



Αποτελέσματα από την εφαρμογή μίας ακολουθίας διδασκαλίας-μάθησης βασισμένης στη θεωρία του Vygotsky για τη διδασκαλία των επιστημονικών εννοιών στο αντικείμενο της δύναμης και κίνησης

Νικολάου Α., Watson R.

King's College London, labrini.nikolaou@kcl.ac.uk

Η θεωρία του Vygotsky για την ανάπτυξη των επιστημονικών εννοιών χρησιμοποιήθηκε για το σχεδιασμό ακολουθίας διδασκαλίας-μάθησης σχετικά με τις δυνάμεις. Η εφαρμογή έγινε στην Αγγλία, σε 4 τάξεις (102 μαθητές), ενώ έξι τάξεις (129 μαθητές) χρησιμοποιήθηκαν ως συγκριτικές. Η πρόοδος των μαθητών αξιολογήθηκε με ερωτηματολόγιο, που δόθηκε στους μαθητές πριν και μετά τη διδασκαλία. Στις περισσότερες ερωτήσεις, οι μαθητές στις ερευνητικές τάξεις είχαν στατιστικά μεγαλύτερη πρόοδο από τους μαθητές στις συγκριτικές τάξεις. Δεδομένα από παρατήρηση και μαγνητοφωνημένους διαλόγους καθηγητή-μαθητών έδειξαν ότι στις ερευνητικές τάξεις διατέθηκε σημαντικά περισσότερος χρόνος για τη συζήτηση προβλημάτων δύναμης-κίνησης. Επίσης, στις ερευνητικές τάξεις, οι 'διασθητικές' ιδέες των παιδιών έγιναν αντικείμενο συζήτησης και ο δάσκαλος προσέφερε 'στήριξη' στους μαθητές για τη χρησιμοποίηση των επιστημονικών ιδεών. Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι οι αρχές που χρησιμοποιήθηκαν για το σχεδιασμό της διδασκαλίας θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για το σχεδιασμό της διδασκαλίας και σε άλλα διδακτικά αντικείμενα της Φυσικής.

Εισαγωγή-Θεωρητικό πλαίσιο

Η συγκεκριμένη εργασία αποτελεί μέρος μίας ευρύτερης μελέτης που αφορά στο σχεδιασμό, την εφαρμογή και την αξιολόγηση μίας ακολουθίας διδασκαλίας-μάθησης που βασίζεται στη θεωρία του Vygotsky για τη διδασκαλία των επιστημονικών εννοιών. Η επιλογή για την εφαρμογή αυτής της θεωρίας στον τομέα της δύναμης και κίνησης έγινε εξ' αιτίας της πληθώρας των ερευνητικών εργασιών που έχουν αποδείξει ότι οι μαθητές έχουν δυσκολία στην ανάπτυξη του Νευτώνειου μοντέλου για την ερμηνεία των φαινομένων της κίνησης (Duit, 2007).

Συνοπτικά, ο Vygotsky (1987) αναδεικνύει το ρόλο της διδασκαλίας στο να αναπτύξουν οι μαθητές αφαιρετική σκέψη, την οποία θεωρεί ως ένα διακριτό και υψηλότερο επίπεδο νόησης. Τη διαδικασία αυτή βλέπει ως μακρόχρονη και συντελούμενη στα πλαίσια της αλληλεπίδρασης δασκάλου-μαθητή. Σε αυτή την αλληλεπίδραση, ο ρόλος του δασκάλου είναι να καθοδηγεί, διορθώνει, κάνει διερευνητικές ερωτήσεις στο μαθητή, οδηγώντας τον στην αρχή με άμεσο και στην πορεία με έμμεσο τρόπο προς την ανάπτυξη της επιστημονικής έννοιας. Βασικές αρχές για την οργάνωση της διδασκαλίας με βάση το μοντέλο του Vygotsky αποτελούν:

- α) η έναρξη της διδασκαλίας με τη φραστική, με τη μορφή νόμου ή ορισμού, εισαγωγή της επιστημονικής ιδέας και
- β) η 'εν δράσει' διδασκαλία, που πραγματοποιείται όταν ο δάσκαλος και ο μαθητής αλληλεπιδρούν στην προσπάθειά τους να λύσουν προβλήματα με τη χρήση της επιστημονικής ιδέας. Αυτή η αρχή προϋποθέτει και διασφαλίζει την ενεργητική δράση τόσο του μαθητή όσο και του δασκάλου.

Η πρώτη αρχή του Vygotsky για το σχεδιασμό της διδασκαλίας έχει υποστεί ιδιαίτερη κριτική και έχει εξισωθεί με την παραδοσιακή διδασκαλία (Driver, Guesne, & Tiberghien, 1985; Duit, 1991; Rogoff, Matusov, & White, 1996). Από την πλευρά του προσωπικού εποικοδομητισμού, κατά βάση προτείνεται η ‘επινόηση’ των επιστημονικών ιδεών από τους μαθητές (Brown, 1994; diSessa & Sherin, 1998; Vosniadou, 2001). Από την άλλη πλευρά, στη βάση των αποτελεσμάτων από έρευνες που βασίστηκαν στην ‘επινόηση’ και δεν ήταν όσο αναμενόταν αποτελεσματικές, όσο και στη βάση επιστημολογικών επιχειρημάτων, ένα σημαντικό μέρος των επιστημόνων έχουν καταλήξει στην ανάγκη παρουσίασης των επιστημονικών ιδεών στους μαθητές (Driver, Asoko, Leach, Mortimer, & Scott, 1994; Glynn & Duit, 1995; Leach & Scott, 2003). Παρ’ όλα αυτά, ακόμη και αυτοί που ισχυρίζονται ότι αυτό πρέπει να γίνει, κατά κανόνα επιλέγουν η εισαγωγή των επιστημονικών εννοιών να γίνεται μετά τη διαδικασία ανάδειξης και συζήτησης των ‘εναλλακτικών’ ιδεών των μαθητών και με τη μορφή ερμηνείας συγκεκριμένων αυτοτελών φαινομένων και όχι υπό τη μορφή συστήματος εννοιών-θεωρίας (Driver & Bell, 1986; Scott, Mortimer, & Aguiar, 2006).

Σκοπός της συγκεκριμένης έρευνας ήταν ο σχεδιασμός και η αξιολόγηση μίας ακολουθίας διδασκαλίας-μάθησης βασισμένης στη θεωρία του Vygotsky. Η αξιολόγηση της ακολουθίας αφορούσε στη σύγκριση της αποτελεσματικότητας της πειραματικής ακολουθίας σε σχέση με την ‘τυπική’, συνήθη διδασκαλία, όσον αφορά στην ικανότητα των μαθητών να δίνουν την επιστημονική ερμηνεία φαινομένων κίνησης σε μία διάσταση. Ταυτόχρονα, στόχος της έρευνας ήταν οι διερεύνηση ποιοτικών διαφορών μεταξύ των δύο ειδών διδασκαλίας (πειραματικής και ‘τυπικής’) που θα μπορούσαν να ερμηνεύσουν, τουλάχιστο σε κάποιο βαθμό, τις ενδεχόμενες διαφορές στις επιδόσεις των μαθητών που παρακολούθησαν τα δύο είδη διδασκαλίας.

Ο σχεδιασμός της ακολουθίας

Η ακολουθία διήρκησε 12 εκπαιδευτικές ώρες, που εκτιμήθηκε ότι είναι ο ελάχιστος απαιτούμενος χρόνος για τη διδασκαλία φαινομένων ευθύγραμμης κίνησης (ομαλής και ομαλά μεταβαλλόμενης) και φαινομένων ακινησίας και ο μέγιστος χρόνος που τα σχολεία που πήραν μέρος στην έρευνα μπορούσαν να διαθέσουν για το συγκεκριμένο αντικείμενο.

Για τον ακριβή τρόπο με τον οποίο παρουσιάστηκαν οι επιστημονικές ιδέες στους μαθητές, βάση αποτέλεσαν δύο έρευνες που εφάρμοσαν τη θεωρία του Vygotsky για τη διδασκαλία της κατανόησης κειμένου (Palincsar & Brown, 1984) και του τρόπου με τον οποίο φτιάχνεται μια επιστημονική θεωρία (Herrenkohl, Palincsar, DeWater, & Kawasaki, 1999). Ταυτόχρονα, ο τρόπος με τον οποίο δομήθηκε η ακολουθία επηρεάστηκε από τις έρευνες τις σχετικές με τις διαισθητικές ιδέες των μαθητών.

Οι θεμελιώδεις έννοιες για τη δύναμη και κίνηση παρουσιάστηκαν στους μαθητές με τη μορφή δύο βημάτων και τριών κανόνων. Τα βήματα ήταν τα εξής:

Βήμα 1^ο: Βρες τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα.

Βήμα 2^ο: Χρησιμοποιώντας μόνο τη συνισταμένη δύναμη που ασκείται στο σώμα, πρόβλεψε ή εξήγησε το είδος κίνησης του σώματος.

Οι κανόνες ήταν οι ακόλουθοι:

- α) Το σώμα μένει ακίνητο, αν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σ’ αυτό είναι μηδέν.
- β) Το σώμα επιταχύνεται ή επιβραδύνεται, αν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σ’ αυτό είναι διαφορετική από μηδέν.
- γ) Το σώμα κινείται με σταθερή ταχύτητα, αν η συνισταμένη δύναμη που ασκείται σ’ αυτό είναι μηδέν.



Στη βάση των προαναφερθεισών ερευνών της Palincsar και των συνεργατών της, έγινε προσπάθεια οι επιστημονικές ιδέες να παρουσιαστούν με τέτοια γλώσσα και μορφή που οι μαθητές να μπορούν να ξεκινήσουν, με τη βοήθεια του δασκάλου, να τις χρησιμοποιούν αμέσως για την ερμηνεία φαινομένων σχετικών με την κίνηση. Έτσι, για παράδειγμα, ενώ θα μπορούσε να ξεκινήσει κανείς από τη διερεύνηση της έννοιας της δύναμης και των διαφορετικών δυνάμεων που υπάρχουν στη φύση (από επαφή και από απόσταση), εκτιμήθηκε ότι αυτό θα απαιτούσε περισσότερη 'διάλεξη' από την πλευρά του δασκάλου, πριν οι μαθητές μπορέσουν να πάρουν μέρος οι ίδιοι στη χρήση των εννοιών. Από την άλλη πλευρά, λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα των ερευνών των σχετικών με τις διαισθητικές ιδέες των μαθητών, η διδασκαλία προχώρησε από την ερμηνεία φαινομένων για τα οποία η επιστημονική αντίληψη είναι αρκετά κοντά στις διαισθητικές ιδέες των μαθητών προς φαινόμενα που η επιστημονική ερμηνεία τους αποτελεί πρόκληση για τους μαθητές (για παράδειγμα, η τριβή ως δύναμη συζητήθηκε πριν από την κάθετη αντίδραση και η ισορροπία-ακινησία πριν την ομαλή κίνηση).

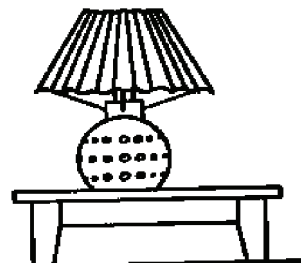
Ο ρόλος του δασκάλου ήταν η παροχή σχεδιασμένης βοήθειας στους μαθητές ώστε να μπορούν στο πλαίσιο της τάξης να εφαρμόζουν τα βήματα και τους κανόνες για να απαντούν σε προβλήματα όσον αφορά στις δυνάμεις που δρουν σε ένα σώμα και το είδος κίνησης που αυτό εκτελεί. Η υπόθεση ήταν ότι, στην πορεία, η βοήθεια του δασκάλου θα ήταν λιγότερο απαραίτητη και οι μαθητές θα μπορούσαν να εκτελούν τα βήματα και να εφαρμόζουν τους κανόνες αυτοδύναμα.

Παράλληλα, ενσωματώθηκαν στην ακολουθία δραστηριότητες που απαιτούσαν από τους μαθητές να σχολιάσουν διαισθητικές ιδέες, αποτυπωμένες στη βιβλιογραφία, και να τις κρίνουν υπό το φως της επιστημονικής ερμηνείας. Τέλος, στο σχεδιασμό της ακολουθίας ενσωματώθηκε και η εποικοδομητική τεχνική της γεφύρωσης με τη χρήση αναλογίας (bridging analogy), που έχει βρεθεί να έχει σημαντικά αποτελέσματα στη διδασκαλία επι μέρους δύσκολων εννοιών (Brown, 1994).

Μέθοδοι

Η διδασκαλία εφαρμόστηκε σε 4 τάξεις μαθητών ηλικίας 11 χρονών (102 μαθητές) σε δύο σχολεία της Αγγλίας. Επίσης, στην έρευνα πήραν μέρος και 6 τάξεις από τα ίδια σχολεία, που διδάχθηκαν με το συνηθισμένο τρόπο, και που έπαιξαν το ρόλο τάξεων σύγκρισης (129 μαθητές). Το συνολικό δείγμα των μαθητών στις πειραματικές και τις τάξεις σύγκρισης ήταν ισοδύναμο όσον αφορά στην προηγούμενη επίδοση των μαθητών στις φυσικές επιστήμες, στην αναλογία αγοριών-κοριτσιών και στο ποσοστό μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες.

Η αξιολόγηση της γνώσης των μαθητών έγινε με τη βοήθεια ερωτηματολογίου που δόθηκε στους μαθητές πριν τη διδασκαλία και 6 εβδομάδες μετά το τέλος της διδασκαλίας. Το ερωτηματολόγιο συγκροτούσαν ανοιχτές ερωτήσεις σχετικές με τις δυνάμεις που ασκούνται σε διάφορα σώματα και την ερμηνεία για το είδος κίνησης που εκτελεί το σώμα (ένα παράδειγμα φαίνεται στο Σχήμα 1). Παράλληλα, έγινε παρατήρηση (από την πρώτη συγγραφέα) τόσο στις ερευνητικές όσο και στις πειραματικές τάξεις και μαγνητοφώνηση του διαλόγου μαθητών-καθηγητή στις ερευνητικές τάξεις.

Σχήμα 1: Ερώτηση για την αξιολόγηση της γνώσης των μαθητών

Ερ.1 Η παρακάτω εικόνα δείχνει μία λάμπα πάνω σε ένα κομοδίνο.

α) Δρουν δυνάμεις πάνω στη λάμπα? (Συμπλήρωσε με ✓)

Ναι	
Όχι	

Αν ναι, παρακαλώ

- Σχεδίασε βέλη πάνω στη φωτογραφία που να αναπαριστούν τις δυνάμεις που δρουν στη λάμπα.
- Στη συνέχεια, ονόμασε τις δυνάμεις.

β) Η λάμπα δεν κινείται πάνω ή κάτω. Γιατί είναι ακίνητη η λάμπα;

Ανάλυση δεδομένων - Αποτελέσματα

Οι απαντήσεις των μαθητών στα ερωτηματολόγια αξιολογήθηκαν με τη βοήθεια συστημάτων κωδικοποίησης που σχεδίασε η πρώτη συγγραφέας και ελέγχθηκαν ως προς την αξιοπιστία τους (reliability) από δύο ερευνητές του χώρου (αξιοπιστία 98%). Οι απαντήσεις των μαθητών αξιολογήθηκαν ως προς την αναγνώριση των δυνάμεων που δρουν σε ένα σώμα και όσον αφορά στην ερμηνεία για το είδος της κίνησης του σώματος. Οι κατηγορίες των απαντήσεων δίνονται στους παρακάτω πίνακες, με παραδείγματα απαντήσεων για την ερώτηση που φαίνεται στο Σχήμα 1.

Πίνακας 1: Σύστημα κωδικών για την αξιολόγηση της αναγνώρισης των δυνάμεων

Κατηγορία	Επεξήγηση	Παραδείγματα
Σωστή απάντηση	Δύο αντίρροπες και σωστές δυνάμεις	Βάρος και κάθετη αντίδραση (δύναμη από το τραπέζι)
Επαρκείς δυνάμεις	Δύο αντίρροπες δυνάμεις, όχι και οι δύο σωστές	Βάρος και αντίσταση του αέρα Βάρος και άλλη, χωρίς όνομα
Όχι επαρκείς δυνάμεις	Δύναμη μόνο στη μία κατεύθυνση	Βάρος μόνο
Καμία δύναμη	Καμία δύναμη στο επίπεδο αναφοράς	Καμία δύναμη Δυνάμεις οριζόντιες

**Πίνακας 2:** Σύστημα κωδικών για την αξιολόγηση της ερμηνείας για το είδος κίνησης του σώματος

Κατηγορία	Επεξήγηση	Παραδείγματα
Σωστός κανόνας	Αναφορά σε μέτρα δυνάμεων-σωστή σύγκριση μέτρων	Το βάρος είναι ίσο με την αντίσταση του αέρα Η συνισταμένη των δυνάμεων είναι μηδέν
Εναλλακτικός κανόνας	Αναφορά σε μέτρα δυνάμεων –λαθεμένη σύγκριση μέτρων	Το βάρος είναι μεγαλύτερο από την κάθετη αντίδραση
Ενδιάμεση	Αναφορά σε δυνάμεις στο επίπεδο αναφοράς – όχι σύγκριση μέτρων δυνάμεων	Εξ αιτίας του βάρους
Χαμηλού επιπέδου	Όχι αναφορά σε δύναμη στο επίπεδο αναφοράς	Γιατί η λάμπα είναι αντικείμενο Καμία απάντηση

Οι απαντήσεις κάθε μαθητή στο ερωτηματολόγιο πριν και μετά τη διδασκαλία συγκρίθηκαν και καταχωρήθηκε αν υπήρξε ‘πρόοδος’ ή ‘όχι πρόοδος’ (που περιελάμβανε στασιμότητα/χειροτέρευση). Στη συνέχεια, τα αποτελέσματα από όλους τους μαθητές συμπεριλήφθηκαν σε πίνακες και ελέγχθηκαν για στατιστικές διαφορές μεταξύ συγκριτικών-ερευνητικών όσον αφορά στην ‘πρόοδο’/ ‘όχι πρόοδο’ με χρήση του στατιστικού τεστ χ^2 . Τα αποτελέσματα φαίνονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3: Σύγκριση του αριθμού των μαθητών που παρουσίασαν πρόοδο μετά τη διδασκαλία στις δύο ομάδες τάξεων (ερευνητικές-συγκριτικές)- Πιθανότητες με βάση την εφαρμογή του χ^2

	Αναγνώριση δυνάμεων	Ερμηνεία είδους κίνησης
	p	p
Ερ. 1: λάμπα σε κομοδίνο (ακίνησια, οριζόντιο)	0.09	0.05
Ερ.2: νόμισμα, κινείται προς τα πάνω (επιβράδυνση, κατακόρυφο)	0.03* ¹	0.02*
Ερ.3: φορτηγό σε δρόμο (ομαλή κίνηση, οριζόντιο)	0.08	<0.01*
Ερ. 4: μπάλα που έχουν κλωστήσει (επιβράδυνση, οριζόντιο)	<0.01*	<0.01*
Ερ. 5: γυναίκα πέφτει (ομαλή, κατακόρυφη)	0.04*	0.08
Ερ. 6: πλασματάκι σπρώχνει κουτί (ακίνησια, οριζόντιο)	<0.01*	<0.01*
Ερ. 7: σώμα που κρέμεται από σκοινί (ακίνησια, κατακόρυφο)	<0.01*	<0.01*

Με εξαίρεση την αναγνώριση των δυνάμεων στην ερώτηση 3 (στον πίνακα 3 φαίνεται με πλάγια γραφή), όλες οι διαφορές μεταξύ ερευνητικών και συγκριτικών τάξεων ήταν σε θετική κατεύθυνση (μεγαλύτερος αριθμός μαθητών στις ερευνητικές τάξεις παρουσίασε πρόοδο σε σχέση με τους μαθητές στις συγκριτικές τάξεις). Επίσης, οι περισσότερες διαφορές ήταν στατιστικά σημαντικές (πέντε σχετικά με την αναγνώριση δυνάμεων και πέντε σχετικά με την ερμηνεία για το είδος κίνησης). Αυτά τα αποτελέσματα καταδεικνύουν την αποτελεσματικότητα της ερευνητικής διδασκαλίας σε σύγκριση με την ‘τυπική’, συνήθη διδασκαλία.

Ενδιαφέρον, όμως, παρουσιάζει η διερεύνηση των παραγόντων που οδήγησαν σε αυτά τα διαφοροποιημένα αποτελέσματα. Για αυτή τη διερεύνηση χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από την παρατήρηση των μαθημάτων όσο και από τη μαγνητοφώνηση των διαλόγων καθηγητή-μαθητών στις ερευνητικές τάξεις.

¹ Ο αστερίσκος δηλώνει ότι το αποτέλεσμα είναι στατιστικά σημαντικό με επίπεδο σημαντικότητας το 0.05.

Με βάση τα δεδομένα από την παρατήρηση, κατηγοριοποιήθηκαν οι δραστηριότητες στις οποίες πήραν μέρος οι μαθητές στη διάρκεια των μαθημάτων. Βρέθηκε ότι οι μαθητές στις ερευνητικές τάξεις διέθεσαν περίπου το 65% του χρόνου τους για τη συζήτηση ποιοτικών προβλημάτων σε σχέση με τη δύναμη και την κίνηση (τη φύση και τον αριθμό των δυνάμεων που δρουν σε ένα σώμα, την εξήγηση για τον τρόπο δράσης δυνάμεων που έρχονται σε αντίθεση με την εμπειρία (τάση του νήματος, κάθετη αντίδραση), την εφαρμογή των νόμων του Νεύτωνα για την ερμηνεία του είδους κίνησης, την εξέταση ‘εναλλακτικών’ ιδεών), σε αντίθεση με τις συγκριτικές τάξεις που διέθεσαν μόνο περίπου το 30% του χρόνου τους σε αυτές τις δραστηριότητες.

Ταυτόχρονα, επισημάνθηκαν διαφορές στον τρόπο με τον οποίο τα φαινόμενα της δύναμης και κίνησης συζητήθηκαν στα δύο είδη τάξεων. Διαφορές διαπιστώθηκαν στα εξής:

- Οι ευκαιρίες που δόθηκαν στους μαθητές στις συγκριτικές τάξεις να εκφράσουν και να συζητήσουν τις διαισθητικές ιδέες τους ήταν λιγότερες
- Οι λαθεμένες απαντήσεις των μαθητών έγιναν αντικείμενο αμφισβήτησης λιγότερο συχνά
- Ερμηνεία για την ύπαρξη δυνάμεων που είναι δύσκολο να κατανοηθούν (τάση νήματος, κάθετη αντίδραση) δεν παρασχέθηκε, και
- Το γεγονός ότι οι επιστημονικές ιδέες διαφέρουν από τις καθημερινές-διαισθητικές δεν τονίστηκε.

Παράλληλα, διαφορές επισημάνθηκαν στον τρόπο με τον οποίο τα φαινόμενα της δύναμης-κίνησης συζητήθηκαν στις ερευνητικές τάξεις με την πάροδο των μαθημάτων. Διαφορές διαπιστώθηκαν στο βαθμό που:

- ο δάσκαλος προσέφερε στήριξη στους μαθητές
- οι μαθητές χρησιμοποιούσαν τα βήματα και τους κανόνες και
- οι μαθητές αποδεχόντουσαν τους κανόνες και τα βήματα.

Έτσι, στα αρχικά μαθήματα της ακολουθίας οι μαθητές οδηγούνταν κυρίως από τις διαισθητικές τους ιδέες, και ενίοτε απέρριπταν πλευρές των βημάτων και κανόνων, ως αναληθείς. Ταυτόχρονα, υπήρχε ανάγκη σημαντικής παρέμβασης από το δάσκαλο ώστε να βοηθήσει τους μαθητές να εστιάσουν την προσοχή τους στα βήματα και τους κανόνες και να μπουν στη διαδικασία να απαντήσουν με βάση αυτά. Προς το τέλος της ακολουθίας, αν και όχι χωρίς παλινδρομήσεις, οι μαθητές έγιναν πιο ικανοί να παίρνουν μέρος σε μία συζήτηση οργανωμένη γύρω από τα βήματα και τους κανόνες (δηλαδή, γύρω από τις επιστημονικές ιδέες). Αν και δεν έγιναν ικανοί να χρησιμοποιούν τις ιδέες αυτόνομα, η παρέμβαση του δασκάλου έγινε λιγότερο εμφανής και περισσότερο έμμεση σε σχέση με την αρχή της ακολουθίας.

Συμπεράσματα - Συζήτηση

Τα αποτελέσματα από τη σύγκριση των ερωτηματολογίων κατέδειξαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην πρόοδο των μαθητών που παρακολούθησαν την ερευνητική διδασκαλία σε σχέση με μαθητές που ακολούθησαν την ‘τυπική’ διδασκαλία. Αυτά τα αποτελέσματα είναι κατ’ αρχήν ενδεικτικά για την αποτελεσματικότητα της ερευνητικής ακολουθίας. Όπως έχει όμως επισημανθεί, απαντήσεις στο γιατί παρατηρούνται τα διαφοροποιημένα αποτελέσματα δεν μπορούν να δοθούν αν κανείς δεν εξετάσει τι έγινε μέσα στην τάξη (Psillos & Meheut, 2004). Οι ποιοτικές διαφορές που διαπιστώθηκαν μεταξύ των ερευνητικών και συγκριτικών τάξεων επιτρέπουν την εξαγωγή κάποιων συμπερασμάτων.



Το πρώτο συμπέρασμα αφορά στο χρόνο που διατίθεται για τη συζήτηση ποιοτικών προβλημάτων σχετικών με τη δύναμη και κίνηση. Η παρούσα έρευνα έρχεται να ενισχύσει την έκκληση σχεδόν του συνόλου των ερευνητών: οι μαθητές έχουν ανάγκη να χρησιμοποιήσουν το εργαλείο της Νευτώνειας μηχανικής σε ένα πλήθος φαινομένων, τόσο για να μπορέσουν να αναπτύξουν την ικανότητά τους για ορθή του χρήση (που δεν είναι αυτονόητη), όσο και για να πειστούν για την αξία χρήσης του. Το δεύτερο συμπέρασμα επίσης ενισχύει το βασικό κορμό των ερευνών στη διδακτική των Φυσικών επιστημών, που απαιτούν οι εναλλακτικές ιδέες των παιδιών να γίνονται αντικείμενο συζήτησης μέσα στην τάξη. Είναι φανερό, βέβαια, ότι τα χαρακτηριστικά που βρέθηκαν να διαφοροποιούν τα δύο είδη τάξεων δεν είναι και τα μοναδικά (η ματιά της ερευνήτριας που ανέλυσε τα δεδομένα της παρατήρησης και των διαλόγων μέσα στην τάξη είναι προφανώς επηρεασμένη από τη θεωρητική της σκοπιά). Ετσι, για παράδειγμα, δεν επισημάνθηκαν ή αναζητήθηκαν διαφορές στον τρόπο επικοινωνίας του κάθε δασκάλου με τους μαθητές του, στο κλίμα του σχολείου κ.λ.π. Παρ' όλα αυτά, οι διαφορές που διαπιστώθηκαν είναι πιθανόν να ερμηνεύουν μερικά τη διαφορά στις επιδόσεις των μαθητών των δύο ειδών τάξεων.

Το τρίτο συμπέρασμα σχετίζεται με τη βασική επιλογή που έγινε για την παρουσίαση των επιστημονικών ιδεών στην αρχή της ακολουθίας, στη βάση της θεωρίας του Vygotsky. Το γεγονός ότι η παρούσα ακολουθία φαίνεται να οδηγεί τους μαθητές σε καλύτερη γνώση σε σχέση με τη 'συνήθη' διδασκαλία, σε αντίθεση με αρκετές μελέτες που έχουν γίνει στα πλαίσια του εποικοδομητισμού, καθιστά την παρούσα μελέτη ένα παράδειγμα που δείχνει ότι πιθανά η μέθοδος έχει κάποια δυναμική και αξίζει να μελετηθεί περισσότερο. Το γεγονός ότι, με την πάροδο των μαθημάτων, βρέθηκε διαφοροποίηση στον τρόπο με τον οποίο ο δάσκαλος παρέχει στήριξη στους μαθητές και στο βαθμό που οι μαθητές χρησιμοποιούν και δείχνουν να εμπιστεύονται τις επιστημονικές ιδέες – στοιχεία που συνδέονται άμεσα με τις βασικές αρχές στις οποίες βασίστηκε ο σχεδιασμός της ακολουθίας- παρέχει μια κατ' αρχήν στήριξη σε αυτές τις αρχές. Βέβαια, είναι φανερό ότι η αποτελεσματικότητα της ακολουθίας είναι δύσκολο να αποδοθεί μεμονωμένα σε ένα ή περισσότερα στοιχεία της. Ετσι, για παράδειγμα, σε αυτήν εδώ την έρευνα ο αυξημένος χρόνος που διατέθηκε για τη συζήτηση ποιοτικών προβλημάτων σε σχέση με την κίνηση συνέβαλε στη βελτίωση των αποτελεσμάτων των μαθητών στις ερευνητικές τάξεις. Η διερεύνηση των επί μέρους παραγόντων που οδηγούν σε ένα αποτέλεσμα μάθησης απαιτεί πιο ενδελεχή μελέτη της διαδικασίας μάθησης στα πλαίσια της συγκεκριμένης ακολουθίας, ώστε να στοιχειοθετηθεί ακριβέστερα η σχέση μεταξύ της αποτελεσματικότητας της διδασκαλίας και συγκεκριμένων πλευρών της. Μια τέτοια διερεύνηση αποτελεί πεδίο περαιτέρω έρευνας. Επίσης, πεδίο περαιτέρω έρευνας αποτελεί ο σχεδιασμός και η μελέτη της αποτελεσματικότητας ακολουθιών, στηριγμένων στις ίδιες βασικές θεωρητικές αρχές, σε διαφορετικά διδακτικά αντικείμενα της Φυσικής.

Βιβλιογραφία

- Brown, D. E. (1994). Facilitating Conceptual Change Using Analogies and Explanatory Models. *International Journal of Science Education*, 16(2), 201-214.
- diSessa, A. A., & Sherin. (1998). What changes in conceptual change? *International Journal of Science Education*, 20(10), 1155-1191.
- Driver, R., Asoko, H., Leach, J., Mortimer, E. F., & Scott, P. (1994). Constructing Scientific Knowledge in the Classroom. *Educational Researcher*, 23(7), 5-12.

- Driver, R., & Bell, B. (1986). Students' Thinking and the Learning of Science: A Constructivist View. *School Science Review*, 443-456.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1985). *Children's Ideas in Science* (T. Kritikos & V. Spiliotopoulou & A. Stavropoulos, Trans.). London: Open University Press.
- Duit, R. (1991). Students' Conceptual Frameworks: Consequences for Learning Science. In S. M. Glynn & R. H. Yeany & B. K. Britton (Eds.), *The Psychology of Learning Science* (pp. 65-85). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Duit, R. (2007). *Bibliography: students' alternative frameworks and science education*. Kiel: IPN.
- Glynn, S. M., & Duit, R. (1995). Learning Science Meaningfully: Constructing Conceptual Models. In S. M. Glynn & R. Duit (Eds.), *Learning Science in the Schools: Research Reforming Practice* (pp. 3-33). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Herrenkohl, L. R., Palincsar, A. S., DeWater, L. S., & Kawasaki, K. (1999). Developing scientific communities in classrooms: A sociocognitive approach. *The Journal of the Learning Sciences*, 8(3&4), 451-493.
- Leach, J., & Scott, P. (2003). Individual and sociocultural views on learning in science education. *Science and Education*, 12, 91-113.
- Palincsar, A. S., & Brown, A. L. (1984). Reciprocal Teaching of Comprehension-Fostering and Comprehension-Monitoring Activities. *Cognition and Instruction*, 1(2), 117-175.
- Psillos, D., & Meheut, M. (2004). Teaching-Learning Sequences: Aims and Tools for Science Education Research. *International Journal of Science Education*, 26(5), 515-535.
- Rogoff, B., Matusov, E., & White, C. (1996). Models of Teaching and Learning: Participation in a Community of Learners. In D. R. Olson & N. Torrance (Eds.), *The Handbook of Education and Human Development: New Models of Learning, Teaching and Schooling* (pp. 388-414). Oxford: Blackwell.
- Scott, P. H., Mortimer, E. F., & Aguiar, O. G. (2006). The tension between authoritative and dialogic discourse: a fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. *Science Education*, 90, 605-631.
- Vosniadou, S. (2001). Conceptual Change Research and the Teaching of Science. In H. Behrendt & H. Dahncke & R. Duit & W. Graber & M. Komorek & A. Kross & P. Reiska (Eds.), *Research in Science Education - Past, Present and Future* (pp. 177-188). Dordrecht: Kluwer.
- Vygotsky, L. S. (1987). *The collected works of L.S. Vygotsky: Problems of general psychology. Including the volume thinking and speech* (N. Minick, Trans. Vol. 1). New York: Plenum.