

## **Μαθαίνοντας για τη θέση και τη μετατόπιση με ένα λογισμικό εποικοδομητικού τύπου**

*Μ. Σαμαράκου*

Τμήμα Ενεργειακής Τεχνολογίας, ΤΕΙ Αθηνών,  
Μ. Γρηγοριάδου, Τμήμα Πληροφορικής και Τη-  
λεπικοινωνιών, Πανεπιστήμιο Αθηνών, Δ. Μη-  
τρόπουλος, Τμήμα Πληροφορικής και Τηλεπι-  
κοινωνιών, Πανεπιστήμιο Αθηνών

## Εισαγωγή

Οι αντιλήψεις για τη μάθηση έχουν εξελιχθεί ριζικά τις τελευταίες δεκαετίες. Η ανάπτυξη της γνωσιακής επιστήμης και οι τεχνολογίες της πληροφορίας έχουν συμβάλει αποφασιστικά σ' αυτή την εξέλιξη (**Vosniadou, 1994b, De Corte, 1994**).

Η έρευνα σχετικά με τις μεθοδολογίες ανάπτυξης προϊόντων εκπαιδευτικού λογισμικού υποστηρίζει τη ανάγκη διεπιστημονικής συνεργασίας από τα πρώτα στάδια της σύλληψης, σχεδίασης και υλοποίησης προϊόντων εκπαιδευτικού λογισμικού (**Philokyprou et al., 1995**).

Η συμβολή της γνωσιακής έρευνας και της διδακτικής του γνωστικού αντικειμένου στη παραπάνω συνεργασία είναι κρίσιμης σημασίας στη καθοδήγηση της όλης προσπάθειας, ιδίως στα αρχικά στάδια της σύλληψης και σχεδίασης του όλου έργου (**Ohlsson, 1993**).

Οι σχεδιαστές του λογισμικού πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους κατά τη σχεδίαση και υλοποίηση του λογισμικού, τους μηχανισμούς μάθησης και τις δυσκολίες που έχουν οι μαθητές στην κατανόηση των επιστημονικών εννοιών, αυξάνοντας έτσι την ευλυγισία του προϊόντος στον επιτυχή χειρισμό μαθησιακών καταστάσεων (**Gagne, 1976**).

Μεγάλος αριθμός ερευνών δείχνει ότι οι μαθητές όλων των εκπαιδευτικών βαθμίδων αντιμετωπίζουν συχνά μεγάλη δυσκολία στην κατανόηση των επιστημονικών εννοιών (**Driver et al., 1985, Vosniadou, 1994a**). Οι παρανοήσεις, η αδρανής γνώση, τα λάθη και οι αντιφάσεις στη λύση ασκήσεων και στην ερμηνεία φυσικών φαινομένων είναι τέσσερις κατηγορίες προβλημάτων που συναντώνται πολύ συχνά ανάμεσα στους μαθητές των φυσικών επιστημών.

**Παρανοήσεις:** Μεγάλο μέρος της ευθύνης για την ύπαρξη δυσκολιών στην κατανόηση των επιστημονικών απόψεων αποδίδεται στη δημιουργία εκ μέρους των μαθητών εναλλακτικών τρόπων ερμηνείας των φυσικών φαινομένων γνωστών ως “παρανοήσεις” (*misconceptions/preconceptions*) (**Clement, 1982, Whitaker, 1983, DiSessa, 1988**). Για παράδειγμα μια πολύ συνηθισμένη παρανόηση σε σχέση με την έννοια της δύναμης και της κίνησης, η οποία δημιουργεί προβλήματα στην κατανόηση των αντίστοιχων επιστημονικών εννοιών, είναι η αντίληψη των μαθητών ότι όταν ένα αίτιο θέσει σε κίνηση ένα σώμα εμβάλλει σ' αυτό μια εσωτερική δύναμη η οποία εξηγεί την, για κάποιο χρόνο, διατήρηση της κίνησης του σώματος, όταν αυτό έχει χάσει πλέον την επαφή του με το αίτιο (**DiSessa, 1988, White, 1993, Viennot, 1979, Ιωαννίδης & Βοσνιάδου, 1994**). Η δημιουργία των παρανοήσεων οφείλεται στην ύπαρξη εδραιωμένων πεποιθήσεων που α-

ποκτώνται από τα πρώτα ακόμη χρόνια της ζωής των παιδιών ως αποτέλεσμα της καθημερινής αλληλεπίδρασης τους με το φυσικό τους περιβάλλον (**Bliss & Ogborn, 1994**). Έτσι, ο σχηματισμός της παραπάνω παρανόησης μπορεί να αποδοθεί στην ύπαρξη της πεποίθησης ότι η κίνηση χρειάζεται πάντοτε κάποιο αίτιο που να την εξηγεί. Η συνειδητοποίηση εκ μέρους των μαθητών της ύπαρξης των πεποιθήσεων τους καθώς και της επεξηγηματικής ανεπάρκειας αυτών είναι απαραίτητες προϋποθέσεις που θα οδηγήσουν στην άρση των παρανοήσεων (**Vosniadou, 1994a**).

*Αδρανής γνώση:* Χαρακτηρίζει τους μαθητές εκείνους που έχουν μια επιφανειακή κατανόηση των επιστημονικών θέσεων. Οι μαθητές αυτοί αδυνατούν να χρησιμοποιήσουν τις γνώσεις τους με παραγωγικό τρόπο για την επίλυση ασκήσεων ακόμη και ελάχιστα διαφορετικών από εκείνες που έχουν διδαχθεί ή για την ερμηνεία φαινομένων από τον πραγματικό κόσμο. Η έμφαση στην σύνδεση της καθημερινής ζωής με την επιστημονική θεωρία και η χρησιμοποίηση μοντέλων για την αναπαράσταση των φυσικών φαινομένων παράλληλα με τις λεκτικές περιγραφές μπορούν να συμβάλουν στην απόκτηση ευέλικτης και δημιουργικής επιστημονικής σκέψης (**Bereiter, 1993**).

*Λάθη και αντιφάσεις στη λύση προβλημάτων:* Πολλοί μαθητές αδυνατούν να δώσουν μια ικανοποιητική εξήγηση για τη στρατηγική που ακολουθούν προκειμένου να λύσουν ένα πρόβλημα. Είναι φανερό ότι αυτό που επιδιώκουν είναι να βρουν τον κατάλληλο συνδυασμό των εξισώσεων που θεωρούν ότι σχετίζονται με το πρόβλημα και εμπεριέχουν γνωστά και άγνωστα μεγέθη του προβλήματος (**Simon & Larkin, 1981**). Συχνότατο, επίσης, φαινόμενο είναι οι μαθητές να δίνουν αντιφατικές επεξηγήσεις σε παρόμοια φαινόμενα ή να λύνουν με αντιφατικό τρόπο παρόμοια προβλήματα (**DiSessa, 1993**). Τα δύο παραπάνω προβλήματα είναι αποτέλεσμα της αδυναμίας των μαθητών να διαμορφώσουν ικανοποιητικές αναπαραστάσεις των φαινομένων κάτι που είναι αναμενόμενο, όταν η παραδοσιακή διδασκαλία αρκείται στο να κάνει τους μαθητές ικανούς να επαναλαμβάνουν ορισμούς και να επιλύουν με μηχανικό τρόπο τυποποιημένα προβλήματα.

Το ζήτημα της νοητικής αλλαγής στο χώρο των φυσικών επιστημών και η εντόπιση των μηχανισμών που την ευνοούν ή την εμποδίζουν είναι ένα από τα θεμελιώδη ερωτήματα της γνωστικής ψυχολογία σήμερα (**Vosniadou, 1994b**). Επιπλέον, όλο και περισσότεροι ερευνητές αναγνωρίζουν τη ανάγκη της σύγχρονης μελέτης των νοητικών αλλαγών και αλλαγών στρατηγικής στη μάθηση σε σχέση πάντοτε με το προηγούμενο επίπεδο γνώσης του μαθητή και το γενικό επίπεδο γνωστικής ανάπτυξης και

εμπειρίας του (**Smith et al., 1993, VanLehn, 1994, Elio & Scharf, 1990, Newell, 1990, κλπ.**).

Έτσι, η σημερινή έρευνα προσπαθεί να εντοπίσει τις αλλαγές στις αντιλήψεις και γνώσεις που είναι ικανός να χρησιμοποιήσει ο μαθητής σε σχέση με τις γενικές στρατηγικές προσέγγισης προβλημάτων που διαθέτει ανάλογα με το επίπεδο ανάπτυξης που βρίσκεται (*domain-general, weak strategies*) (**Anderson, 1990**), αλλά και τις ειδικές στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων (*domain-specific strategies*) που βαθμιαία αναπτύσσει σε μία συγκεκριμένη περιοχή της φυσικής (**Spada & Ploetzner, 1994**).

### **Βασικές αρχές σχεδίασης εκπαιδευτικού λογισμικού εποικοδομητικού τύπου για τη Φυσική**

Η υλοποίηση εκπαιδευτικών περιβαλλόντων είναι εργαλείο για την ανίχνευση των εννοιολογικών δυσκολιών στη περιοχή αυτή, επειδή οι προσομοιώσεις των φυσικών καταστάσεων μπορούν να δρουν σε διαφορετικά επίπεδα αφαίρεσης (από ποιοτικό σε ποσοτικό), να επιτρέπουν την εξερεύνηση ενός μεγάλου αριθμού παραδειγμάτων και τέλος να δίνουν τη δυνατότητα στο μαθητή να αποκτά επίγνωση των αντιφάσεων του. Οι προσομοιώσεις έχουν ιδιαίτερη αξία, γιατί ως ενδιαμέσο επίπεδο αφαίρεσης, ανάμεσα στο ‘πραγματικό’ του φαινομένου και το ‘αφηρημένο’ του μοντέλου (**Hebenstreit, 1992**), βοηθούν τον μαθητή να διαμορφώσει μια πιο σαφή εικόνα της λειτουργίας του φαινομένου (**Teodoro, 1994**).

Η διδακτική προσέγγιση του εκπαιδευτικού σχεδιασμού του λογισμικού έχει σαν σημείο αφετηρίας τις γνωστικές δομές του μαθητή, που είναι συχνά πρόδρομοι δομών επιδεκτικών σε παραπέρα ανάπτυξη (**DiSessa, 1988**), και δεν βασίζεται στην απλή μετάδοση των γνώσεων και των διαδικασιών του ειδήμονα Φυσικού. Το λογισμικό επικεντρώνεται στις δυσκολίες και τις λανθασμένες αντιλήψεις των μαθητών. Από τη μία μεριά προσπαθεί να τις φέρει στην επιφάνεια (μέσα από κατάλληλα προβλήματα και ερωτήσεις) και από την άλλη καθορίζει τις προτεινόμενες μαθησιακές καταστάσεις ώστε να προσφέρει ευκαιρίες για εμπλουτισμό των γνώσεων, για εννοιολογική αλλαγή και ανασυγκρότηση (**Vosniadou, 1994a**).

Το λογισμικό περιέχει μαθησιακές καταστάσεις που στοχεύουν στην συσχέτιση ανάμεσα στα φυσικά φαινόμενα και την μοντελοποίηση τους καθώς και ανάμεσα στις διαφορετικές συμβολικές αναπαραστάσεις των μεγεθών που τα περιγράφουν. Οι μαθητές έχουν ιδιαίτερες δυσκολίες στην κατανόηση και χρήση των συμβολικών αναπαραστάσεων. Γι’ αυτό το λόγο δίνεται η δυνατότητα συσχέτισης και μετάβασης από την μία αναπαράστα-

ση στην άλλη: από το παρατηρούμενο φαινόμενο στην μοντελοποίηση του, από την περιγραφή με όρους αντικειμένων και γεγονότων (στην εκφώνηση του προβλήματος) στην συμβολική αναπαράσταση των φυσικών μεγεθών που το περιγράφουν, και τέλος στην αναπαράσταση των σχέσεων ανάμεσα στα μεγέθη: πίνακες τιμών, γραφικές παραστάσεις, εξισώσεις.

Το λογισμικό οργανώνει την ακολουθία των καταστάσεων μάθησης, είτε για να εισάγει κάτι νέο, είτε για να συγκεντρώσει στοιχεία διάγνωσης, είτε ακόμα για να οδηγήσει τον μαθητή να συμπεράνει κάτι. Στην οργάνωση των καταστάσεων αυτών χρησιμοποιεί, εν γένει, την προσέγγιση της σταδιακής μετάβασης από γνώση χαμηλότερου επιπέδου προς πολυπλοκότερα γνωστικά αντικείμενα, παίρνοντας συγχρόνως υπόψη τις υπάρχουσες γνώσεις των μαθητών, καθώς και την ακολουθία της ανάπτυξης των εννοιών στους μαθητές.

Προτρέπει τον μαθητή να συλλογιστεί πάνω στον ίδιο τον συλλογισμό του, καθώς και να αναλύσει ορισμένους αυτοματοποιημένους συλλογισμούς. Ο διδακτικός στόχος είναι από την μια πλευρά η απόκτηση μεταγνώσεων (**Vosniadou, 1994a, Φιλοκύπρου κ.α., 1994**), και από την άλλη η απόκτηση διαδικασιών ελέγχου των συλλογισμών, που μερικές φορές εμπεριέχουν λανθασμένες θεωρήσεις.

Βασική φροντίδα είναι η δραστηριοποίηση του μαθητή και η διαρκής ενεργοποίηση του ενδιαφέροντος του. Θα πρέπει να σημειωθεί ότι ενδιαφέρει να το επιτύχουμε με ουσιαστικά μαθησιακά μέσα, αλλά και με τεχνητούς τρόπους (εντυπωσιακά γραφικά, ήχους κτλ). Για παράδειγμα, το λογισμικό δεν παρεμβαίνει για να διορθώσει το 'λάθος', αλλά αφήνει τον μαθητή να το διορθώσει από μόνος του, κινητοποιώντας τις γνωστικές του πηγές (η άμεση διόρθωση των λαθών οδηγεί σε παθητική παρακολούθηση). Όσον αφορά τα αντικείμενα διδασκαλίας, προσπαθούμε να αποφύγουμε (όσο αυτό είναι δυνατό), την άμεση παρουσίαση τους, οδηγώντας τον μαθητή να τα 'ανακαλύψει' από μόνος του, σε συνεργασία με τους άλλους μαθητές.

Σημαντική θεώρηση στον σχεδιασμό του λογισμικού είναι πως το λάθος αποτελεί συστατικό στοιχείο της διαδικασίας της μάθησης, κατά συνέπεια δεν προσπαθούμε να αποτρέψουμε την εμφάνιση του με τεχνικούς τρόπους (εξωτερικές διαδικασίες καθοδήγησης) και δεν αρκούμαστε στο να δηλώσουμε στον μαθητή εάν η απάντηση του είναι σωστή ή λάθος. Το λογισμικό έχει σαν στόχο, να οδηγήσει τον ίδιο τον μαθητή στην διόρθωση (**Nathan et al., 1994**). Μια από τις διαδικασίες που ακολουθούνται για το σκοπό αυτό είναι ο κύκλος δοκιμής – πραγματικότητας, δηλαδή η δυνατότητα που παρέχεται στο μαθητή να κάνει προβλέψεις εκφράζοντας με αυ-

τόν τον τρόπο τις ιδέες του, και να τις συγκρίνει με τις πραγματικές καταστάσεις.

Η διδακτική παρέμβαση δεν συνίσταται σε μια αυστηρή (βήμα προς βήμα) καθοδήγηση του μαθητή. Το λογισμικό εισάγει γνωστικά βοηθήματα, αντιμετωπίζει τα λάθη δίνοντάς του οπτική ανάδραση των ενεργειών του, αλλά ταυτόχρονα επιτρέπει στον μαθητή να εκτελεί μόνος του κάθε καθήκον, δίχως άμεση παρέμβαση στο συλλογισμό του και δίχως περιορισμούς στη σειρά των δράσεων του.

Όσον αφορά στον σχεδιασμό, η διδακτική προσέγγιση είναι επικεντρωμένη στο πρόβλημα. Θεωρώντας ότι η μάθηση είναι μια προσωπική ενεργή διαδικασία, θέτουμε τον μαθητή σε κατάσταση λύσης προβλημάτων, για να επεξεργαστούμε τις έννοιες, τις σχέσεις μεταξύ των εννοιών και τους νόμους.

Για να έχουν τα παραπάνω ένα πλήρες αποτέλεσμα θα πρέπει να γίνει η ένταξη του λογισμικού στην διδακτική πράξη την κατάλληλη στιγμή, χρησιμοποιώντας την κατάλληλη παιδαγωγική στρατηγική. Ο ρόλος του δασκάλου παραμένει κεντρικός τόσο όσον αφορά την κατάλληλη ένταξη του λογισμικού, όσο και το προτεινόμενο λογισμικό με εγχειρίδιο για τον διδάσκοντα, το οποίο θα αναλύει, τα χαρακτηριστικά του λογισμικού, την διδακτική και παιδαγωγική του προσέγγιση, και κυρίως θα προτείνει σεβάρια ένταξης του στην διδακτική πράξη.

### **Το λογισμικό «Διανύσματα στη Φυσική και τα Μαθηματικά»**

Ένα λογισμικό που στηρίχθηκε στις παραπάνω θεωρήσεις είναι το εκπαιδευτικό λογισμικό **«Διανύσματα στη Φυσική και τα Μαθηματικά»**. Απευθύνεται σε μαθητές της Β΄ και Γ΄ τάξης του Γυμνασίου, όμως μπορεί επιλεκτικά να χρησιμοποιηθεί και για τη διδασκαλία στο Λύκειο. Περιλαμβάνει τις εξής θεματικές ενότητες:

- Θέση – Μετατόπιση
- Κινήσεις
- Δυνάμεις – Ισορροπία
- Δυνάμεις – Κίνηση

Η ανάπτυξη του έγινε στα πλαίσια του προγράμματος του Υπουργείου Παιδείας ΣΕΙΡΗΝΕΣ και χρηματοδοτήθηκε από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Εκπαίδευσης και Αρχικής Επαγγελματικής Κατάρτισης (ΕΠΕΑ-ΕΚ). Για την ολοκλήρωση του έργου συνεργάστηκαν το Τμήμα Πληροφορικής του Πανεπιστημίου Αθηνών, Το Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας και οι εταιρείες 01-ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗ

και INTE\*LEARN.

Το λογισμικό αυτό επικεντρώνεται στις δυσκολίες και στις λανθασμένες αντιλήψεις των μαθητών, που αφορούν στη κατανόηση των διανυσματικών εννοιών στα Μαθηματικά και στη Φυσική, καθώς και στη χρήση διανυσμάτων για την περιγραφή και εξήγηση διαφόρων καταστάσεων και φυσικών φαινομένων που διδάσκονται στο σχολείο ή που γνωρίζουν ήδη από την καθημερινή ζωή και τα οποία εισάγουν παρανοήσεις και αδρανή γνώση.

### Διδακτική του γνωστικού αντικειμένου

Οι μαθητές δυσκολεύονται να κατανοήσουν τα διανύσματα στα Μαθηματικά (**Am. NTCM, 1987**) και αιτία είναι η μετάβαση από το σύνολο των πραγματικών αριθμών με τις πράξεις τους (σώμα πραγματικών αριθμών) σε ένα καινούργιο σύνολο μαθηματικών αντικειμένων. Οι έρευνες στην περιοχή των Μαθηματικών δείχνουν ότι συνηθισμένες δυσκολίες και παρανοήσεις που έχουν μαθητές διαφόρων ηλικιών είναι:

- Η κατανόηση ότι ένα διάνυσμα χαρακτηρίζεται και από άλλα στοιχεία πέρα από ένα αριθμό που εκφράζει μόνο το μέτρο του και η δυσκολία σύγκρισης δύο διανυσμάτων λαμβάνοντας υπόψη όλα τα χαρακτηριστικά τους.
- Σύγχυση της πρόσθεσης διανυσμάτων με την πρόσθεση αριθμών, δηλαδή αθροίζουν δύο διανύσματα λαμβάνοντας υπόψη μόνο το μέτρο τους.
- Παρανόηση ότι ευθύγραμμο τμήμα και διάνυσμα είναι το ίδιο μαθηματικό αντικείμενο και σύγχυση της πρόσθεσης διανυσμάτων με την πρόσθεση ευθυγράμμων τμημάτων.

Η χρήση του υπολογιστή μας δίνει την δυνατότητα μοντελοποίησης αφηρημένων και μη παρατηρήσιμων αντικειμένων ή διεργασιών. Το διάνυσμα παραδείγματος χάριν, όπως δημιουργείται από τον υπολογιστή, είναι ένα συμπαγές - αφηρημένο αντικείμενο (concrete - abstract object) (**Teodoro, 1994**), μοντέλο μιας αφηρημένης μαθηματικής έννοιας και αποτελεί ξεκάθαρο και ευκρινές παράδειγμα της έννοιας αυτής, περιορίζοντας έτσι την πιθανότητα παρανόησης. Ο μαθητής μπορεί να το χειριστεί, να το μετρήσει, να το τροποποιήσει, να το χρησιμοποιήσει για τη συμβολική αναπαράσταση φυσικών μεγεθών, εμπλουτίζοντας έτσι τις πρωτογενείς εμπειρίες του.

Στο χώρο της Φυσικής, επιπλέον, οι οντότητες που συμβολίζουμε με διανύσματα δεν είναι άμεσα παρατηρήσιμες και “χειροπιαστές”, αλλά γίνονται συνήθως αντιληπτές μέσα από τα αποτελέσματά τους. Τα διανύ-



σματα στη Φυσική συμβάλλουν στην μοντελοποίηση της πραγματικότητας (Grigoriadou & Samarakou, 1993, Raghavan & Glaser, 1994), με όλες τις δυσκολίες που συνεπάγεται μια τέτοια διαδικασία (Mitropoulos et al., 1996). Είναι γνωστό ότι, κατά τη διδασκαλία της Φυσικής, δεν είναι καθόλου εύκολη για τους μαθητές η μετάβαση από το επίπεδο της εμπειρικής πραγματικότητας στο επίπεδο των μοντέλων και στο συμβολικό επίπεδο (Bliss, 1994). Για το λόγο αυτό, τα διανύσματα δεν πρέπει να διδάσκονται απλά ως μαθηματικές οντότητες, αλλά πρέπει να επιδιώκεται συνειδητά η σύνδεσή τους με κατάλληλα επιλεγμένες πραγματικές καταστάσεις που εισάγουν σταδιακά επίπεδα συμβολικής αφαίρεσης, προχωρώντας από τα απλούστερα στα πιο αφηρημένα, π.χ. διαδοχική εισαγωγή της έννοιας των διανυσμάτων μετατόπισης - θέσης, ταχύτητας, επιτάχυνσης (Samarakou et al., 1997).

Ο μαθητής στην καθημερινή του ζωή έχει βιώσει εμπειρίες που περιέχουν τις έννοιες απόστασης και κατεύθυνσης. Γι' αυτό επιλέξαμε στην πρώτη ενότητα δραστηριότητες που σχετίζονται με διανύσματα θέσης ή μετατόπισης. Τα διανύσματα αυτά αντιστοιχούν σε κάποια απόσταση προς κάποια κατεύθυνση στον πραγματικό χώρο (ή έστω υπό κλίμακα στο χώρο εργασίας) και συσχετίζονται με ερωτήματα του τύπου «πού βρίσκομαι», «προς τα πού και πόσο μακριά μετακινούμαι», γεγονός που είναι σύμφωνο με την εμπειρία του μαθητή, και τον βοηθάει να αποδεχθεί πιο εύκολα τη χρήση τους και τις ιδιότητές τους.

Στην ενότητα «Κινήσεις» χρησιμοποιούμε κατ' αρχήν την έννοια της ταχύτητας σαν παράδειγμα διανυσματικού μεγέθους που, αν και η κατεύθυνσή του συμφωνεί με την κατεύθυνση της κίνησης, το μέτρο του δεν σημαίνει «πόσο μακριά» αλλά «πόσο γρήγορα» (με την έννοια του ρυθμού). Η εμπειρία του «πόσο γρήγορα» ενυπάρχει στον γνωστικό κόσμο του μαθητή (παρόλο που συγχέεται πολλές φορές με το «πόσο σύντομα») και μπορεί να τον βοηθήσει να αναπτύξει δραστηριότητα, ώστε να εξωτερικεύσει και να επεξεργαστεί το δικό του νοητικό μοντέλο για την ταχύτητα και να περάσει στο «πόσο γρήγορα μεταβάλλεται η θέση». Η μεταβολή του διανύσματος θέσης (η μετατόπιση) σε μια κίνηση γίνεται προς την κατεύθυνση της ταχύτητας και ο μαθητής μέσα από κατάλληλη δραστηριότητα αποκτάει την εμπειρία ότι ένα διάνυσμα σχετίζεται με τη μεταβολή κάποιου άλλου. Οι ιδέες αυτές προεκτείνονται στην έννοια της επιτάχυνσης (το διάνυσμα που σχετίζεται με τη μεταβολή της ταχύτητας), και στο «πόσο γρήγορα μεταβάλλεται η ταχύτητα».

Σχετικά με την έννοια της δύναμης εστιάσαμε την σχεδίαση στην αντιμετώπιση των παρανοήσεων που αναδεικνύονται σε μαθητές διαφόρων

ηλικιών, όπως (Watts, 1983, Twigger et al., 1994, Solomonidou et al., 1997):

- “Όπου και όταν υπάρχει κίνηση, υπάρχει μια δύναμη στην κατεύθυνση της κίνησης” - “Σταθερή κίνηση απαιτεί σταθερή δύναμη”. Συχνά επίσης επικρατεί σύγχυση ως προς τη χρονική διάρκεια της επίδρασης μιας δύναμης σε ένα σώμα. Μια αρχική δύναμη δηλαδή θεωρείται ότι ασκείται διαρκώς σε όλη της διάρκεια της κίνησης.
- Σε σώματα που ηρεμούν δεν ενεργούν δυνάμεις” ή “Όχι κίνηση - όχι δύναμη”.
- “Τα βαρύτερα σώματα πέφτουν γρηγορότερα από τα ελαφρύτερα”.

Για το σκοπό αυτό παρέχουμε στο μαθητή τη δυνατότητα, μέσα από τις επιλεγμένες δραστηριότητες, να κάνει προβλέψεις εξωτερικεύοντας το νοητικό του μοντέλο (π.χ. προτείνοντάς του να σχεδιάσει τις δυνάμεις που νομίζει ότι ασκούνται σε κάποιο σώμα που ισορροπεί), να δοκιμάσει το αποτέλεσμα της πρόβλεψής του και να κάνει σύγκριση με την πραγματικότητα, ώστε να οδηγηθεί σταδιακά σε μια βαθύτερη κατανόηση της Νευτώνειας Μηχανικής. Οι δραστηριότητες που προτείνονται στο μαθητή σχεδιάστηκαν με στόχο την:

- Κατανόηση του βάρους ενός σώματος ως δύναμης που το αναγκάζει να κινηθεί προς τη Γη. Κατανόηση του τρόπου εμφάνισης της τάσης ενός ελατηρίου όταν συγκρατεί κάποιο σώμα. Κατανόηση της εφαρμογής της συνθήκης ισορροπίας.
- Κατανόηση του βάρους ενός σώματος ως δύναμης αλληλεπίδρασής του με τη Γη. Κατανόηση της εφαρμογής του 3ου νόμου του Νεύτωνα καθώς και της συνθήκης ισορροπίας. Κατανόηση του ρόλου της δύναμης επαφής από το τραπέζι ως δύναμης στήριξης (Σολομωνίδου & Σταυρίδου, 1993).
- Κατανόηση του ρόλου της στατικής τριβής, του τρόπου που μεταβάλλεται και των παραγόντων από τους οποίους επηρεάζεται.
- Εξοικείωση με την ισορροπία σώματος με την επίδραση τριών μη συγγραμμικών δυνάμεων.
- Κατανόηση των παραγόντων που επηρεάζουν την τριβή ολίσθησης.
- Κατανόηση του ρόλου της αντίστασης του αέρα κατά την πτώση των σωμάτων.
- Κατανόηση της έννοιας «προς τα κάτω» όταν «βλέπουμε» τη Γη και τα σώματα γύρω της από μακριά. Η δράση της βαρυτικής αλληλεπίδρασης σε σώμα ακίνητο αρχικά ως προς τη Γη.

### Διδακτικοί και μαθησιακοί στόχοι

Το λογισμικό «Διανύσματα στη Φυσική και τα Μαθηματικά» σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε για να χρησιμεύσει ως ένα σύγχρονο και αποτελεσματικό εργαλείο υποβοήθησης του διδάσκοντα στο εκπαιδευτικό του έργο. Οι γενικοί διδακτικοί και μαθησιακοί στόχοι που αναφέρονται στη χρήση του λογισμικού είναι οι ακόλουθοι:

- Να βοηθήσει τον μαθητή μέσα από τη χρήση του λογισμικού να εξοικειωθεί με τις ιδιότητες των διανυσμάτων, να συνειδητοποιήσει την αναγκαιότητα και τη χρησιμότητά τους και να αποκτήσει ευχέρεια στο χειρισμό τους.
- Να γίνει ο μαθητής ικανός χρησιμοποιεί τα διανύσματα για να επιλύει προβλήματα και να εξηγεί φαινόμενα με την κατάλληλη χρησιμοποίηση των βασικών εννοιών και νόμων της Φυσικής και των Μαθηματικών.
- Να συνδέσει τα διανύσματα και τις διανυσματικές φυσικές έννοιες με φαινόμενα της καθημερινής ζωής, μέσα από επιλεγμένα προβλήματα και δραστηριότητες, έτσι ώστε να αποκτήσει λειτουργική γνώση.
- Να συμβάλει στην ανάπτυξη μιας πιο θετικής στάσης των μαθητών σε σχέση με τις Φυσικές Επιστήμες.

### Λειτουργικά χαρακτηριστικά του λογισμικού

Με το λογισμικό αυτό επιχειρείται να αντικατασταθεί το παραδοσιακό σχήμα διδασκαλίας και μάθησης, όπου ο καθηγητής είναι «πομπός» της γνώσης και ο μαθητής «δέκτης», περισσότερο ή λιγότερο παθητικός. Ο καθηγητής αποκτά ένα ρόλο πολύ πιο σημαντικό και πολύπλοκο που συνίσταται στο να καθοδηγεί, να εμπνυχώνει και να ανταποκρίνεται όσο γίνεται καλύτερα στις ανάγκες των μαθητών, ρυθμίζοντας την αλληλεπίδρασή τους με το πρόγραμμα, ευνοώντας την έκφραση των ιδεών των μαθητών και την οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης από μέρους τους.

Ο μαθητής παύει πλέον να τοποθετείται στη θέση του παθητικού δέκτη της έτοιμης γνώσης που του προσφέρεται με την παράδοση του μαθήματος. Αντίθετα, γίνεται πρωταγωνιστής της μαθησιακής διαδικασίας καθώς οικοδομεί τη γνώση του αλληλεπιδρώντας με το λογισμικό, με τους συμμαθητές του και με τον καθηγητή.

Η χρήση του υπολογιστή μας δίνει την δυνατότητα μοντελοποίησης και οπτικοποίησης αφηρημένων και μη παρατηρήσιμων αντικειμένων ή διεργασιών. Το διάνυσμα, όπως δημιουργείται από τον υπολογιστή, είναι ένα συμπαγές - αφηρημένο αντικείμενο (concrete - abstract object) (**Teodoro,**

**1994**), μοντέλο μιας αφηρημένης μαθηματικής έννοιας και αποτελεί ξεκάθαρο και ευκρινές παράδειγμα της έννοιας αυτής, περιορίζοντας έτσι την πιθανότητα παρανόησης. Ο μαθητής μπορεί να το χειριστεί, να το μετρήσει, να το τροποποιήσει, να το συνδέσει με καταστάσεις και φαινόμενα της καθημερινής ζωής και να το χρησιμοποιήσει για τη συμβολική αναπαράσταση φυσικών μεγεθών, εμπλουτίζοντας έτσι τις πρωτογενείς του εμπειρίες.

Τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του λογισμικού συνοψίζονται στα εξής:

- Δίνει έμφαση στην εμπλοκή του μαθητή σε αυθεντικές δραστηριότητες που αντικατοπτρίζουν αυτά που συμβαίνουν στον πραγματικό κόσμο (**Brown et al., 1989**).
- Υποστηρίζει τη δημιουργική δραστηριότητα του μαθητή επιτρέποντάς του, μέσα σε συγκεκριμένο πλαίσιο, να έχει τον έλεγχο της διαδικασίας της μάθησης, αλλά επίσης παρέχοντάς του βοήθεια και καθοδήγηση όταν χρειάζεται (**Driver, 1983**).
- Λαμβάνει υπόψη τις βασισμένες στην εμπειρία αναπαραστάσεις του μαθητή για τον πραγματικό κόσμο, επιτρέποντας σ' αυτές να εκφράζονται και να εξωτερικεύονται, ώστε ο μαθητής να ελέγχει την ισχύ τους και, ερχόμενος αντιμέτωπος με τις παρανοήσεις του, να συνειδητοποιεί την περιορισμένη εμβέλειά τους (μετα-εννοιολογική επίγνωση) (**Vosniadou, 1994a, Duit, 1991**).
- Υποβοηθά τον διδάσκοντα στην κατεύθυνση της αναβάθμισης του διδακτικού και παιδαγωγικού του έργου, δίνοντας του δυνατότητες να κάνει διαφορετικά, καλύτερα και περισσότερα πράγματα, πάνω στο ίδιο γνωστικό αντικείμενο, δίχως να υποκαθιστά τον ίδιο ή τα άλλα διδακτικά του εργαλεία (βιβλίο, εργαστήριο).
- Λαμβάνει υπόψη τις πραγματικές συνθήκες διδασκαλίας μέσα στο πλαίσιο του σχολικού συστήματος.  
Πολύ σημαντική θεωρείται η υποκίνηση του ενδιαφέροντος και η ενεργός συμμετοχή του μαθητή κατά τη χρήση του λογισμικού, και για το σκοπό αυτό του παρέχεται η δυνατότητα:
  - να χειρίζεται με ευκολία, με γραφικό τρόπο (με το ποντίκι), το περιβάλλον, τη σχεδίαση διανυσμάτων ή την τροποποίησή τους, τις εκάστοτε απαιτούμενες μετρήσεις μήκους ή γωνίας, τις αλλαγές κλίμακας, την εμφάνιση ή απόκρυψη στοιχείων του interface, κλπ.,
  - να πειραματίζεται ελεύθερα, δοκιμάζοντας τις δικές του επιλογές, όπου αυτό κρίνεται σκόπιμο,
  - να εκτελεί διάφορες εργασίες, έχοντας οπτική ανάδραση του αποτελέ-

σματος των ενεργειών του, ώστε να διαπιστώνει μόνος του τυχόν λανθασμένες ενέργειες και να ενεργοποιείται προς την κατεύθυνση της διόρθωσης του λάθους του,

- να αναζητά και να βρίσκει βοήθεια όταν του είναι απαραίτητη, ώστε να μην απογοητεύεται και χάνει το ενδιαφέρον του,
- του παρέχεται επίσης, με τη χρήση των πολυμέσων (multimedia), ηχητική ενημέρωση και ηχητική ανάδραση των ενεργειών του, αλληλεπιδραστική κινούμενη εικόνα και δυνατότητες υπερκειμένου (hypertext) και υπερμέσου (hypermedia).

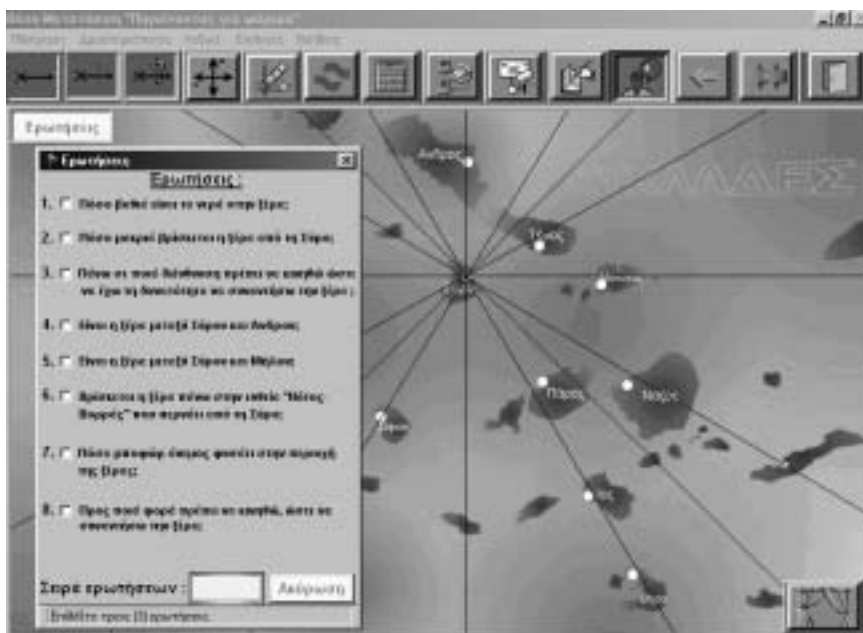
Στη συνέχεια θα περιγράψουμε πιο αναλυτικά τις προτεινόμενες στο μαθητή δραστηριότητες και το περιβάλλον εργασίας του λογισμικού για την πρώτη ενότητα, την ενότητα «Θέση – Μετατόπιση».

### **Περιγραφή και δραστηριότητες της ενότητας «θέση – μετατόπιση»**

Με την ενότητα «Θέση – Μετατόπιση» επιδιώκεται να γίνει εισαγωγή του διανύσματος θέσης και του διανύσματος μετατόπισης. Συνήθως στη διδασκαλία της Φυσικής στο Γυμνάσιο δεν χρησιμοποιείται το διάνυσμα για την περιγραφή ή τον συμβολισμό της θέσης ή της μετατόπισης. Το γεγονός αυτό θεωρούμε ότι αποτελεί παράλειψη, εφόσον μια τέτοια προσέγγιση μπορεί να προσφέρει τη δυνατότητα αφενός στη διδασκαλία των Μαθηματικών να αντιστοιχίσει το αφηρημένο σύμβολο του διανύσματος με κάτι το πραγματικό, και αφετέρου στη διδασκαλία της Φυσικής, και ιδιαίτερα της Μηχανικής, να εισαγάγει το σύμβολο του διανύσματος σε συνδυασμό με μια έννοια στατική, όπως είναι η θέση, και στη συνέχεια με μια έννοια δυναμική, όπως είναι η μετατόπιση. Από κει και έπειτα, οι έννοιες της Μηχανικής που παριστάνονται με διανύσματα, όπως ταχύτητα, επιτάχυνση, δύναμη, ορμή, μπορούν εύκολα να εισαχθούν διαδοχικά, ως έννοιες που στηρίζονται ή μια στην προηγούμενή της, και η αλληλουχία αυτή θα έχει ως έννοια-αφετηρία το διάνυσμα θέσης και το διάνυσμα μετατόπισης.

Με τον τρόπο αυτό πιστεύουμε ότι η επιστημονική γνώση προσεγγίζεται καλύτερα και υπάρχει διαθεματική – διεπιστημονική αντίληψη που συνδέει έννοιες της Φυσικής (της Μηχανικής) και έννοιες των Μαθηματικών, κάτι που αποτελεί 'ρουτίνα' για τη δουλειά του Φυσικού. Επίσης η εισαγωγή αυτή γίνεται με παιγνιώδη τρόπο και συνεχίζει με μικρά βήματα, ώστε ο μαθητής να μπορεί να οικοδομήσει σταδιακά το νόημα των εννοιών που προσεγγίζονται.

## Σενάριο «Πηγαίνοντας για ψάρεμα»



Εικόνα 1: Πηγαίνοντας για ψάρεμα

Προκειμένου να επιλέξουμε τις δραστηριότητες στο σενάριο αυτό, υποθέσαμε ότι ο μαθητής στην καθημερινή του ζωή βιώνει εμπειρίες που περιέχουν τις έννοιες της απόστασης και της διεύθυνσης και φοράς -ή κατεύθυνσης. Για τον λόγο αυτό στην πρώτη ενότητα επιλέξαμε δραστηριότητες που σχετίζονται με τα διανύσματα θέσης και μετατόπισης. Τα διανύσματα αυτά αντιστοιχούν σε κάποια απόσταση προς κάποια κατεύθυνση στον πραγματικό χώρο (ή έστω στον υπό κλίμακα χώρο εργασίας) και συσχετίζονται με ερωτήματα του τύπου «πού βρίσκομαι», «προς τα πού και πόσο μακριά μετακινούμαι», γεγονός που είναι σύμφωνο με την εμπειρία του μαθητή, και τον βοηθάει να αποδεχθεί πιο εύκολα τη χρήση και τις ιδιότητές τους.

Το λογισμικό ξεκινά με ένα **παιχνίδι** που έχει τίτλο «**Πηγαίνοντας για ψάρεμα**». Το σκηνικό είναι ο χάρτης των Κυκλάδων και κάποιος που ξεκινά από τη Σύρο για να πάει σε μια ξέρα για ψάρεμα (Εικόνα 2). Στο πρώτο μέρος οι μαθητές πρέπει να επιλέξουν, από ορισμένες ερωτήσεις που τους προτείνονται, τρεις με κατάλληλη σειρά, ώστε οι απαντήσεις που

θα πάρουν να τους οδηγήσουν από τη Σύρο στην ξέρα. Από τη δραστηριότητα αυτή επιδιώκεται να αντιληφθούν ότι δεν αρκεί η πληροφορία «πόσο μακριά» για να εντοπιστεί η ξέρα, αλλά χρειάζονται και άλλα στοιχεία που αφορούν στη διεύθυνση και στη φορά κίνησης. Με τον τρόπο αυτό είναι δυνατό να αντιληφθούν οι μαθητές την αναγκαιότητα χρησιμοποίησης ενός νέου μεγέθους που να συμπυκνώνει πληροφορίες όχι μόνο για το μέτρο (απόσταση στην περίπτωση αυτή), αλλά και για τη διεύθυνση και τη φορά της κίνησης. Το μέγεθος αυτό δεν είναι αυθύπαρκτη οντότητα, αλλά αποτελεί «επινόηση» των ανθρώπων και είναι το διάνυσμα. Με το παιχνίδι αυτό γίνεται μια πρώτη εισαγωγή της έννοιας του διανύσματος, των χαρακτηριστικών του και του τρόπου συμβολισμού του.

Το διάνυσμα στην περίπτωση αυτή αντιστοιχεί με το διάνυσμα μετατόπισης από τη Σύρο στην ξέρα. Στο σενάριο δεν εμπεριέχεται ανάλογη δραστηριότητα για το διάνυσμα θέσης, εφόσον αυτό είναι εκτός της διδακτέας ύλης του Γυμνασίου. Το διάνυσμα θέσης μπορεί παρόλα αυτά να εισαχθεί με την ίδια αυτή δραστηριότητα από τον καθηγητή, εφόσον αυτός το επιθυμεί. Τότε η ερώτηση που θα πρέπει να τεθεί είναι «Πού βρίσκεται η ξέρα σε σχέση με τη Σύρο;». Η απάντηση στην ερώτηση οδηγεί στην εισαγωγή του διανύσματος θέσης της ξέρας ως προς τη Σύρο.

Με τις ερωτήσεις που ακολουθούν στο δεύτερο μέρος οι μαθητές καλούνται να αναγνωρίσουν ότι οι όροι διεύθυνση και φορά είναι ισοδύναμοι με τον όρο κατεύθυνση. Με τη δραστηριότητα στο τρίτο μέρος του παιχνιδιού καλείται ο μαθητής να αναγνωρίσει και να χρησιμοποιήσει τα εργαλεία εκείνα του λογισμικού που θα του επιτρέψουν να πάρει και να δώσει σε ένα φίλο του που δεν έχει υπολογιστή τις αναγκαίες πληροφορίες, ώστε να επιχειρήσει να κάνει το ταξίδι από τη Σύρο προς την ξέρα.

Μετά την ολοκλήρωση του παιχνιδιού, καλό είναι ο καθηγητής να κάνει την αναγκαία σύνθεση με συζήτηση στην τάξη, ώστε να οδηγήσει τους μαθητές στο συμπέρασμα ότι, προκειμένου να περιγραφούν τα απαραίτητα στοιχεία για μια μετατόπιση (από πού ξεκινάει το κινητό, πού φθάνει, προς τα πού πηγαίνει-κατευθύνεται, πόσο μακριά πάει) -ή μια θέση, αρκεί ένα και μοναδικό σύμβολο-έννοια, που είναι το διάνυσμα, τα χαρακτηριστικά του οποίου δίνουν τις απαραίτητες πληροφορίες για μια οποιαδήποτε μετατόπιση - ή μια θέση.

### **Σενάριο «Σχεδιάζοντας ένα ταξίδι»**

Με τις δραστηριότητες που προτείνονται στο σενάριο αυτό, οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να εφαρμόσουν και να εμπεδώσουν ως ένα βαθμό τη νέα έννοια. Στην περίπτωση αυτή, καλό είναι να γίνει μια συζήτηση στην τάξη

ώστε να διαπιστωθεί αν οι μαθητές έχουν δυσκολίες με την έννοια της κλίμακας του χάρτη και με τις μετατροπές των μετρήσεων πάνω στο χάρτη σε πραγματικά μεγέθη.

Διδακτικός στόχος της **πρώτης δραστηριότητας** είναι να βοηθήσει τους μαθητές να συνειδητοποιήσουν την ανάγκη χρησιμοποίησης ενός διανύσματος για τον προσδιορισμό μιας μετατόπισης στο χώρο και να τους βοηθήσει να εξοικειωθούν με τα διανύσματα (μετατόπισης ή θέσης) και τις ιδιότητές τους.

Ήδη με την επιλογή από την αρχική σελίδα του σεναρίου-σκηνικού «Σχεδιάζοντας ένα ταξίδι», στην οθόνη εμφανίζεται ο χάρτης των Κυκλάδων. Όπως αναφέρεται και στο Τετράδιο του Μαθητή -Μαθήτριας, για ορισμένα νησιά του χάρτη υπάρχουν πληροφορίες για αξιοθέατα, κλπ., τις οποίες ο μαθητής μπορεί να βρει με τη βοήθεια του ποντικιού. Ο μαθητής πρέπει να σχεδιάσει ένα ταξίδι, επιλέγοντας ένα νησί ως αφετηρία και ένα άλλο ως τέρμα του ταξιδιού. Προκειμένου να περιγράψει το ταξίδι, του ζητείται να συμπληρώσει έναν πίνακα, όπου να σημειώσει την αφετηρία, τον προορισμό, την απόσταση μεταξύ των δύο νησιών και την κατεύθυνση που θα πρέπει να κινηθεί για να ταξιδέψει από το πρώτο νησί στο δεύτερο (Εικόνα 2).



Εικόνα 2: Σχεδιάζοντας ένα ταξίδι



Ο ρόλος του καθηγητή στην πρώτη αυτή δραστηριότητα είναι πολύ σημαντικός, διότι ο μαθητής χρειάζεται αρκετή καθοδήγηση ειδικά στην αρχή, προκειμένου να εξοικειωθεί με το περιβάλλον και τα εργαλεία του λογισμικού και να εκτελέσει σωστά αυτά που του προτείνονται.

Προκειμένου να συμπληρώσει τον πίνακα της πρώτης δραστηριότητας, ο μαθητής θα πρέπει να χρησιμοποιήσει το ποντίκι για να σχεδιάσει τη διαδρομή πάνω στο χάρτη για το υποτιθέμενο ταξίδι που επιλέγει να κάνει. Για τον σκοπό αυτό θα πρέπει να ενεργοποιήσει την εργαλειοθήκη που περιέχει τα κατάλληλα εργαλεία εμφάνισης και επεξεργασίας διανυσμάτων και να τα χρησιμοποιήσει για να σχεδιάσει την επιλεγμένη διαδρομή. Τα εργαλεία αυτά είναι τα ακόλουθα:

- Εργαλείο σχεδιασμού διανυσμάτων.
- Εργαλείο μέτρησης μήκους.
- Το εργαλείο ορθογωνίων αξόνων.
- Το εργαλείο μέτρησης γωνίας (μοιρογνωμόνιο).

Ακόμα μεγαλύτερη εμπέδωση των εννοιών επιδιώκει η **τρίτη δραστηριότητα** του σεναρίου, της οποίας πρόσθετος διδακτικός στόχος είναι η εξοικείωση των μαθητών με το άθροισμα διανυσμάτων. Οι μαθητές καλούνται να σχεδιάσουν ένα ταξίδι από ένα νησί σε ένα άλλο και από αυτό σε ένα τρίτο. Η δραστηριότητα απαιτεί να σχεδιαστούν τα δύο διαδοχικά διανύσματα μετατόπισης και να προστεθούν διανυσματικά ώστε να δώσουν τη συνολική μετατόπιση. Το διανυσματικό άθροισμα επιτυγχάνεται με επιλογή από την εργαλειοθήκη του εργαλείου άθροισης διανυσμάτων και επιλογή των διανυσμάτων που θα προστεθούν. Ίσως χρειαστεί επιπλέον η ενεργοποίηση και χρήση του *εργαλείου παράλληλης μετατόπισης διανυσμάτων*, ώστε να μετατοπιστεί κάποιο διάνυσμα παράλληλα με τον εαυτό του και η αρχή του να τοποθετηθεί στο τέλος του προηγούμενου, για να φανεί στην οθόνη το αποτέλεσμα του αθροίσματος των διανυσμάτων. Η δραστηριότητα αυτή μπορεί να γίνει με τον ίδιο ακριβώς τρόπο πάνω στον χάρτη, αλλά και στο γενικό περιβάλλον ή τον λευκό πίνακα όπου το φόντο είναι λευκό, ώστε να φανεί καλύτερα ο τρόπος που γίνεται το άθροισμα των δύο διανυσμάτων.

Σημαντικό βήμα προς την κατανόηση του διανυσματικού αθροίσματος είναι να αρχίσει ο μαθητής να εξοικειώνεται με την ιδέα ότι διαφορετικά διανύσματα μπορούν να προκαλέσουν το ίδιο αποτέλεσμα (π.χ. η μετάβαση από ένα νησί σε ένα άλλο μπορεί να γίνει απευθείας ή με ενδιάμεσες στάσεις). Ο ελεύθερος πειραματισμός που προτείνεται στο τέλος της 3<sup>ης</sup> δραστηριότητας έχει σαν στόχο να κατανοήσουν οι μαθητές ότι μια συνολική διαδρομή δεν εξαρτάται από τους ενδιάμεσους σταθμούς, αλλά μόνο

από την αφετηρία και το πέρας του ταξιδιού.

Τέλος, με την **τέταρτη δραστηριότητα** οι μαθητές εξοικειώνονται με τις διαδικασίες προβολής του διανύσματος μετατόπισης σε ορθογώνιο σύστημα  $x, y$  αξόνων και με την εύρεση των συνιστωσών ενός διανύσματος σε σύστημα ορθογωνίων αξόνων. Οι μαθητές καλούνται να επιλέξουν ένα νησί και να σχεδιάσουν ένα ταξίδι από τη Σύρο προς το νησί αυτό που να έχει δύο διαδοχικές συνιστώσες, μία στη διεύθυνση Δύση-Ανατολή και μια στη διεύθυνση Νότος-Βορράς. Τους ζητείται να συμπληρώσουν πίνακα με τα στοιχεία των δύο διαδρομών του ταξιδιού (απόσταση-κατεύθυνση) και της απ' ευθείας διαδρομής. Επιπλέον τους ζητείται στο μέρος α) το διανυσματικό άθροισμα των επιμέρους διαδρομών, στο μέρος β) μια πιθανή μαθηματική σχέση που να συνδέει τις τρεις αποστάσεις, που είναι το Πυθαγόρειο Θεώρημα και όχι το 'συγγραμμικό άθροισμα' των διανυσμάτων που πιθανά να σκέφτονται οι μαθητές, στο μέρος γ) να συγκρίνουν τις προβολές του διανυσματικού αθροίσματος των δύο διαδρομών με τις διαδρομές αυτές πάνω σε καθέναν από τους ορθογώνιους άξονες προκειμένου να διαπιστώσουν ότι το διανυσματικό άθροισμα των προβολών μας δίνει τις δύο επιμέρους διαδρομές, και στο μέρος δ) να μετακινήσουν την αρχή των αξόνων σε ένα τρίτο νησί και, αφού εμφανίσουν τις προβολές της απευθείας διαδρομής στους άξονες, να υπολογίσουν τα μήκη τους με τη βοήθεια της βαθμολογίας των αξόνων. Έτσι θα διαπιστώσουν ότι ανεξάρτητα από τη θέση των αξόνων, το μήκος των προβολών του διανύσματος στους  $x, y$  άξονες είναι το ίδιο, όπως και προηγουμένως.

## Βιβλιογραφία

- American NTCM Standards (1987) Vectors.
- Bereiter (1993). Technologies for Knowledge Building Discourse. In «Communications of the ACM», Vol. 36, No 5.
- Bliss, J. & Ogborn, J. (1994). Force and motion from the beginning. In Vosniadou S. (guest ed.). Conceptual Change in the Physical Sciences, Learning and Instruction, 4.
- Bliss, J. (1994). Modelling, a means for expressing thinking: ESRC Tools for exploratory learning research programme. In Vosniadou, S., De Corte, E. and Mandl, H. (Eds.), Technology-Based Learning Environments, Psychological and Educational Foundations. NATO ASI Series F, vol. 137, 33-39. Berlin: Springer-Verlag.
- Brown, J.S., Collins, A., Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. Educational Researcher, 18, 32-34.
- Clement, J., (1982). Student's preconceptions in introductory mechanics. American Journal of Physics, 50(1), 66-71.
- De Corte, E. (1994). Toward the integration of computers in powerful learning environments. In Vosniadou, S., De Corte, E. and Mandl, H. (Eds.), Technology-Based Learning Environments, Psychological and Educational Foundations. NATO ASI Series F, vol. 137, 19-25. Berlin: Springer-Verlag.
- DiSessa, A., (1988). Knowledge in pieces. In Forman, G. & Pufall, P. (Eds.), Constructivism in the computer age (pp. 49-70). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- DiSessa, A. (1993). Phenomenology and the evolution of intuition, in Gentner, D. and Stevens, A. (eds.) Mental Models, N.Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates Inc., 15-34
- Driver, R. (1983). The pupil as a scientist? Milton Keynes: Open University Press.
- Driver, R., Guesne, E., Tiberghien, A. (1985). Children's Ideas in Science. Philadelphia: University Press. (Μετάφραση: Οι ιδέες των παιδιών στις Φυσικές Επιστήμες, Αθήνα, Τροχαλία, ΕΕΦ)
- Duit, R. (1991). Students' conceptual frameworks: consequences for learning science. In Glynn, S., Yeany, R. and Brytton, B. (Eds.), The psychology of learning science. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Elio, R. & Schraf, P. (1990). Modeling novice-to-expert shifts in problem solving strategy and knowledge organization. Cognitive science, V. 14.
- Gagne, R., (1976). The conditions of Learning. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Grigoriadou, M., Samarakou, M.T. (1993). A graphics software tool and a computer based learning environment for projectile motion. In: Knierzinger, A. and Moser, M. (Eds.), Informatics and Changes in Learning. Proceedings of the International Federation for Information Processing Open Conference, Gmuden, Austria, Thema E, Session 5.1, 7-9.
- Hebenstreit, J. (1992). Une rencontre de troisième type: Simulation et pédagogie. In Baron, G.L. and Baudi, B. (Eds.) L' integration de l' informatique dans l' enseignement et la formation des enseignants. Actes du Colloque. INRP.
- Mitropoulos, D., Grigoriadou, M., Samarakou, M. (1996). A computer-based learning environment, manipulating vectors (1). CATE 96, The first international conference on computers and advanced technologies in education, Cairo, March 1996.
- Nathan, M.J., Resnick, L.B. (1994). Less can be more: unintelligent tutoring based on psychological theories and experimentation. In Vosniadou, S., De Corte, E. and

- Mandl, H. (Eds.), *Technology-Based Learning Environments, Psychological and Educational Foundations*. NATO ASI Series F, vol. 137, 183-192. Berlin: Springer-Verlag.
- Newell, A. (1990). *Unified Theories of Cognition*. Harvard University Press.
- Ohlsson, S. (1993). *Impact of cognitive theory on the practice of courseware authoring*, *Journal of Computer Assisted Learning*, Vol. 9, Blackwell Publications, London.
- Philokyprou, G., Georgiadis, P., Grigoriadou, M., Samarakou, M., Mitropoulos, D., Panou, D. (1995). *Cognitive research and computer-assisted learning of physical sciences*. In Philippou, G., Christou, K. and Kakas, A. (Eds.) *Instruction of Mathematics and Informatics in Education*. Proceedings of the B' Hellenic Conference, Lefkosia, Cyprus, 537-546 (published in Greek).
- Raghavan, K. & Glaser, R. (1994). *Studying and teaching model-based reasoning in science*. In Vosniadou, S., De Corte, E. and Mandl, H. (Eds.) *Technology-Based Learning Environments, Psychological and Educational Foundations*. NATO ASI Series F, vol. 137, 104-111. Berlin: Springer-Verlag.
- Samarakou, M., Mitropoulos, D., Grigoriadou, M. (1997). *A computer-based learning environment, manipulating vectors (2)*. 7th European Conference for Research on Learning and Instruction (EARLI), Athens, August 26-30, 1997.
- Simon, H & Larkin, J. (1981). *Learning through growth of skill in mental modeling*. In Simon H. "models of thought" Vol. II, Yale University Press.
- Smith, J., DiSessa A., Rochelle J., (1993). *Misconceptions reconceived*, *The Journal of the Learning Sciences*, V. 3(2).
- Solomonidou, C., Stavridou, E., Christidis, T. (1997). *The history of ideas and the students' learning difficulties about force and motion as a guide for the didactic use of the software "Interactive Physics"*. (Published in Greek). *Paidagogiki Epi-theorisi*, 26, 77-112.
- Spada, H., & Ploetzner, H. (1994). *Multiple Mental Representations of information in physics problem Solving*. In Strube G. & Wender K. (eds) *The Cognitive Psychology of Knowledge*. Elsevier Publishers.
- Teodoro, V.D. (1994). *Learning with computer-based exploratory environments in science and mathematics*. Vosniadou, S., De Corte, E. and Mandl, H. (Eds.) *Technology-Based Learning Environments, Psychological and Educational Foundations*. NATO ASI Series F, vol. 137, 26-32. Berlin: Springer-Verlag.
- Twigger, D., Byard, M., Driver, R., Draper, S., O'Shea, T., Hartley, R., Hennessy, S., Mohamed, R., O'Malley, C. and Scanlon, E. (1994). *The conception of force and motion of students aged between 10 and 15 years: An interview study designed to guide instruction*. *International Journal of Science Education*, 16(2), 215-219.
- VanLehn, K. (1994). *Acquisition of children's addition strategies: a model of impasse-free, knowledge-level learning*. *Machine Learning*, V 16.
- Viennot, L. (1979). *Spontaneous reasoning in elementary dynamics*. *European Journal of Science Education*, 1, 205-221
- Vosniadou, S. (1994a). *Capturing and modeling the process of conceptual change*. *Learning and Instruction: The Journal of the European Association for Research on Learning and Instruction*, 4, 45-69.
- Vosniadou, S. (1994b). *From cognitive theory to educational technology*. Vosniadou, S., De Corte, E. and Mandl, H. (Eds.) *Technology-Based Learning Environments, Psychological and Educational Foundations*. NATO ASI Series F, vol. 137, 11-17. Berlin: Springer-Verlag.

- Watts, D.M. (1983). A study of schoolchildren's alternative frameworks of the concept of force, *European Journal of Science Education*, 1, 217-230
- Whitaker, R., (1983). Aristotle is not dead: Student understanding of trajectory motion, *American Journal of Physics*, 51(4), 352-357.
- White, B. (1993). Thinker Tools: Causal Models, *Conceptual Change and Science Education, Cognition and Instruction* 10(1), 1-100. Lawrence Erlbaum Associates.
- Ιωαννίδης, Χ. & Βοσνιάδου, Σ. (1994). Νοητικές αναπαραστάσεις των μαθητών για την έννοια της δύναμης. Στο Κουλαϊδή, Β. (επιμ.) *Αναπαραστάσεις του Φυσικού κόσμου*. Αθήνα: Gutenberg, 263-310
- Σολομωνίδου, Χ. & Σταυρίδου, Ε. (1993). Οι έννοιες της δράσης και της αντίδρασης: Μελέτη γνωστικών δυσκολιών και διδακτική αντιμετώπιση με ένα καινοτομικό μοντέλο ερευνητικής και διδακτικής παρέμβασης. *Επιθεώρηση Φυσικής*, 24, 19-29
- Φιλοκύπρου, Γ, Γυφτοδήμος, Γ. & Γεωργιάδης, Π. (1994). Υπολογιστές στην εκπαίδευση: Πως και Γιατί, *Πρακτικά 2<sup>ου</sup> Συνεδρίου Εκπαιδευτικής Πληροφορικής*, Εκπ. Δούκα, Αθήνα.