σοβαρή ένδειξη ότι η κατάκτηση της σωματιδιακής θεώρησης της ύλης στο σύνολό της δίνει τη δυνατότητα στο μαθητή να μπορεί να κατανοεί και να ερμηνεύει τα φαινόμενα που μελετά.

Ακόμη, είναι σημαντικό ότι οι περιγραφές και οι ερμηνείες των μαθητών της Π.Ο. μετά την παρέμβαση, ήταν σαφώς επηρεασμένες από τις προσομοιώσεις του λογισμικού και ήταν πληρέστερες και κοντύτερα σ' αυτό που ο διδάσκων κατά τη διάρκεια της παρέμβασης ήθελε να «περάσει» στους μαθητές. Ειδικότερα για την περίπτωση της εξάτμισης, αυτό ήταν καθοριστικό (ίσως γι αυτό υπάρχει και μεγαλύτερη αριθμητική διαφοροποίηση στην κατηγορία 1 του πίνακα 4 ανάμεσα στις δύο ομάδες), αφού οι κινήσεις των σωματιδίων των συστατικών του αέρα, η διείδυσή τους μέσα στη μάζα του υγρού και οι σχετικές κινήσεις των υψηλής ενέργειας σωματιδίων της αλκοόλης ήταν δύσκολο να αποδοθούν χωρίς τη χρήση του λογισμικού.

Συμπεράσματα

Το γεγονός ότι αρκετοί μαθητές είχαν ήδη αναπτύξει σωματιδιακές ιδέες πριν την παρέμβαση συνηγορεί υπέρ της άποψης/ τάσης που υπάρχει διεθνώς να εισάγονται τέτοιες ιδέες στα αναλυτικά προγράμματα χαμηλών βαθμίδων εκπαίδευσης (Παιδαγωγικό Ινστιτούτο 2003, DfES 2003) και έρχεται σε αντίθεση με όσους ερευνητές υποστηρίζουν την ύπαρξη ανυπέρβλητων εμποδίων. Τα αποτελέσματα μετά την παρέμβαση ενισχύουν την άποψη αυτή. Σε κάθε περίπτωση (χρήση ή μη του λογισμικού) η διδασκαλία της σωματιδιακής θεωρίας και η χρήση της για την ερμηνεία των φαινομένων συνέβαλε θετικά στη μάθηση των σχετικών θεμάτων. Οι μισοί από τους μαθητές του δείγματος ξεπέρασαν το μοντέλο Β, κάτι που σημαίνει ότι υπάρχει από αυτούς η δυνατότητα ικανοποιητικής ερμηνείας των φαινομένων που συνήθως απασχολούν την πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Η χρήση όμως του λογισμικού βοήθησε ακόμη περισσότερο στην ολοκλήρωση της πορείας των μαθητών προς το μοντέλο C, κάτι που φαίνεται να διασφαλίζει μεγαλύτερη συνέπεια στις ερμηνείες των μαθητών. Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με το ότι οι ερμηνείες των μαθητών της Π.Ο. ήταν και ποιοτικά καλύτερες, οδηγεί στη σκέψη ότι η διδασκαλία της σωματιδιακής θεωρίας γίνεται ακόμη πιο αποτελεσματική αν συνδυαστεί με τη χρήση προσομοιώσεων. Έτσι, η πορεία που έχει ήδη ξεκινήσει στα Ελληνικά δημοτικά σχολεία με την εισαγωγή της σωματιδιακής θεωρίας μπορεί να βελτιωθεί ακόμη περισσότερο με το σχεδιασμό και τη χρήση κατάλληλων λογισμικών προσομοίωσης.

Ακόμη, σημαντικό είναι να σημειώσει κανείς ότι η εισαγωγή της σωματιδιακής θεωρίας και η εφαρμογή της στην παρούσα έρευνα έγινε μέσα από μια συγκεκριμένη πορεία που ακολουθεί τη λογική της αποφυγής των πρωθύστερων. Η ίδια πορεία είχε ήδη ακολουθηθεί και σε άλλη προσπάθεια των συγγραφέων (Parageorgiou & Johnson 2005) με παρόμοια αποτελέσματα. Ίσως λοιπόν, τα θετικά αυτά αποτελέσματα να σχετίζονται και με την πορεία αυτή, κάτι που ενδεχομένως θα πρέπει να ληφθεί υπόψη στο σχεδιασμό των αντίστοιχων αναλυτικών προγραμμάτων.

Βεβαίως, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας αποτελούν ενδείξεις για τα προσδοκώμενα και θα χρειαστεί να ενισχυθούν στο μέλλον και από άλλες έρευνες. Για

παράδειγμα, θα μπορούσε να γίνει περαιτέρω προσπάθεια, ώστε οι μισοί από τους μαθητές που δεν μπόρεσαν να ξεπεράσουν το μοντέλο B, να βελτιώσουν ακόμη περισσότερο τις σωματιδιακές τους ιδέες. Ακόμη, σημαντικές θα ήταν έρευνες, σχετικές με μια περαιτέρω εφαρμογή της σωματιδιακής θεωρίας σε ερμηνείες πιο σύνθετων φαινομένων σε μεγαλύτερες ίσως ηλικίες. Εξάλλου, η όλη προσπάθεια αποκτά ιδιαίτερο νόημα αν σχεδιαστεί έτσι, ώστε να υπάρχει η δυνατότητα συνέχισής της και αξιοποίησής της σε επόμενες βαθμίδες της εκπαίδευσης.

Παραπομπές

- Γεωργούση Κ., Καμπουράκης Κ. & Τσαπαρλής Γ. (1998). Καλοί μαθητές στη φυσική και στη χημεία του δημοτικού σχολείου: χαρακτηριστικά επιδόσεων, μορφωτικό επίπεδο γονέων, ενδιαφέροντα και στάση προς τις φυσικές επιστήμες. Πρακτικά 1^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση». Εκδόσεις Χριστοδουλίδη, Θεσσαλονίκη, 294-300.
- Νταλαούτη Π. & Τσαπαρλής Γ. (2004). Επιδιώκοντας την αποφυγή προσκόλλησης στο ατομικό μοντέλο του Bohr: διδασκαλία ενός κβαντομηχανικού μοντέλου του ατόμου στο δημοτικό σχολείο. Πρακτικά 4^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες Εκπαίδευσης», σσ. 50-57. Πανεπιστήμιο Αθηνών-ΤΕΑΠΗ, Αθήνα.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (1999). Προγράμματα Σπουδών Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης: Φυσικές Επιστήμες. Εκδ. Παιδαγωγικού Ινστιτούτου, Αθήνα.
- Παιδαγωγικό Ινστιτούτο (2003). Προγράμματα Σπουδών Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης: Φυσικές Επιστήμες. Εκδ. Παιδαγωγικού Ινστιτούτου, Αθήνα.
- Ardac, D. & Akaygun, S. (2005). Using static and dynamic visuals to represent chemical change at molecular level. *International Journal of Science Education*, 27, 1269-1298.
- Department for Education and Skills (DfES) (2003). National strategy: Strengthening the teaching and learning of particles in Key stage 3 science: Resource pack for tutors. Crown copyright, London.
- Fensham, P. (1994). Beginning to teach chemistry. In Fensham, P., Gunstone, R. & White, R. (eds), *The content of science: a constructivist approach to its teaching and learning*. Falmer, London, 14-28.
- Georgousi K., Kampourakis K. & Tsaparlis G. (2001). Physical-science knowledge and patterns of achievement at the primary-secondary interface, Part 2, able and top-achieving students. *Chemistry Education Research and Practice*, 2, 253-263.
- Johnson, P. M. (1998). Progression in children's understanding of a "basic" particle theory: A longitudinal study. *International Journal of Science Education*, 20, 393-412.
- Nakhleh, M. B. & Samarapungavan, A. (1999). Elementary school children's beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 777-805.
- Papageorgiou, G. & Johnson, P.M. (2005). Do particle ideas help or hinder pupils' understanding of phenomena? *International Journal of Science Education*, 27, 1299-1317.
- Skamp, K. (1999). Are atoms and molecules too difficult for primary education? *School Science Review*, 81(295), 87-96.
- Tsai, C-C. (1999). Overcoming Junior high school students' misconceptions about microscopic views of phase change: A study of an analogy activity. *Journal of Science Education and Technology*, 8, 83-91.
- Zacharia, Z. (2005). The impact of interactive computer simulations on the nature and quality of postgraduate science teachers' explanations in physics. *International Journal of Science Education*, 27, 1741-1767.