



Η κατανόηση της σωματιδιακής δομής και των αλλαγών κατάστασης της ύλης σε σχέση με τρεις γνωστικές μεταβλητές

Τσιτσιπής Γ., Σταμοβλάσης Δ., Παπαγεωργίου Γ.

Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης
g_tsits@otenet.gr, estadi@otenet.gr, gpageo@eled.duth.gr

Στην εργασία αυτή μελετάται η κατανόηση της σωματιδιακής δομής και των αλλαγών κατάστασης της ύλης από μαθητές γυμνασίου σε σχέση με τρεις γνωστικές μεταβλητές: τη λογική σκέψη (επίπεδο νοητικής ανάπτυξης), την εξάρτηση/ανεξαρτησία από το πεδίο και την συγκλίνουσα/αποκλίνουσα σκέψη. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με τη συμμετοχή 329 μαθητών τρίτης γυμνασίου (ηλικία 14-15). Μία βηματική πολλαπλή ανάλυση παλινδρόμησης αποκάλυψε ότι όλες οι παραπάνω γνωστικές μεταβλητές ήταν στατιστικά σημαντικές προβλεπτικές μεταβλητές των επιδόσεων των μαθητών. Οι επιδόσεις αυτές αφορούσαν στην κατανόηση της σωματιδιακής δομής της ύλης και των αλλαγών κατάστασης: τήξη, εξάτμιση, βρασμό και συμπύκνωση. Μεταξύ των τριών προβλεπτικών μεταβλητών, το επίπεδο νοητικής ανάπτυξης φαίνεται να έχει την πιο ισχυρή επίδραση. Επιπλέον, δίνεται μια θεωρητική ανάλυση που σχετίζει τη λογική σκέψη και τα γνωστικά στυλ με τη φύση των νοητικών εργασιών που εμπλέκονται όταν πραγματοποιείται η μάθηση του εν λόγω γυμνασιακού επιπέδου επιστημονικού αντικειμένου.

Εισαγωγή

Στις τελευταίες δεκαετίες, πολλές έρευνες έχουν διεξαχθεί προκειμένου να αναδείξουν τις ιδέες των μαθητών που σχετίζονται με τη δομή και τις αλλαγές κατάστασης της ύλης. Όπως προκύπτει από τη βιβλιογραφία, οι διάφορες εννοιολογικές δυσκολίες συνοψίζονται σε γενικές γραμμές στα εξής: Πολλοί μαθητές θεωρούν την ύλη συνεχή, ενώ από εκείνους που υιοθετούν την σωματιδιακή δομή της, αρκετοί δυσκολεύονται να αντιληφθούν την έννοια του κενού χώρου ανάμεσα στα σωματίδια. Έτσι κάποιοι νομίζουν ότι ο χώρος αυτός γεμίζει από διάφορα είδη υλικών, αέρα, σκόνη ή σωματίδια από την ίδια ουσία (Novick & Nussbaum 1978, Lee, Eichinger, Anderson, Berkheimer & Blakeslee 1993, Johnson 1998a). Άλλοι μαθητές θεωρούν τα σωματίδια να είναι μέσα σε μία συνεχή ουσία όπως οι σταφίδες στο σταφιδόψωμο (Lee et al., 1993). Σύμφωνα με αυτή την άποψη «τα σωματίδια είναι πρόσθετα στην ουσία» (Johnson, 1998a). Η εγγενής κίνηση των σωματιδίων (δομικών μονάδων – συνήθως μορίων) φαίνεται επίσης να είναι μια δύσκολη έννοια. Αυτή η κίνηση για τα αέρια αποδίδεται συχνά από τους μαθητές σε χαμηλή βαρύτητα ή στη δράση του αέρα (Novick & Nussbaum 1981, Lee et al. 1993).

Σημαντικές εννοιολογικές δυσκολίες αντανακλώνται στον τρόπο που οι μαθητές κάνουν διάκριση μεταξύ των φάσεων, η οποία δεν είναι πάντα καθαρή ή ολοκληρωμένη. Διάφορες παρανοήσεις μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης οφείλονται στο γεγονός ότι αυτοί θεωρούν τα υγρά να είναι απλώς σε μία ενδιάμεση κατάσταση μεταξύ των στερεών και των αερίων. Σε αυτό το πλαίσιο, οι μαθητές υπερεκτιμούν την αραιώση των σωματιδίων στα υγρά. Επιπλέον, πολλοί από αυτούς πιστεύουν ότι αν και τα σωματίδια στην αέρια και την υγρή κατάσταση είναι σε συνεχή κίνηση, δεν υπάρχει κίνηση σωματιδίων στα στερεά (Dow, Auld & Wilson 1978). Σε άλλη έρευνα, η μοριακή αραιώση στα αέρια έχει βρεθεί υποτιμημένη ενώ η κίνηση των σωματιδίων έχει αγνοηθεί από την πλειοψηφία των μαθητών (Pereira & Pestana 1991).

Επίσης, οι μαθητές έχουν μεγάλη δυσκολία να καταλάβουν ότι οι ιδιότητες κατάστασης της ύλης οφείλονται στην συλλογική συμπεριφορά των σωματιδίων. Συχνά θεωρούν ένα σωματίδιο (συνήθως αναφέρονται στο μόριο) ως μία μικρή ποσότητα από την ουσία η οποία έχει όλες τις μακροσκοπικές ιδιότητες της ουσίας. Αυτό σημαίνει ότι τα μόρια του πάγου θεωρούνται ως παγωμένα ή «στερεά μόρια», τα μόρια του νερού ως «υγρά μόρια» και ούτω καθεξής (Lee et al. 1993, Johnson 1998a). Επιπλέον, τα μόρια περιγράφονται να υφίστανται τις ίδιες αλλαγές με τις ορατές αλλαγές των ουσιών. Έτσι, τα μόρια αρχίζουν να κινούνται όταν ο πάγος λιώνει, τα μόρια του νερού θερμαίνονται και κάνουν το νερό να βράζει ή τα μόρια διαστέλλονται, συστέλλονται, εξατμίζονται, συμπυκνώνονται κ.ο.κ. (Lee et al. 1993).

Όσον αφορά τις αλλαγές κατάστασης, οι Osborne και Cosgrove (1983) διαπίστωσαν ότι ένα πολύ μικρό ποσοστό μαθητών προσπάθησε να ερμηνεύσει αυτά τα φαινόμενα με τρόπο που ενέπλεκε ένα σωματιδιακό μοντέλο. Ερμηνεύοντας την τήξη, αυτοί οι μαθητές υποστήριζαν ότι η θερμότητα κάνει τα σωματίδια να κινηθούν μακρύτερα το ένα από το άλλο. Άλλοι μαθητές προσπάθησαν να ερμηνεύσουν την τήξη λέγοντας ότι «ο πάγος έλιωσε γιατί ήταν πάνω από τη θερμοκρασία τήξης του» ή ότι «απλώς έλιωσε και έγινε νερό». Στην ίδια έρευνα, συνηθισμένες παρανοήσεις σχετικά με το περιεχόμενο των φυσαλίδων μιας ποσότητας νερού που βράζει ήταν ότι: οι φυσαλίδες ήταν φτιαγμένες από θερμότητα, οι φυσαλίδες ήταν φτιαγμένες από αέρα ή οι φυσαλίδες ήταν φτιαγμένες από οξυγόνο και υδρογόνο. Σχεδόν παρόμοιες ιδέες υπήρξαν σχετικά και με τη φύση του ατμού πάνω από το νερό που βράζει. Ένα άλλο αξιοπρόσεκτο σημείο της εν λόγω έρευνας είναι ότι αν και πολλά παιδιά χρησιμοποίησαν τους όρους «εξάτμιση» και «συμπύκνωση» για να περιγράψουν τα αντίστοιχα φαινόμενα, οι πλειοψηφία τους έδειξε μικρή πραγματική κατανόηση αυτών των φαινομένων. Ο Johnson (1998b) συμπέρανε ότι υπάρχει μία μεγάλη συνέπεια μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών σε φαινόμενα όπως η εξάτμιση, η συμπύκνωση και ο βρασμός από τη μια και της κατανόησης της φύσης της αέριας κατάστασης από την άλλη. Η βαθιά κατανόηση της φύσης της αέριας κατάστασης με βάση την σωματιδιακή θεωρία της ύλης αποτελεί ένα θεμελιώδες υπόβαθρο για την κατανόηση όλων των αλλαγών κατάστασης που προαναφέρθηκαν. Εδικά για την εξάτμιση και τη συμπύκνωση, ο Johnson (1998b) έχει διαπιστώσει ότι έως ότου κάποιος κατανοήσει και τις δύο, μπορεί να θεωρηθεί ότι δεν έχει κατανοήσει τίποτα.

Υπό το φως των ποικίλων ερευνητικών ευρημάτων όπως αυτά που προαναφέρθηκαν, έχουν διεξαχθεί διδακτικές παρεμβάσεις με χρήση κατάλληλων διδακτικών μεθόδων προκειμένου να προάγουν την εννοιολογική κατανόηση εκ μέρους των μαθητών. Παρόλα τα θετικά αποτελέσματα των διδακτικών αυτών παρεμβάσεων όμως, οι παρανοήσεις των μαθητών σχετικά με τη σωματιδιακή φύση της ύλης και τις αλλαγές κατάστασης σε σημαντικό βαθμό φαίνονται να διατηρούνται (Lee et al. 1993, Papageorgiou & Johnson 2005, Παπαγεωργίου, Johnson & Φωτιάδης 2007). Έτσι εγείρεται το ερώτημα, τι είναι αυτό που εμποδίζει την κατανόηση. Η μερικώς επιτυχημένη διδασκαλία και το γεγονός ότι ένας αριθμός μαθητών μπορεί να προσεγγίσει την επιστημονική άποψη ενώ ένας άλλος βρίσκεται μακριά από αυτήν συνηγορεί στο ότι οι ατομικές διαφορές, οι οποίες αγνοήθηκαν στις σχετικές μελέτες, ίσως αξίζει να εξεταστούν. Επομένως, αυτό θα ήταν ένα ενδιαφέρον θέμα έρευνας.

Η ταυτότητα της έρευνας

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, η παρούσα εργασία επιδιώκει να φωτίσει το θέμα των δυσκολιών των μαθητών σχετικά με τη σωματιδιακή δομή και τις αλλαγές κατάστασης της ύλης παίρνοντας υπόψη τις ατομικές τους διαφορές. Γνωστικές μεταβλητές όπως η εξάρτηση/ανεξαρτησία από το πεδίο, η συγκλίνουσα/αποκλίνουσα σκέψη και η λογική σκέψη (επίπεδο νοητικής ανάπτυξης) χρησιμοποιούνται σε μία ποσοτική έρευνα για να ερμηνεύσουν



την κατανόηση των συγκεκριμένων θεμάτων εκ μέρους των μαθητών. Πληροφορίες γι αυτές τις γνωστικές μεταβλητές δίνονται πολύ συνοπτικά στη συνέχεια.

A) Εξάρτηση/ανεξαρτησία πεδίου (FDI): Η Εξάρτηση/ανεξαρτησία πεδίου (FDI) είναι ένα γνωστικό στυλ που σχετίζεται με την ικανότητα κάποιου να εντοπίζει σχετική πληροφορία ευρισκόμενη μέσα σε ένα πολύπλοκο πλαίσιο που δημιουργεί σύγχυση (Witkin, Moore, Goodenough & Cox 1977).

B) Συγκλίνουσα/αποκλίνουσα σκέψη (CD): Είναι ένα άλλο γνωστικό στυλ. Συγκλίνουσα σκέψη θεωρείται ότι έχει κάποιος ο οποίος συγκλίνει και εστιάζει στη μία και μοναδική απάντηση ή λύση ενός προβλήματος, ενώ αποκλίνουσα σκέψη, αυτός που είναι ικανός να απαντά επιτυχώς σε προβλήματα που απαιτούν την παραγωγή μερικών ισοδύναμων λύσεων ή να παράγει απαντήσεις και με μία λέξη να αποκλίνει. Οι συγκλίνοντες χρησιμοποιούν αυστηρή λογική ενώ οι αποκλίνοντες δείχνουν ευφράδεια και ευκαμψία (Child & Smithers 1973).

Γ) Λογική σκέψη (LTh): Η λογική σκέψη (επίπεδο νοητικής ανάπτυξης) είναι μία έννοια του Piaget και αναφέρεται στην ικανότητα του υποκειμένου να χρησιμοποιεί τυπική συλλογιστική (formal operational reasoning) (Lawson 1978, 1985).

Οι παραπάνω τρεις γνωστικές μεταβλητές φαίνονται να παίζουν σημαντικό ρόλο σε ένα ευρύ φάσμα εργασιών και να επηρεάζουν την επίδοση των μαθητών στην επιστήμη (Hudson 1966, Field & Poole 1970, Lawson 1982, Chandran, Treagust & Tobin 1987, Lawson & Thomson 1988, Al-Naeme 1991, Niaz 1996, Tinajero & Paramo 1998, Bahar 1999, Kang, Scharmann, Noh & Koh 2005, Danili & Reid 2006). Έτσι, αυτές οι γνωστικές μεταβλητές ίσως είναι επίσης πιθανές προβλεπτικές μεταβλητές της κατανόησης της σωματιδιακής φύσης της ύλης και των φυσικών αλλαγών της όπως η τήξη, η εξάτμιση, ο βρασμός και η συμπύκνωση.

Από την άλλη πλευρά, άλλες γνωστικές μεταβλητές που χρησιμοποιούνται συνήθως, όπως η πρότερη γνώση (prior knowledge), η χωρητικότητα εργαζόμενης μνήμης (working memory capacity) και ο χώρος-M (*M-capacity*) δεν φαίνονται κατάλληλες για να συμπεριληφθούν σε αυτή την έρευνα. Η επίδραση της πρότερης γνώσης στην επίδοση των μαθητών ερευνάται όταν πραγματοποιείται μία διδακτική παρέμβαση και είναι επιθυμητή η σύγκριση μεταξύ των γνώσεων πριν και μετά την παρέμβαση (Chandran et al. 1987), πράγμα το οποίο δεν είναι η περίπτωση αυτής της έρευνας. Επιπλέον, ο χώρος-M (*M-capacity*) και η χωρητικότητα εργαζόμενης μνήμης (working memory capacity) αφορούν την επεξεργασία πληροφορίας και έτσι βρέθηκαν να συσχετίζονται με την ικανότητα των μαθητών στην επίλυση προβλήματος (Niaz 1996, Stamovlasis & Tsaparlis 2005). Παρόλα αυτά, στις γνωστικές εργασίες με χαμηλή απαίτηση επεξεργασίας της πληροφορίας αυτές οι μεταβλητές ίσως δεν αναμένεται να παίζουν μεγάλο ρόλο (Tsaparlis & Angelopoulos 2000). Σχετικά με την παρούσα έρευνα, το εργαλείο το οποίο εφαρμόστηκε για αξιολόγηση της κατανόησης εννοιών και φαινομένων της φυσικής εκ μέρους των μαθητών, δεν απαιτούσε ταυτόχρονη επεξεργασία ενός μεγάλου αριθμού συγκεκριμένων εννοιών ή πράξεων, δηλαδή ενός μεγάλου αριθμού από *chunks*, (Simon 1974) και γι' αυτό η χωρητικότητα εργαζόμενης μνήμης των μαθητών δεν αναμενόταν να περιορίσει την απόδοσή τους. Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, η παρούσα μελέτη ερευνά την επίδραση των τριών γνωστικών μεταβλητών: 1) της λογική σκέψης, 2) της εξάρτησης/ανεξαρτησίας από το πεδίο και 3) της συγκλίνουσας/αποκλίνουσας σκέψης στην κατανόηση εκ μέρους των μαθητών της σωματιδιακής φύσης και των αλλαγών κατάστασης της ύλης.

Η μέθοδος

Υποκείμενα

Αυτή η έρευνα πραγματοποιήθηκε με τη συμμετοχή 329 μαθητών τρίτης γυμνασίου (ηλικία 14-15) από τους οποίους 160 ήταν αγόρια και 169 κορίτσια. Το δείγμα απαρτίστηκε από

όλους τους μαθητές 18 τμημάτων Γ΄ τάξης, κάθε ένα από τα οποία ανήκε σε ένα διαφορετικό σχολείο. Όλα τα σχολεία βρίσκονται στο νομό Φθιώτιδας. Επτά από αυτά βρίσκονται στην πρωτεύουσα (Λαμία), ενώ τα υπόλοιπα 11 είναι σκορπισμένα σε άλλους δήμους του νομού. Όλα τα γυμνάσια της πρωτεύουσας και σχεδόν τα μισά από τα υπόλοιπα γυμνάσια του νομού πήραν μέρος στην έρευνα.

Εργαλεία

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια μιας σχολικής χρονιάς μέσω γραπτών τεστ. Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τα παρακάτω:

Εξάρτηση/ανεξαρτησία από το πεδίο(FDI): Η FDI ικανότητα των υποκειμένων αξιολογήθηκε μέσω μιας έκδοσης ενός τεστ των Witkin, Oltman, Raskin & Karp (1971) που συνίσταται σε μία ομάδα περιστοιχισμένων (κρυμμένων) σχημάτων (Group Embedded Figures Test - GEFT). Αυτό είναι ένα τεστ διάρκειας 20 λεπτών όπου αυτό που ζητείται από τα υποκείμενα είναι να εντοπίσουν και να κάνουν τα περιγράμματα απλών σχημάτων που βρίσκονται κρυμμένα μέσα σε πολύπλοκα σχέδια γραμμών. Ο Cronbach's alpha συντελεστής αξιοπιστίας που αποκτήθηκε σε αυτήν την έρευνα για το εν λόγω εργαλείο ήταν 0.84.

Συγκλίνουσα/αποκλίνουσα σκέψη(CD): Ένα τεστ αποτελούμενο από 6 τμήματα χρησιμοποιήθηκε για να μετρήσει τον βαθμό της αποκλίνουσας σκέψης των υποκειμένων. Κάθε τμήμα, που ουσιαστικά αποτέλεσε και ένα μικρό τεστ από μόνο του, ζητούσε από τους μαθητές να γράψουν λέξεις ή προτάσεις ή να σχεδιάσουν απλές εικόνες που υποβάλλονταν όμως σε κάποιους περιορισμούς π.χ. ίδιο θέμα, κάποια κοινή ιδιότητα κλπ. Το τεστ έχει ευρέως χρησιμοποιηθεί από τον Bahar (1999). Επίσης, έχει χρησιμοποιηθεί από τους Danili και Reid (2006) για μέτρηση της αποκλίνουσας σκέψης ενός δείγματος Ελλήνων μαθητών. Για τις μετρήσεις αυτής της έρευνας, ο συντελεστής αξιοπιστίας Cronbach's alpha του εργαλείου ήταν 0.76.

Λογική σκέψη (LTh): Οι ικανότητες λογικής σκέψης των μαθητών μετρήθηκαν με το γραπτό τεστ τυπικής συλλογιστικής (formal reasoning) του Lawson (1978). Το τεστ καλύπτει τα παρακάτω θέματα: διατήρηση του βάρους, εκτοπιζόμενος όγκος, έλεγχος μεταβλητών, λογική που σχετίζεται με αναλογίες, συνδυαστική λογική και λογική που σχετίζεται με πιθανότητες. Οι μαθητές έπρεπε να δικαιολογήσουν τις απαντήσεις τους. Ο συντελεστής αξιοπιστίας Cronbach's alpha που αποκτήθηκε για το παρόν δείγμα ήταν 0.79.

Η επίδοση των μαθητών στην κατανόηση της σωματιδιακής δομής και των αλλαγών κατάστασης της ύλης: Το τεστ αποτελείται από 9 τμήματα που καλύπτουν τα ακόλουθα θέματα: τη σωματιδιακή φύση της ύλης, τις ιδιότητες κατάστασης ως αποτέλεσμα της συλλογικής συμπεριφοράς των μορίων, την τήξη, τον βρασμό, την εξάτμιση και την συμπύκνωση. Λεπτομερής παρουσίαση ολόκληρου του τεστ γίνεται σε μια πιο εκτεταμένη και αναλυτική δημοσίευση (Tsitsipis, Stamonvlasis & Papageorgiou, in press). Ο συντελεστής αξιοπιστίας Cronbach's alpha που αποκτήθηκε για το παραπάνω εργαλείο και το παρόν δείγμα ήταν 0.86. Το άθροισμα όλων των τμημάτων μέτρησε την *συνολική επίδοση* των μαθητών, η οποία ήταν και η εξαρτημένη μεταβλητή της έρευνας. Είναι αξιοσημείωτο το γεγονός ότι οι απαντήσεις των μαθητών σ' αυτό το τεστ ζητήθηκαν χωρίς προειδοποίηση σχεδόν ένα χρόνο μετά από τη στιγμή που οι μαθητές είχαν διδαχτεί τη σχετική ύλη.

Στατιστική ανάλυση και αποτελέσματα

Ο πίνακας 2 παρουσιάζει τους Pearson συντελεστές συσχέτισης μεταξύ όλων των μεταβλητών που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την έρευνα. Είναι αξιοπροσοχής το γεγονός ότι όλες οι γνωστικές μεταβλητές, δηλαδή η λογική σκέψη (LTh), η εξάρτηση/ ανεξαρτησία από το



πεδίο (FDI) και η συγκλίνουσα/ αποκλίνουσα σκέψη (CD) συσχετίζονται σημαντικά με την εξαρτημένη μεταβλητή που είναι η *συνολική επίδοση* (0,67, 0,42 και 0,40 αντιστοίχως, $p < 0,001$) (Πίνακας 1).

Πίνακας 1. Πίνακας Συσχετίσεων.

Μεταβλητές	1	2	3	4
Εξαρτημένη Μεταβλητή				
1. Συνολική Επίδοση	1,00			
Ανεξάρτητες Μεταβλητές				
2. LTh	0,67*	1,00		
3. FDI	0,42*	0,46*	1,00	
4. CD	0,40*	0,42*	0,35*	1,00

* $p < 0,001$

Η πιο πάνω ανάλυση των συσχετίσεων δίνει τις γραμμικές συσχετίσεις που υπάρχουν μεταξύ των μεταβλητών ανά δύο, όταν η παρουσία των υπόλοιπων μεταβλητών, πέραν των δύο συσχετιζόμενων κάθε φορά, αγνοείται. Προκειμένου να καθοριστεί ποιες ανεξάρτητες μεταβλητές έχουν επίδραση στην εξαρτημένη δεδομένης της παρουσίας και των άλλων ανεξάρτητων μεταβλητών, πραγματοποιήθηκε μια βηματική πολλαπλή ανάλυση παλινδρόμησης. Τα αποτελέσματα συνοψίζονται στον πίνακα 2.

Πίνακας 2. Αποτελέσματα βηματικής παλινδρόμησης των γνωστικών μεταβλητών επί της *Συνολικής Επίδοσης*: Συντελεστές παλινδρόμησης (b_i), τυπικά σφάλματα (seb), τυποποιημένες τιμές των συντελεστών παλινδρόμησης και t & F στατιστικοί έλεγχοι.

	Adj R ²	Εξηγημένη Διακύμανση %	b_i	seb	Z-τιμές των b_i	t	F
1. Συνολική Επίδοση (Εξαρτημένη Μεταβλητή)	0,482	48,2					79,6***
Ανεξάρτητες Μεταβλητές							
LTh		45,6	0,343	0,032	0,568	10,60***	
CD		1,6	0,075	0,030	0,127	2,52*	
FDI		1,0	0,190	0,081	0,122	2,35*	

* $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

Η βηματική πολλαπλή ανάλυση παλινδρόμησης αποκάλυψε ότι και οι τρεις γνωστικές μεταβλητές: λογική σκέψη, εξάρτηση/ανεξαρτησία από το πεδίο και συγκλίνουσα/ αποκλίνουσα σκέψη ήταν στατιστικά σημαντικές προβλεπτικές μεταβλητές των αποτελεσμάτων της *συνολικής επίδοσης* των μαθητών. Και οι τρεις προβλεπτικές μεταβλητές μαζί ερμήνευσαν το 48,2% της διακύμανσης της *συνολικής επίδοσης*. Η λογική σκέψη αποδείχτηκε μακράν η καλύτερη, ερμηνεύοντας το 45,6% της διακύμανσης και η συγκλίνουσα/αποκλίνουσα σκέψη

και εξάρτηση/ανεξαρτησία από το πεδίο ακολουθούν ερμηνεύοντας το 1,6% και 1,0% της διακύμανσης, αντίστοιχα.

Συμπεράσματα και συζήτηση

Τα αποτελέσματα από τη βηματική γραμμική παλινδρόμηση (SLR) (Πίνακας 2) υποστήριξαν την υπόθεση αυτής της έρευνας, ότι και οι τρεις γνωστικές μεταβλητές (LTh, FDI και CD) επηρεάζουν την επίδοση των μαθητών. Από τις τρεις γνωστικές μεταβλητές, η λογική σκέψη (LTh) ήταν μακράν η καλύτερη, ερμηνεύοντας το συντριπτικά μεγαλύτερο μέρος της διακύμανσης των αποτελεσμάτων σχετικά με την *ολική επίδοση* των μαθητών. Αυτά τα αποτελέσματα είναι συνεπή με άλλα ευρήματα προηγούμενων ερευνών που αναφέρουν υπεροχή της λογικής σκέψης ως προβλεπτικής μεταβλητής στην επίδοση μαθητών στην επιστήμη (Chandran et al. 1987, Lawson & Thomson 1988, Kang et al. 2005). Ο Lawson (1985) συμπέρανε ότι «οι ανεπάρκειες στην τυπική συλλογιστική (λογική σκέψη) είναι μια πιθανή αιτία των ανεπαρκειών επίδοσης στην επιστήμη, τα μαθηματικά κλπ.». Αντίστοιχα, τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας υποστηρίζουν την υπόθεση ότι ένα επαρκές επίπεδο λογικής σκέψης εμφανίζεται να είναι αναγκαίο προκειμένου οι μαθητές να κατανοήσουν τη σωματιδιακή φύση της ύλης και τις αλλαγές των φυσικών καταστάσεων.

Το CD γνωστικό χαρακτηριστικό ήταν επίσης μία σημαντική προβλεπτική μεταβλητή των αποτελεσμάτων των μαθητών (Πίνακας 2). Αυτό που εμφανίζεται στα αποτελέσματα της έρευνας είναι ότι οι μαθητές που έχουν αποκλίνουσα σκέψη ευνοήθηκαν στο θέμα της κατανόησης της σωματιδιακής δομής της ύλης και των φυσικών αλλαγών της. Ίσως αυτό να φαίνεται αντιφατικό εκ πρώτης όψεως, αφού οι ερευνητικές αναφορές διαπιστώνουν ότι εκείνοι που κυρίως δείχνουν κλίση για την επιστήμη είναι συγκλίνοντες (Hudson 1966). Παρόλα αυτά, μια προσεκτικότερη ματιά στο μαθησιακό υλικό εξηγεί αυτή την ασυνέπεια. Οι νοητικές διεργασίες που εμπλέκονται σε θέματα μάθησης αυτής της περιοχής της γυμνασιακής ύλης της φυσικής, η οποία περιλαμβάνει την σωματιδιακή δομή και τις αλλαγές κατάστασης της ύλης, δεν είναι ανάλογες προς τις διεργασίες που εμπλέκονται στη λύση απαιτητικών προβλημάτων τα οποία έχουν μοναδικές λύσεις που θα πρέπει να εξαχθούν μέσα από την επεξεργασία των διαθέσιμων πληροφοριών, πράγμα το οποίο θα ευνοούσε τους συγκλίνοντες (Child & Smithers 1973). Από την άλλη πλευρά, το περιεχόμενο της επιστημονικής ύλης που το αξιολογικό εργαλείο (τεστ) κάλυψε σ' αυτή την έρευνα, περιλαμβάνει μια ποικιλία εννοιών, ιδιοτήτων και μοντέλων που απαιτούν λεπτομερείς περιγραφές προκειμένου να κατανοηθούν όταν μελετώνται ή διδάσκονται. Γι' αυτό το λόγο είναι λογικό να υποθεθεί ότι οι γλωσσικές δεξιότητες ίσως έχουν παίξει σπουδαίο ρόλο στην κατανόηση των σχετικών επιστημονικών θεμάτων εκ μέρους των μαθητών. Οι γλωσσικές δεξιότητες, όπως η κατανόηση και η ερμηνεία ενός επιστημονικού κειμένου, θεωρούνται ύψιστης σπουδαιότητας για τη λογική επιστημονική σκέψη (Byrne, Johnstone & Pope 1994). Οι μαθητές, όμως, που δείχνουν υπεροχή στη γλώσσα θεωρούνται ότι είναι οι έχοντες αποκλίνουσα σκέψη (Hudson 1966, Runco 1986, Danili & Reid 2006). Σχέσεις μεταξύ της αποκλίνουσας σκέψης και της επιστήμης έχουν επίσης αναφερθεί στη βιβλιογραφία. Ο Hudson (1966) σημείωσε σχετικά ότι οι συγκλίνοντες τείνουν να επιλέγουν τις επιστήμες, αλλά οι αποκλίνοντες που τελικά επιλέγουν τις επιστήμες πηγαίνουν πάρα πολύ καλά. Στη συνέχεια, άλλα ερευνητικά ευρήματα ήταν συνεπή με τον ισχυρισμό του Hudson (Al-Naeme 1991, Field & Poole 1970).

Το γνωστικό στυλ της εξάρτησης/ανεξαρτησίας από το πεδίο ήταν η τρίτη σημαντική προβλεπτική μεταβλητή της *ολικής επίδοσης* των μαθητών (Πίνακας 2). Οι ανεξάρτητοι από το πεδίο μαθητές ήταν εκείνοι που είχαν καλύτερη επίδοση. Αυτό το αποτέλεσμα είναι συνεπές με άλλα ευρήματα σε προηγούμενες έρευνες, οι οποίες έδειξαν ότι η ανεξαρτησία από το πεδίο



είναι ένα νοητικό προσόν σχετικά με την γενική επίδοση στην επιστήμη (Lawson 1983, Niaz 1996, Tinajero & Paramo 1998, Kang et al. 2005, Stamovlasis & Tsaparlis 2005, Danili & Reid 2006). Μπορεί να συναχθεί, ότι οι ικανότητα των ανεξάρτητων από το πεδίο μαθητών να ξεχωρίζουν εύκολα τη σημαντική πληροφορία από το πλαίσιο της (Witkin & Goodenough 1981) ή αντίστοιχα το *σήμα* από το *θόρυβο*, τους πρόσφερε ένα σοβαρό πλεονέκτημα είτε στη μελέτη τους ή κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας.

Βιβλιογραφία

Παπαγεωργίου, Γ., Johnson, P., & Φωτιάδης, Φ. (2007). Διδασκαλία και μάθηση φυσικών φαινομένων με χρήση κατάλληλου λογισμικού στα πλαίσια της σωματιδιακής θεώρησης της ύλης. Πρακτικά του 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιωάννινα, Μάρτιος 15-18.

Al-Naeme, F. F. A. (1991). The influence of various learning styles on practical problem-solving in chemistry in Scottish secondary schools. Ph.D. Thesis, University of Glasgow.

Bahar, M. (1999). Investigation of Biology student's cognitive structure through word association tests, mind maps and structural communication grids, Ph.D. Thesis, University of Glasgow.

Byrne, M., Johnstone, A. & Pope, A. (1994), Reasoning in science: a language problem revealed? *School Science Review*, 75(272), 103-107.

Chandran, S., Treagust, D. F. & Tobin, K. (1987). The role of cognitive factors in chemistry achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(2), 145-160.

Child, D. & Smithers, A. (1973). An attempted validation of the Joyce-Hudson scale of convergence and divergence. *British Journal of Educational Psychology*, 43, 57-61.

Danili, E. & Reid, N. (2006). Cognitive factors that can potentially affect pupils' test performance. *Chemistry Education Research and Practice*, 7 (2), 64-83.

Dow, W. M., Auld, J. & Wilson, D. (1978). Pupils' Concepts of Gases, Liquids and Solids (Dundee: Northern College of Education, Dundee Campus).

Field, T. W. & Poole, M. E. (1970). Intellectual style and achievement of arts and science undergraduates. *British Journal of Educational Psychology*, 40, 338-341.

Hudson, L. (1966). *Contrary Imaginations: a psychological study of the English schoolboy*, Great Britain, Penguin books Ltd.

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

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

Kang, S., Scharmann, L.C., Noh, T. & Koh, H. (2005). The influence of students' cognitive and motivational variables in respect of cognitive conflict and conceptual change. *International Journal of Science Education*, 27(9), 1037-1058.

Lawson, A. E. (1978). Development and validation of the classroom test of formal reasoning. *Journal of Research in Science Teaching*, 15, 11-24.

Lawson, A. E. (1982). Formal reasoning, achievement, and intelligence: an issue of importance. *Science Education*, 66(1), 77-83.

- Lawson, A. E. (1985). A review of research on formal reasoning and science instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 22, 569-617.
- Lawson, A. E. & Thompson, L. D. (1988). Formal reasoning ability and misconceptions concerning genetics and natural selection. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(9), 733-746.
- 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, 249-270.
- Niaz, M. (1996). Reasoning strategies of students in solving chemistry problems as a function of developmental level, functional M-capacity and disembedding ability. *International Journal of Science Education*, 18(5), 525-541.
- Novick, S. & Nussbaum, J. (1978). Junior high school pupils' understanding of the particulate nature of matter: an interview study. *Science Education*, 62, 273-281.
- Novick, S. & Nussbaum, J. (1981). Pupils' understanding of the particulate nature of matter: a cross-age study. *Science Education*, 65, 187-196.
- Osborne, R. J. & Cosgrove, M. M. (1983). Children's conceptions of the changes of state of water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 825-838.
- Papageorgiou, G. & Johnson, P. (2005). Do particle ideas help or hinder pupils' understanding of phenomena? *International Journal of Science Education*, 27(11), 1299-1317
- Pereira, M. & Pestana, M. E. (1991) Pupils' representations of models of water. *International Journal of Science Education*, 13, 313-319.
- Runco, M. A. (1986). Divergent thinking and creative performance in gifted and non-gifted children. *Educational and Psychological Measurement*, 46, 375-383.
- Simon, A., H. (1974). How big is a chunk? *Science*, 183, 482-488.
- Stamovlasis, D., & Tsaparlis, G. (2005). Cognitive Variables in problem solving: A Nonlinear Approach. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3, 7-32.
- Tinajero, C. & Paramo, F. M. (1998). Field dependence-independence cognitive style and academic achievement: a review of research and theory. *European Journal of Psychology of Education*, 13, 227-251.
- Tsaparlis, G. & Angelopoulos, V. (2000). A model of problem solving: Its operation, validity and usefulness in the case of organic-synthesis problems. *Science Education*, 84, 131-153.
- Tsitsipis, G., Stamovlasis, D. & Papageorgiou, G. (in press). The effect of three cognitive variables on students' understanding of the particulate nature of matter and its changes of state. *International Journal of Science Education*. Paper accepted for publication.
- Witkin, H. A., Oltman, P. K., Raskin, E. & Karp, S. A. (1971). Embedded figures test, children's embedded figures test, group embedded figures test: Manual, Palo Alto, CA, Consulting Psychologists Press.
- Witkin, H. A., Moore, C. A., Goodenough, D. R. & Cox, P. W. (1977). Field-dependent and field independent cognitive styles and their educational implications. *Review of Educational Research*, 47(1), 1-64.
- Witkin, H. A. & Goodenough, D. R. (1981). *Cognitive styles: essence and origins*, New York, International University Press.