

ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΕΝΟΣ ΠΟΛΥΜΕΣΙΚΟΥ ΟΔΗΓΟΥ ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΕΝΝΟΙΑΣ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ ΤΗΣ Γ΄ ΔΗΜΟΤΙΚΟΥ

**Παπασιμπα
Λαμπρινή**
Εργαστήριο Φυσικών
Επιστημών
Τεχνολογίας και
Περιβάλλοντος του
Παιδαγωγικού
Τμήματος του Πανεπιστημίου Αθηνών

**Δημητριάδης
Παναγιώτης**
Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών
Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος του Παιδαγωγικού
Τμήματος του Πανεπιστημίου
Αθηνών

Παύλου Αγνή
Εργαστήριο Φυσικών
Επιστημών Τεχνολογίας
και Περιβάλλοντος του
Παιδαγωγικού Τμήματος
του Πανεπιστημίου Αθηνών

**Σκαλοχωρίτης
Μιχάλης**
Εργαστήριο Φυσικών
Επιστημών
Τεχνολογίας και
Περιβάλλοντος του
Παιδαγωγικού
Τμήματος του Πανεπιστημίου Αθηνών

Καλκάνης Γ.Θ.
Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών
Τεχνολογίας και Περιβάλλοντος του Παιδαγωγικού
Τμήματος του Πανεπιστημίου
Αθηνών

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σύμφωνα με συμπεράσματα εκπαιδευτικών ερευνών τόσο οι προεπιστημονικές όσο και οι εναλλακτικές ιδέες των αρχαρίων που αφορούν την έννοια της δύναμης και τη σχέση δύναμης και κίνησης διαμορφώνονται γύρω από μια κεντρική αντίληψη: “Η δύναμη είναι ιδιότητα των σωμάτων”. Προϋπόθεση για την επίτευξη της εννοιολογικής αλλαγής αναφορικά με την έννοια της δύναμης είναι η αντιμετώπιση της παραπάνω αντίληψης. Ένα σημαντικό βήμα προς αυτή την κατεύθυνση θεωρούμε ότι είναι η εξοικείωση του μαθητή με την άποψη ότι η δύναμη είναι μια έννοια που χρησιμοποιείται για την περιγραφή φυσικών φαινομένων και θα είναι αποτελεσματικότερη αν αυτή επιχειρηθεί σε μικρότερες ηλικίες.

Προς αυτή την κατεύθυνση η ενσωμάτωση των Νέων Τεχνολογιών Πληροφόρησης στη διδακτική διαδικασία θα βοηθήσει σημαντικά στη δημιουργία κατάλληλου μαθησιακού περιβάλλοντος, με τη βοήθεια του οποίου ο μαθητής θα οικοδομήσει τη νέα γνώση. Η αξιοποίηση των Νέων Τεχνολογιών Πληροφόρησης αποτέλεσε κεντρικό στοιχείο στη διδακτική μας παρέμβαση. Το εκπαιδευτικό λογισμικό που αναπτύξαμε βασιζόταν σε

«πολυμεσικά» φύλλα εργασίας και είχε ως γενικό στόχο να δώσει τη δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να οικοδομήσει λύσεις σε πιθανά προβλήματα διδασκαλίας, σε σχέση με το συγκεκριμένο μαθητικό πληθυσμό.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Δύναμη, πρωτοβάθμια εκπαίδευση, Νέες Τεχνολογίες Πληροφορικής

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) στην υποχρεωτική εκπαίδευση στοχεύει στο να φέρει τους μαθητές σε επαφή με τα σύγχρονα επιτεύγματα της επιστήμης και της τεχνολογίας και να τους καταστήσει επιστημονικά και τεχνολογικά εναλλάξιμους για τις ανάγκες της σύγχρονης κοινωνίας. Τα πορίσματα όμως των περισσότερων εκπαιδευτικών ερευνών σήμερα, συγκλίνουν στο συμπέρασμα ότι η διδασκαλία των Φ.Ε. δεν επιτυγχάνει την επίτευξη του παραπάνω σκοπού. Αντίθετα διαφαίνεται ότι ο εκπαιδευόμενος αδυνατεί να προσεγγίσει την επιστημονική γνώση και σκέψη. Οι μαθητές ή οι φοιτητές δεν αποκτούν λειτουργική γνώση των εννοιών που διδάσκονται και επομένως δεν είναι σε θέση να τις χρησιμοποιήσουν στην κατανόηση και ερμηνεία φαινομένων της καθημερινής τους εμπειρίας με τρόπο που να είναι συμβατός με την επιστημονική άποψη. Αυτό έχει σαν τελικό αποτέλεσμα την απαξίωση των μαθημάτων των Φ. Ε. καθότι αυτά θεωρούνται από τους μαθητές δυσνόητα, ανιαρά και άχρηστα (Δημητριάδης Π., et al., 2000), (Duit R., 1993).

Λύση στο παραπάνω πρόβλημα αποτελεί, κατά την άποψή μας, η κατασκευή ενός ολοκληρωμένου εννοιολογικού πλαισίου κατανόησης βασικών εννοιών της φυσικής (De Kleer I and Brown I., 1983) καθώς και της σχέσης τους με διαδικασίες της καθημερινής ζωής και με τα επιτεύγματα της σύγχρονης τεχνολογίας. Η δόμηση του παραπάνω πλαισίου θα πρέπει να στηρίζεται στην ενεργό συμμετοχή των μαθητών κατά τη διαδικασία μάθησης και να αξιοποιεί με βέλτιστο τρόπο τις Νέες Τεχνολογίες (Καραβελάκη – Καπλάνη Μ., Παπαναγιώτου Γ., 1998), (Κουλαϊδής Β., Ράπτης Ν., 1992) σε συνδυασμό με τη διαδικασία μοντελοποίησης, που αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό της επιστημονικής μεθόδου (Doerr H., 1997), (Dimitriadis P., et al., 2000). Για να γίνει εφικτή η επίτευξη του παραπάνω στόχου προτείνεται η κατασκευή ενός ολοκληρωμένου εννοιολογικού πλαισίου κατανόησης των φυσικών φαινομένων από τους μαθητές και η ποιοτική προσέγγιση των αντίστοιχων εννοιών σε όσο το δυνατόν μικρότερη ηλικία (Driver R., et al., 1998). Το εννοιολογικό αυτό πλαίσιο και η αντίστοιχη διδακτέα ύλη θα πρέπει να αναπτύσσονται σε εννοιολογικούς άξονες που να αντικατοπτρίζουν τη σύγχρονη επιστημονική γνώση: Ενέργεια - Αρχές διατήρησης, Αλληλεπιδράσεις και Δομή της ύλης. (Δημητριάδης Π., et al., 2002).

ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ - ΣΚΟΠΟΣ

Θεωρώντας ότι η σπειροειδής ανάπτυξη των βασικών εννοιών της φυσικής συμβάλλει ουσιαστικά στην αντιμετώπιση του προβλήματος της διατήρησης των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών, σχεδιάσαμε ένα αναλυτικό πρόγραμμα διδασκαλίας των παραπάνω εννοιών που απευθύνεται σε μαθητές ηλικίας 8-11 ετών.

Το πρόγραμμα υλοποιήθηκε σε τρεις φάσεις. Η πρώτη φάση περιελάμβανε το σχεδιασμό και την εκπόνηση του αναλυτικού προγράμματος, το σχεδιασμό των διδα-

κτικών παρεμβάσεων και την παραγωγή του εκπαιδευτικού υλικού (φύλλα εργασίας, εκπαιδευτικό λογισμικό). Στη δεύτερη φάση παράχθηκε το υλικό για τον εκπαιδευτικό, που μορφοποιήθηκε με την παραγωγή ενός αλληλεπιδραστικού, «πολυμεσικού» οδηγού (Παπατσιμίπα Λ, et al., 2001). Η τρίτη φάση αναφέρεται στην εφαρμογή του προγράμματος σε αντιπροσωπευτικό δείγμα σχολείων καθώς και στην αξιολόγηση του υλικού για τον εκπαιδευτικό.

Στα πλαίσια αυτής της εργασίας παρουσιάζουμε το σχεδιασμό και την υλοποίηση της διδασκαλίας της έννοιας της δύναμης σε μαθητές της Γ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου.

Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΗΣ ΔΥΝΑΜΗΣ

Σύμφωνα με δεδομένα εκπαιδευτικών ερευνών από το χώρο της Γνωστικής Ψυχολογίας και της Διδακτικής Μεθοδολογίας οι εναλλακτικές και οι προεπιστημονικές ιδέες-αντιλήψεις των αρχαρίων καθώς και ο τρόπος που τις χρησιμοποιούν είναι διαφορετικές από τις αντιλήψεις των ειδικών ως προς το περιεχόμενο αλλά και την οργάνωσή τους (Βοσνιάδου, 2001).

Η πρώτη καταγραφή των αντιλήψεων των παιδιών για τη δύναμη επιχειρήθηκε από τον Piaget. Σύμφωνα με αυτές, παιδιά ηλικίας 9 ετών (που βρίσκονται στο στάδιο των συγκεκριμένων λογικών ενεργειών) θεωρούν ότι κάθε κίνηση εμπεριέχει μία δύναμη με τη μορφή ενός εσωτερικού κινητήρα. Στο τέλος αυτού του σταδίου ανάπτυξης, 11 ή 12 ετών, αναγνωρίζουν τη δύναμη ως το αίτιο της κίνησης και παράλληλα ότι μπορεί να υπάρχει ανεξάρτητα από αυτή, να δρα σε αντικείμενα χωρίς να τα κινεί.

Μεταγενέστερη έρευνα (Driver et al., 1998), (Bar V., et al., 1997) για τις ιδέες των παιδιών και γενικότερα των αρχαρίων-αδαών στη φυσική μπορεί να συνοψιστεί σε τέσσερα εναλλακτικά πλαίσια:

- Κάθε κίνηση είναι αποτέλεσμα της δράσης μιας δύναμης κατά τη διεύθυνσή της,
- Η δύναμη που δρα σε ένα σώμα είναι ανάλογη με την ταχύτητα που προσδίδει σε αυτό,
- Αν ένα σώμα δεν κινείται δε δρα δύναμη πάνω του (δεν αναγνωρίζεται η άσκηση δύναμης σε καταστάσεις ισορροπίας) και
- Η κίνηση γίνεται στη διεύθυνση της εφαρμοζόμενης δύναμης (δεν αναγνωρίζεται η άσκηση δύναμης σε καταστάσεις μη ευθύγραμμης κίνησης).

Αντίστοιχα τα νοητικά μοντέλα που κατασκευάζουν παιδιά διαφορετικών ηλικιών μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ως εξής (Βοσνιάδου, 1998):

- Εσωτερική δύναμη σε ακίνητα και κινούμενα αντικείμενα,
- Εσωτερική δύναμη σε ακίνητα αντικείμενα – Εσωτερική και επίκτητη δύναμη σε κινούμενα αντικείμενα,
- Εσωτερική δύναμη μόνο σε ακίνητα αντικείμενα,
- Επίκτητη δύναμη μόνο σε κινούμενα αντικείμενα,
- Δύναμη της βαρύτητας σε ακίνητα αντικείμενα και σε αντικείμενα που πέφτουν ελεύθερα – Δύναμη της βαρύτητας και επίκτητη δύναμη σε αντικείμενα που έρχονται ριφθεί,
- Δεν υπάρχει δύναμη ούτε σε κινούμενα ούτε σε ακίνητα αντικείμενα,

- «Δύναμη υπό αναστολή» σε ακίνητα αντικείμενα – Επίκτητη δύναμη ή επίκτητη δύναμη και «δύναμη υπό αναστολή» σε κινούμενα αντικείμενα, και
- Μικτό νοητικό μοντέλο.

Άλλη έρευνα (Nersessian N. et al., 1989) που αφορά στην έννοια της δύναμης και τη σχέση δύναμης και κίνησης αναδεικνύει την ύπαρξη ενός κεντρικού ιστού ή 'προϋπόθεσης' γύρω από την οποία διαμορφώνονται οι αντιλήψεις των παιδιών για τις παραπάνω έννοιες της Μηχανικής: Τα αντικείμενα έχουν ιδιότητες με βάση τις οποίες ερμηνεύονται τα φαινόμενα και μια από αυτές τις ιδιότητες είναι η δύναμη.

Βασικός στόχος για την επίτευξη της εννοιολογικής αλλαγής των παιδιών ή των αρχαρίων για την έννοια της δύναμης είναι η άρση και αναδιοργάνωση των παραπάνω αντιλήψεων-γνώσεων. Θεωρούμε σημαντικό βήμα προς αυτή την κατεύθυνση την εξοικείωση του μαθητή με την αντίληψη-άποψη ότι η δύναμη είναι μια έννοια που χρησιμοποιείται για την περιγραφή φαινομένων που σχετίζονται με τη μεταβολή της κινητικής κατάστασης ή του σχήματος των σωμάτων. Ο μαθητής δε θα πρέπει λοιπόν να αναγνωρίζει τη δύναμη ως αίτιο σε φυσικά φαινόμενα, αλλά μία έννοια-μοντέλο που χρησιμοποιεί για να τα περιγράψει. Με αυτό τον τρόπο θα αποσυνδέσει τη δύναμη από την κίνηση και θα μπορέσει να προσεγγίσει αργότερα, ποιοτικά καταρχήν, την έννοια της αδράνειας και της επιτάχυνσης. Παράλληλα ο μαθητής θα πρέπει να εξοικειώνεται με τη διαδικασία μοντελοποίησης αντικειμένων και διαδικασιών με έμφαση στη διάκριση του φυσικού συστήματος ή της διαδικασίας από το μοντέλο. (Nersessian N., Resnick L., B., 1989), (Dimitriadis P., et al., 2000).

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Η διδακτική προσέγγιση που παρουσιάζουμε απευθύνεται σε μαθητές της Γ' τάξης του δημοτικού σχολείου και αποτελεί ένα τμήμα ενός ευρύτερου προγράμματος που έχει σχεδιασθεί για τη διδασκαλία εννοιών από τη Μηχανική για όλες τις τάξεις του δημοτικού (Δημητριάδης Π., et al., 2002). Ο γενικότερος σκοπός της διδακτικής παρέμβασης ήταν η οικοδόμηση, εκ μέρους των μαθητών, ενός εννοιολογικού προτύπου για τη δύναμη, που θα τους επιτρέπει τη λειτουργική χρήση της έννοιας σε καταστάσεις από την καθημερινή τους εμπειρία, ενώ ταυτόχρονα θα διευκολύνει την εισαγωγή και διδασκαλία των νόμων του Νεύτωνα σε μεγαλύτερες τάξεις. Πιο συγκεκριμένα οι διδακτικοί στόχοι που τέθηκαν για τη διδακτική παρέμβαση ήταν:

Ο μαθητής:

- να αναγνωρίζει και να περιγράφει με τους όρους 'δύναμη, ασκεί, ασκείται' φαινόμενα της καθημερινής του εμπειρίας, όπου συμβαίνει αλλαγή στην κινητική κατάσταση ενός σώματος. Με τον όρο αλλαγή στην κινητική κατάσταση εννοούμε την έναρξη ή τη διακοπή της κίνησης ενός σώματος ή την αλλαγή της κατεύθυνσής της. Αρχικά, δε συνδέεται η έννοια της δύναμης με καταστάσεις ισορροπίας.
- να περιγράφει με την έννοια της δύναμης φαινόμενα όπου έχουμε παραμόρφωση στο σχήμα των σωμάτων.
- να εφαρμόζει το μοντέλο του υλικού σημείου και να εξοικειωθεί με την παράσταση της δύναμης ως διάνυσμα.

- να αναγνωρίζει περιπτώσεις, όπου ενώ ασκείται δύναμη σε ακίνητα σώματα, δεν προκαλούνται ορατές παραμορφώσεις.

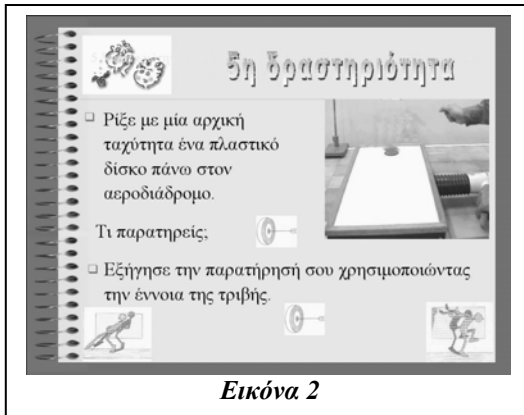
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ

Κεντρικό στοιχείο στη διδακτική παρέμβαση αποτελεί η αξιοποίηση των Νέων Τεχνολογιών Πληροφόρησης. Η ανάπτυξη του εκπαιδευτικού λογισμικού που χρησιμοποιήθηκε είχε ως γενικό στόχο την οικοδόμηση λύσεων για τα προβλήματα που προκύπτουν κατά τη διδασκαλία εννοιών της Φυσικής σε μαθητές του δημοτικού.

Το λογισμικό έχει αναπτυχθεί σε γλώσσα προγραμματισμού Visual Basic, (Παπατσίμπα Λ., et al., 2001). Η μορφή και ο χαρακτήρας του λογισμικού το καθιστά λειτουργικό τόσο για τον εκπαιδευτικό όσο και για το μαθητή. Έτσι η ανάπτυξη του λογισμικού έχει γίνει σε δύο άξονες:

- Άξονας που απευθύνεται στον εκπαιδευτικό. Περιλαμβάνει υλικό που μπορεί να χρησιμοποιήσει ο εκπαιδευτικός τόσο στην προετοιμασία όσο και στην υλοποίηση της διδακτικής του παρέμβασης. Στη σελίδα αυτή εμφανίζονται τα αντίστοιχα κουμπιά – δυνατότητες που παρέχονται στον εκπαιδευτικό για ενημέρωση στο γνωστικό τομέα της ενότητας και στην προτεινόμενη διδακτική προσέγγιση. Στο κάτω μέρος της σελίδας υπάρχει επιλογή για τα φύλλα εργασίας που μπορεί να χρησιμοποιήσει σε κάθε ενότητα (εικόνα 1).

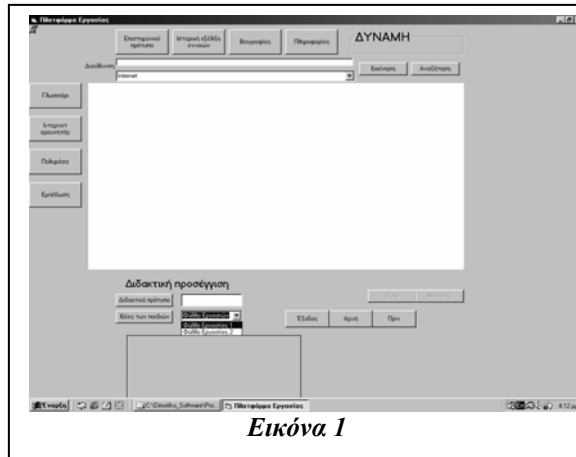
Τα φύλλα εργασίας έχουν τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:



Εικόνα 2

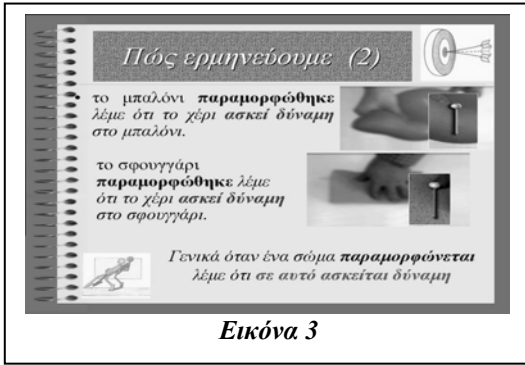
α) Πολλαπλή παρουσίαση των οδηγιών που δίνονται στους μαθητές για την εκτέλεση των δραστηριοτήτων, μέσω της έντυπης μορφής, της εικόνας, του video και των προφορικών επεξηγήσεων του δασκάλου. (εικόνα 2)

β) Δυνατότητα επεξεργασίας των πληροφοριών που λαμβάνονται από το εμπειρικό πεδίο. Για παράδειγμα δίνεται η δυνατότητα της παρατήρησης ενός φαινομένου, το οποίο στη φύση εξελίσσεται πολύ γρήγορα, σε πολύ



Εικόνα 1

αργούς ρυθμούς έτσι ώστε ο μαθητής να μπορεί να το παρατηρεί καρτέ – καρτέ προκειμένου να είναι ικανός να το περιγράψει με ακρίβεια.



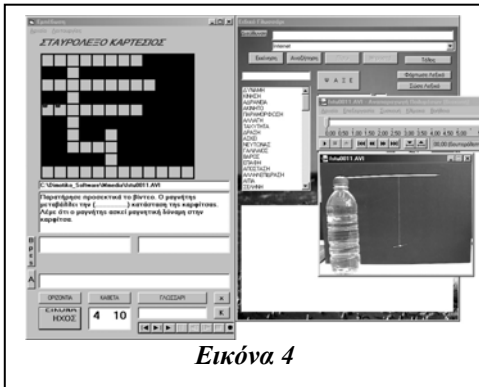
Εικόνα 3

γ) Μοντελοποίηση των φυσικών διαδικασιών που μελετούν οι μαθητές κατά την εκτέλεση εμπειρικών δραστηριοτήτων. Το επιστημονικό πρότυπο παρουσιάζεται σε διαφορετικό επίπεδο από αυτό των εμπειρικών δραστηριοτήτων, προσαρμοσμένο βέβαια στις αντιληπτικές ικανότητες των μαθητών (εικόνα 3).

- Άξονας που απευθύνεται στο μαθητή. Σε αυτή τη φάση το λογισμικό που χρησιμοποιεί ο μαθητής είναι για επανάληψη και εμπέδωση των εννοιών που διδάχτηκε. Σε αυτή την κατεύθυνση έχει αναπτυχθεί το ηλεκτρονικό σταυρόλεξο «ΚΑΡΤΕΣΙΟΣ». Οι ερωτήσεις συχνά συνοδεύονται από εικόνα, ήχο ή video και ζητείται από το μαθητή να συμπληρώσει την απάντηση. Όπως φαίνεται και στην εικόνα υπάρχουν βοηθητικά κουμπιά για το μαθητή (π.χ. Γλωσσάρι) για την επίλυση του σταυρόλεξου (εικόνα 4).

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η διδακτική παρέμβαση είχε διάρκεια τεσσάρων διδακτικών ωρών. Οι μαθητές



Εικόνα 4

είχαν έλθει σε μια πρώτη επαφή με την έννοια της δύναμης καθότι είχαν ήδη διδαχθεί την ενότητα «Ο άνθρωπος και οι απλές μηχανές» στο μάθημα Μελέτη περιβάλλοντος. Η εισαγωγή της έννοιας είχε γίνει σύμφωνα με το ισχύον αναλυτικό πρόγραμμα της Γ' τάξης, όπου η δύναμη προσεγγίζεται κυρίως μέσω της

έννοιας του βάρους.

Οι μαθητές εργάστηκαν σε ομάδες δυο ατόμων ακολουθώντας τα φύλλα εργασίας που τους δόθηκαν και όταν χρειάζονταν καθοδηγούνταν από το δάσκαλο. Τα φύλλα εργασίας είχαν αναπτυχθεί με βάση την καθοδηγούμενη ανακάλυψη. Η χρήση των ηλεκτρονικών φύλ-



Εικόνα 5

λων εργασίας έδινε τη δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να αναπτύξει εύκολα σωκρατικούς διαλόγους με τους μαθητές, με τη βοήθεια των οποίων χειρίζονταν τις εναλλακτικές αντιλήψεις τους στο συγκεκριμένο φαινόμενο. Η παρουσίαση προσομοιώσεων ή οπτικοποιήσεων των φυσικών διαδικασιών, απλής μοντελοποίησης πραγματικών αντικειμένων (π.χ. του υλικού σημείου) ή δυνάμεων μέσω του video/projector βοηθούσαν τον εκπαιδευτικό στην εισαγωγή του επιστημονικού προτύπου. Παράλληλα ο εκπαιδευτικός με χρήση κατάλληλων διαφανειών ωθούσε τους μαθητές στην ανάδειξη - επισήμανση κοινών χαρακτηριστικών μεταξύ των δραστηριοτήτων που πραγματοποιούσαν στην τάξη ή των φαινομένων που παρακολουθούσαν με τη βοήθεια του video, έτσι ώστε να ασκηθούν στην εξαγωγή συμπερασμάτων και στη χρήση επιστημονικής ορολογίας (εικόνα 5).

ΕΦΑΡΜΟΓΗ – ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η διδακτική προσέγγιση εφαρμόστηκε πιλοτικά συνολικά σε 2 δημοτικά σχολεία της Αττικής (το 10^ο Δ.Σ. Νέας Ιωνίας και το 3^ο Δ.Σ. Κερατσινίου) σε δείγμα 50 μαθητών και μαθητριών. Ως όργανα συλλογής των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν pre-test και post-test. Οι ερωτήσεις του pre-test δόθηκαν στους μαθητές 5 μέρες πριν τη διδασκαλία και του post-test ένα μήνα μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Δόθηκαν δυο τύπων ερωτήσεις: ανοικτού και κλειστού. Στις ερωτήσεις κλειστού τύπου δίδονταν φωτογραφίες από δραστηριότητες καθημερινής εμπειρίας και ζητούνταν από τους μαθητές να αποφανθούν αν ασκείται ή όχι δύναμη σε συγκεκριμένο σώμα. Οι φωτογραφίες σχετίζονταν με: α) έναρξη ή διακοπή της κίνησης ενός σώματος, β) σπρώξιμο ή τράβηγμα ενός αντικειμένου, γ) μεταβολή της κατεύθυνσης της κίνησης ενός σώματος εξαιτίας της επαφής του με ένα άλλο, δ) παραμόρφωση ενός σώματος (σφουγγάρι, βαμβάκι, ελατήριο), ε) κυκλική κίνηση αντικειμένου, στ) καταστάσεις όπου τα αποτελέσματα των δυνάμεων δεν είναι ορατά και τέλος ζ) καταστάσεις ισορροπίας.

Στις ερωτήσεις ανοικτού τύπου ζητούσαμε από τους μαθητές να αιτιολογήσουν τις επιλογές τους στις αντίστοιχες ερωτήσεις του κλειστού τύπου, καθώς επίσης και να σχεδιάσουν τις δυνάμεις που ασκούνται στο σώμα, σε κάποιες περιπτώσεις. Στις απαντήσεις των ερωτήσεων ανοικτού τύπου έγινε ανάλυση περιεχομένου. Αναζητήθηκε η ύπαρξη νοητικών πλαισίων με βάση τα οποία οι μαθητές κατανοούσαν τις συγκεκριμένες καταστάσεις και ταξινομήθηκαν με βάση την ελληνική και διεθνή βιβλιογραφία.

Στους παρακάτω πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης των test.

Ερωτήσεις κλειστού τύπου			
Απαντήσεις των μαθητών		% ποσοστό μαθητών που απάντησαν ΝΑΙ	
		ΠΡΙΝ από τη διδασκαλία	ΜΕΤΑ από τη διδασκαλία
1	Οι μαθητές συνδέουν τη δύναμη με την κίνηση ενός αντικειμένου.	83,3	100
2	Οι μαθητές συνδέουν την άσκηση δύναμης με το σταμάτημα ενός αντικειμένου.	44,4	70
3	Οι μαθητές συνδέουν την άσκηση δύναμης με το 'σπρώχω'.	61,1	100
4	Οι μαθητές συνδέουν την άσκηση δύναμης με το 'τραβώ'.	61,1	80
5	Οι μαθητές αναγνωρίζουν την άσκηση δύναμης σε καταστάσεις μεταβολής της κατεύθυνσης της κίνησης κατόπιν επαφής με άλλο σώμα	55,6	90
6	Οι μαθητές συνδέουν την άσκηση δύναμης με την παραμόρφωση.	83,3	100
7	Οι μαθητές αναγνωρίζουν την άσκηση δύναμης σε περιπτώσεις όπου δεν έχουμε ορατά τα αποτελέσματα της δύναμης.	27,8	100
8	Οι μαθητές συνδέουν την κυκλική κίνηση με την άσκηση δύναμης	83,3	90
9	Οι μαθητές αναγνωρίζουν την άσκηση δύναμης σε καταστάσεις ισορροπίας ενός σώματος	50	60

Από την ανάλυση περιεχόμενου των απαντήσεων των μαθητών προέκυψαν 7 αντιλήψεις που συνδέονται και με τους αντίστοιχους στόχους του αναλυτικού προγράμματος.

Ερωτήσεις ανοικτού τύπου			
Αντιλήψεις των μαθητών		% ποσοστό μαθητών που είχαν την αντίληψη	
		ΠΡΙΝ από τη διδασκαλία	ΜΕΤΑ από τη διδασκαλία
1	Σύνδεση της δύναμης με την κίνηση ενός αντικειμένου.	72,2	30
2	Σύνδεση της δύναμης με την παραμόρφωση ενός αντικειμένου	5,6	60
3	Σύνδεση της δύναμης με το σταμάτημα ενός αντικειμένου.	0	50
4	Σύνδεση της δύναμης με την αλλαγή της κινητικής κατάστασης ενός σώματος.	0	50
5	Η δύναμη είναι εσωτερική ιδιότητα του αντικειμένου.	83,3	40
6	Η δύναμη είναι ιδιότητα των έμβιων αντικειμένων (του ανθρώπου)	66,7	0
7	Σύνδεση της δύναμης με την αλλαγή στην κατεύθυνση της κίνησης	22	60

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω αποτελέσματα, τα οποία συμφωνούν και με αντίστοιχες έρευνες σε άλλες χώρες (Driver R., et al, 1998), πριν τη διδασκαλία η πλειοψηφία των μαθητών συνέδεε τη δύναμη με την κίνηση ενός αντικειμένου (83,3%), από τους οποίους ένα πολύ μικρό ποσοστό θεωρούσε ότι η δύναμη ασκείται για να ξεκινήσει το σώμα (11%). Μετά τη διδασκαλία το ποσοστό των μαθητών που συνέδεε τη δύναμη με την έναρξη της κίνησης ανήλθε στο 80%, ενώ παράλληλα μόνο το 30% τη συνέδεε με την κίνηση. Πριν τη διδασκαλία, όπως φαίνεται από τα ποσοστά των θετικών απαντήσεων, οι μαθητές δεν ήταν σε θέση να αναγνωρίσουν αν ασκείται ή όχι δύναμη σε καταστάσεις από την καθημερινή ζωή, καθότι επέλεξαν με ένα τυχαίο τρόπο τις απαντήσεις τους. Μετά τη διδασκαλία αναγνωρίζουν ορθά αν ασκείται δύναμη σε ποσοστό από 70% έως 100%. Πριν τη διδασκαλία ένα πολύ μεγάλο ποσοστό (67%) των μαθητών θεωρούσε ότι μόνο τα έμβια αντικείμενα έχουν την ιδιότητα να ασκούν δυνάμεις (Driver R., et al, 1998), μετά τη διδασκαλία κανείς μαθητής δεν εξέφρασε την παραπάνω αντίληψη. Επίσης, πριν την διδασκαλία το 83,3% των μαθητών θεωρούσε τη δύναμη ως εσωτερική ιδιότητα των αντικειμένων. Το ποσοστό αυτό είναι μεγαλύτερο από το αναφερόμενο στη διεθνή βιβλιογραφία (Ιωαννίδης, Χ., Βοσνιάδου Σ., 1992), ενώ μετά τη διδασκαλία μειώνεται στο 40%. Κατά την άποψή μας αυτό οφείλεται στο ότι είχε προηγηθεί η διδασκαλία του μαθήματος: «Ο άνθρωπος και οι απλές μηχανές» στη Μελέτη Περιβάλλοντος, όπου η έννοια της δύναμης συνδέεται με το βάρος των σωμάτων.

Τα παραπάνω αποτελέσματα, κατά την άποψή μας, κινούνται προς την κατεύθυνση της αναδόμησης των εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών, ότι η δύναμη συνδέεται με την κίνηση και ότι είναι ιδιότητα των σωμάτων, και της οικοδόμησης της άποψης ότι η δύναμη συνδέεται με τη μεταβολή του τρόπου κίνησης (σταμάτημα/ ξε-

κίνημα, αλλαγή κατεύθυνσης) ενός σώματος. Αξίζει να σημειωθεί ότι το 50% των μαθητών στις ερωτήσεις ανοικτού τύπου ήταν σε θέση να διακρίνουν το σώμα στο οποίο ασκείται η δύναμη καθώς και το σώμα το οποίο ασκεί τη δύναμη, ενώ πριν τη διδακτική παρέμβαση ούτε ένας μαθητής δεν ήταν σε θέση να διατυπώσει μια ολοκληρωμένη απάντηση, έστω και μερικά σωστή. Ενδεικτικά αναφέρουμε την απάντηση ενός μαθητή σε ερώτηση που του ζητούσε να δικαιολογήσει αν ασκούνται δυνάμεις σε ένα μήλο που βρίσκεται πάνω στο θρανίο: *«Ασκούνται δυο δυνάμεις, η μια είναι το βάρος του μήλου που είναι προς τα κάτω και η άλλη από το θρανίο που είναι προς τα πάνω. Η μια εξουδετερώνει την άλλη γι' αυτό το μήλο δεν κινείται»*, ενώ η απάντηση του ίδιου μαθητή σε αντίστοιχη ερώτηση του pre-test ήταν: *«Η δύναμη ασκείται επειδή το βιβλίο έχει βάρος»*.

Επίσης ενώ δεν είχε γίνει καμιά εκπεφρασμένη αναφορά στην τάξη για το πώς σχεδιάζουμε δυνάμεις, εντούτοις το 60% των μαθητών στο post-test σχεδίαζε τις δυνάμεις και το 40% τις σχεδίαζε σωστά για την περίπτωση που ξεκινούσε ή σταματούσε το σώμα, ενώ στο pre-test τα αντίστοιχα ποσοστά ήταν 0%. Το παραπάνω αποτέλεσμα θεωρούμε ότι οφείλεται στη μοντελοποίηση του διανυσματικού χαρακτήρα της δύναμης μέσω του λογισμικού (στο επίπεδο του μοντέλου η δύναμη συμβολίζονταν πάντα ως διάνυσμα και το σώμα ως υλικό σημείο).

Από τα αποτελέσματα διακρίνεται μια σημαντική μετατόπιση των αντιλήψεων των μαθητών προς το προβαλλόμενο διδακτικό πρότυπο. Επιπλέον οι μαθητές παρουσίασαν μια εντυπωσιακή βελτίωση στη δυνατότητά τους να περιγράφουν φυσικά φαινόμενα με χρήση επιστημονικών όρων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ

Τα αποτελέσματα από την πιλοτική εφαρμογή του παραπάνω προγράμματος είναι αρκετά ενθαρρυντικά προς την κατεύθυνση της ποιοτικής προσέγγισης βασικών εννοιών της Μηχανικής από μαθητές μικρών ηλικιών. Στηριζόμενοι σε αυτό μας δίνεται η δυνατότητα της ποιοτικής προσέγγισης των νόμων κίνησης του Νεύτωνα και την κατανόηση βασικών εννοιών που συνδέονται με αυτούς, όπως της αδράνειας, της επιτάχυνσης, της αλληλεπίδρασης, σε μεγαλύτερες τάξεις της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Θεωρούμε ότι ο συνδυασμός της πραγματοποίησης απλών δραστηριοτήτων εποικοδομητικού χαρακτήρα από τους μαθητές και της δημιουργίας μαθησιακού περιβάλλοντος, που στηρίζεται στη διαδικασία μοντελοποίησης και στη χρήση των Νέων Τεχνολογιών, συνέβαλαν καθοριστικά ώστε να προκύψουν τα προαναφερθέντα θετικά αποτελέσματα (Σολομωνίδου Χ., 2000), (Τζιμογιάννης Α., 1999).

Η επέκταση της έρευνας τόσο χρονικά, ώστε να αντληθούν αποτελέσματα για την εξέλιξη των αντιλήψεων των ίδιων μαθητών σε διαδοχικές τάξεις, όσο και τοπικά σε μεγαλύτερο αριθμό σχολείων θα επιτρέψει προφανώς την εξαγωγή ασφαλέστερων συμπερασμάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Bar V., Zinn B. and Rubin E., (1997), Children's ideas about action at a distance, *International Journal of Science Education*, vol. 19(1), pp. 711-724.
2. De Kleer I. and Brown I. (1983). Assumptions and ambiguities in mechanistic mental models. In D. Gentner and A. Stevens (eds) *Mental Models*. 155-190.
3. Dimitriadis, P., Papatsimpa L., Imvroti D., Skalohoritis M., Kalkanis G., «*A constructivist approach of teaching interactions at primary school based on experiment, modeling and simulations*», International Conference on Physics education, Physics Beyond 2000, Barcelona, August 27 - September 1, 2000, Proceedings.
4. Doerr H. (1997). Experiment, simulation and analysis: an integrated instructional approach to the concept of force. *International Journal of Science Education* 19, 3, pp. 265 – 282
5. Driver R., Squires A., Rushworth P., Wood-Robinson V., «*Οικο-Δομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών, Μια παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών*», Επιμέλεια – πρόλογος: Κόκοτας Π., Μετάφ.: Χατζή Μ., Εκδόσεις: Τυπωθήτω, Δάρδανος Γ., Αθήνα 1998.
6. Duit R. (1993) *Research on Students' Conceptions Developments and Trends*. Proceedings of 3rd International seminar on misconceptions and Educational strategies in Science and Mathematics, Cornell University, Ithaca, NY.
7. Nersessian N., Resnick L., B. (1989), «*Comparing Historical and Intuitive Explanation of motion; Does... naïve physics.. have a structure?*», Proceedings of 11th annual conference of the cognitive science society, pp.412-417, (Hillsdale, N. J. Erlbaum).
8. Βοσνιάδου Σ., «*Γνωσιακή Ψυχολογία: Ψυχολογικές μελέτες και δοκίμια*», Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα 1998.
9. Βοσνιάδου Σ., «*Εισαγωγή στην Ψυχολογία*», Τόμος Α', Εκδόσεις Gutenberg, Αθήνα 2001.
10. Δημητριάδης Π., Παπατσιμπα Λ, Καλκάνης Γ., Αρβανιτάκης Δ., Θωμαδάκη Σ., Ιμβριώτη Δ., Παύλου Α., Σκαλοχωρίτης Μ., «*Διδασκαλία βασικών εννοιών της Φυσικής στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση και με χρήση Νέων Τεχνολογιών – Μία πρόταση αναλυτικού προγράμματος*», Συμπόσιο στο 3^ο Πανελλήνιο Συνέδριο στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και την Εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Ρέθυμνο, 2002
11. Δημητριάδης Π., Παπατσιμπα Λ., Ιμβριώτη Δ., Καλκάνης Γ., «*Πείραμα προσομοίωση και μοντελοποίηση: Μια διδακτική προσέγγιση της έννοιας της βαρυτικής δύναμης*», 2^ο Διεθνές Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών, Λευκωσία, Κύπρος, 2000
12. Ιωαννίδης Χ., Βοσνιάδου Σ.: «*Ιδέες των παιδιών σχολικής και προσχολικής ηλικίας για την έννοια της δύναμης*», Ψυχολογικές έρευνες στην Ελλάδα, 1, σσ. 65-77, Α.Π.Θ., Υπηρεσία Δημοσιευμάτων, Θεσσαλονίκη, 1992
13. Καραβελάκη – Καπλάνη Μ., Παπαπαναγιώτου Γ., «*Μια νέα προσέγγιση της διδασκαλίας της Φυσικής Λυκείου με χρήση multimedia εκπαιδευτικού λογισμικού*».

- Πρακτικά ημερίδας Η Πληροφορική στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, ΕΠΥ 1998.
14. Κουλαϊδής Β., Ράπτης Ν., «Ο υπολογιστής ως εργαλείο μάθησης: Η περίπτωση διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών», *Νέα Παιδεία*, τχ.61(1992) σσ.141-53
 15. Παπατσιμίπα Λ, Δημητριάδης Π., Αρβανιτάκης Δ., «Ένας αλληλεπιδραστικός «πολυμεσικός» οδηγός για τον εκπαιδευτικό: Μια πρόταση ενσωμάτωσης των Νέων Τεχνολογιών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση», 5^ο Πανελλήνιο Συνέδριο με διεθνή συμμετοχή: Διδακτική των Μαθηματικών και Πληροφορική στην Εκπαίδευση, Θεσσαλονίκη 12,13,14 Οκτωβρίου 2001.
 16. Σολωμονίδου Χ., «Η μάθηση με τη χρήση υπολογιστή: δεδομένα ερευνών», *Θέματα στην εκπαίδευση*, Εκδόσεις Leader books, Τόμος 1, τχ. 1, σ. 75, 2000
 17. Τζιμογιάννης Α., «Διδασκαλία Φυσικής και υπολογιστές: Μια εναλλακτική διδακτική προσέγγιση», *Σύγχρονη εκπαίδευση*, τχ. 105 (1999), σσ. 115-122.