



Ανάπτυξη λογισμικού προσομοίωσης για την διδασκαλία της πλεύσης-βύθισης στην Ε΄ τάξη του δημοτικού.

Αρβανιτάκης Ι., Κασκάλης Θ.

Τμήμα Νηπιαγωγών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, ioarvanit@gmail.com

Τμήμα Διοίκησης Τεχνολογίας, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας, kaskalis@gmail.com

Η παρούσα εργασία περιγράφει το σχεδιασμό και την ανάπτυξη ενός λογισμικού προσομοίωσης, το οποίο χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή μιας συγκεκριμένης διδακτικής ακολουθίας για τη διδασκαλία των φαινομένων της πλεύσης και της βύθισης στην Ε΄ δημοτικού, στα πλαίσια του προγράμματος Materials Science (<http://lsg.ucy.ac.cy/MaterialsScience>). Αρχικά αναλύονται οι απαιτήσεις της εφαρμογής, που εγείρονται από τη διδακτική ακολουθία, καθώς και οι βασικές σχεδιαστικές επιλογές για το περιβάλλον της προσομοίωσης. Περιγράφεται ο σχεδιασμός των οθονών του λογισμικού και του περιβάλλοντος διεπαφής, ενώ αναλύονται θέματα που αφορούν στη δημιουργία των υλικών σωμάτων, των υγρών και των υπόλοιπων αντικειμένων της προσομοίωσης εντός του περιβάλλοντος Game Maker, που χρησιμοποιήθηκε για την ανάπτυξη της εφαρμογής. Τέλος, αναφέρονται θέματα που προέκυψαν από την εφαρμογή του λογισμικού στη συγκεκριμένη διδακτική ακολουθία, καθώς και σκέψεις για την περαιτέρω βελτίωση και εξέλιξή του.

Εισαγωγή.

Τα λογισμικά προσομοίωσης δημιουργούν εικονικά περιβάλλοντα (αναφέρονται συνήθως και ως μικρόκοσμοι), δίνοντας στους χρήστες τη δυνατότητα να αλληλεπιδράσουν μαζί τους. Ως επί το πλείστον, έχουν αρκετά ανοικτό χαρακτήρα, προσφέροντας στο μαθητή πολλούς τρόπους επίτευξης του επιθυμητού αποτελέσματος. Η εκπαίδευση των φυσικών επιστημών γίνεται ιδιαίτερα αποτελεσματική όταν δίνει στους μαθητές τη δυνατότητα να παρατηρούν, να έρχονται σε επαφή, να πειραματίζονται και να ανακαλύπτουν στρατηγικές για το αντικείμενο που μελετούν. Με τον τρόπο αυτό, οι εμπειρίες βοηθούν τους μαθητές να ξεφύγουν από τους μηχανικούς τρόπους μάθησης και να προχωρήσουν στην ανάπτυξη στάσεων απέναντι στην έρευνα (Moss 2001). Η θεωρητική διδασκαλία των φυσικών επιστημών ενισχύεται σημαντικά όταν οι μαθητές μπορούν να πειραματιστούν άμεσα με τις έννοιες που εξετάζουν, είτε σε ένα πραγματικό εργαστήριο, είτε σε ένα εικονικό περιβάλλον προσομοίωσης (Ronen & Eliahu 2000, Trumper 2003).

Αρκετές έρευνες που έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια έχουν δείξει σημαντική βελτίωση στις επιδόσεις των μαθητών στις φυσικές επιστήμες, όταν χρησιμοποιούνται προσομοιώσεις (Steinberg 2000, Stieff & Wilensky 2003, Zacharia 2003, Sethi 2005). Από την άλλη πλευρά, υπάρχουν ερευνητές που δεν βρήκαν αξιόλογες μεταβολές, ιδίως όταν η εναλλακτική διδασκαλία αφορούσε τη διεξαγωγή πραγματικών πειραμάτων στο εργαστήριο (Kulik 2002, Robertson 2003). Τα αποτελέσματα αυτά φανερώνουν πως τα εκπαιδευτικά λογισμικά προσομοίωσης δεν εξασφαλίζουν από μόνα τους την επιτυχία και θέτουν το ερώτημα για τον τρόπο χρήσης τους στην εκπαιδευτική διαδικασία. Ο Sami (2006), σε μια βιβλιογραφική μελέτη για τα λογισμικά προσομοίωσης στις φυσικές επιστήμες, θεωρεί ιδιαίτερα χρήσιμη την εισαγωγή τους ως συμπλήρωμα στα πραγματικά πειράματα του εργαστηρίου. Σύμφωνα με την μελέτη αυτή, οι προσομοιώσεις μπορούν να συνεισφέρουν στην εννοιολογική αλλαγή των μαθητών, ενώ τους παρέχουν εργαλεία για επιστημονική έρευνα, καθώς και εμπειρίες για την

επίλυση προβλημάτων. Η ενίσχυση της επιστημονικής έρευνας παρουσιάζεται στην μελέτη του Mintz (1993), η οποία έδειξε αύξηση του ενδιαφέροντος και της κινητοποίησης των μαθητών.

Οι προσομοιώσεις βοηθούν στην εξοικονόμηση χρόνου, αποφεύγοντας πιθανούς κινδύνους, ενώ μπορούν να πραγματοποιηθούν και πειράματα που σε κανονικές συνθήκες θα ήταν αδύνατον να γίνουν εξαιτίας του υψηλού κόστους (Kennerohl 2001). Παράλληλα μπορούν να αναπαραστήσουν και να ελέγξουν με ακρίβεια πλευρές των πραγματικών φαινομένων που μελετώνται, οι οποίες δεν είναι εύκολα παρατηρήσιμες (Vagner 1998). Επίσης, μπορούν να βελτιώσουν και τις τεχνικές δεξιότητες των μαθητών σε ό,τι αφορά την εκτέλεση των πραγματικών πειραμάτων στο εργαστήριο (Kennerohl 2001).

Ανάλυση απαιτήσεων

Η αξιολόγηση και η επιλογή-δημιουργία του κατάλληλου εκπαιδευτικού λογισμικού, είναι από τους πιο σημαντικούς παράγοντες επιτυχίας του στην εκπαιδευτική διαδικασία (Lee, Choi & Byun 1996). Για να είναι επιτυχής θα πρέπει αρχικά να έχουν οριστεί οι στόχοι που θέλουμε να επιτύχουμε στην εκπαιδευτική διαδικασία καθώς και τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του λογισμικού που θα καλύπτει τις ανάγκες αυτές. Στη δική μας περίπτωση έπρεπε να βρεθεί ή να αναπτυχθεί ένα λογισμικό, το οποίο θα λειτουργούσε ως βοήθημα στις δραστηριότητες μιας συγκεκριμένης διδακτικής ακολουθίας, η οποία έχει σχεδιαστεί στα πλαίσια του προγράμματος Materials Science (<http://lsg.ucy.ac.cy/MaterialsScience>) και αφορά στη διδασκαλία των φαινομένων της πλεύσης και της βύθισης υλικών σωμάτων σε υγρά, στην Ε' τάξη του Δημοτικού. Βασικοί στόχοι της ακολουθίας αυτής είναι η εξοικείωση των μαθητών με τα φαινόμενα πλεύσης-βύθισης, η εισαγωγή τους στην πειραματική μεθοδολογία και στην εξαγωγή συμπερασμάτων, η προσέγγιση της φύσης των μοντέλων και η χρήση μοντέλου για την έννοια της πυκνότητας, ως κριτηρίου για την πλεύση-βύθιση σωμάτων. Σύμφωνα με την διδακτική ακολουθία, το λογισμικό θα έπρεπε να προσφέρει ένα περιβάλλον, στο οποίο οι μαθητές θα εκτελούσαν διάφορα πειράματα πλεύσης-βύθισης και ζύγισης συμπαγών και σύνθετων σωμάτων, ενώ παράλληλα θα παρουσιάζονταν και διάφορες πληροφορίες για συγκεκριμένα υλικά και μοντέλα αναπαράστασης της πυκνότητας. Τα υλικά, τα υγρά, η σειρά των πειραμάτων, καθώς και οι πληροφορίες που θα παρουσιάζονταν ορίζονταν με ακρίβεια από τα σχέδια μαθημάτων της διδακτικής ακολουθίας. Οι συγκεκριμένες απαιτήσεις οδήγησαν στην απόφαση της δημιουργίας ενός νέου λογισμικού, καθώς δεν βρέθηκε κάποια έτοιμη λύση εμπορικού ή ελεύθερου εκπαιδευτικού λογισμικού που να ικανοποιεί όλα τα παραπάνω κριτήρια.

Ένα λογισμικό προσομοίωσης θα πρέπει να προσομοιώνει όλα τα στοιχεία του πραγματικού κόσμου τα οποία θέλουμε να διδάξουμε (Foshay, Rob, Ahmed, Muhammad 2000). Η ενσωμάτωση περισσότερων φυσικών νόμων και ιδιοτήτων στην προσομοίωση παρέχει μεγαλύτερη αίσθηση ρεαλισμού, παράλληλα όμως μπορεί να αποσπάσει την προσοχή και την εστίαση από τα θέματα τα οποία μελετώνται, ενώ πολλές φορές είναι αναγκαία η απλοποίηση κάποιων χαρακτηριστικών του πραγματικού κόσμου, ώστε να διευκολυνθεί η παρατήρηση και η κατανόηση κάποιων εννοιών (Sami 2006). Ο βασικός παράγοντας που εξετάζεται στη διδακτική ακολουθία είναι η πυκνότητα στερεών, υγρών καθώς και σύνθετων σωμάτων (ένα πλοίο το οποίο αποτελείται από διαμερίσματα με αέρα ή νερό). Η ιδιότητα της πυκνότητας επηρεάζει την πλεύση ή τη βύθιση των σωμάτων σε υγρά και αποτέλεσε το βασικό παράγοντα προσομοίωσης στο λογισμικό. Ένας δεύτερος σημαντικός παράγοντας, που σχετίζεται με τις απαιτήσεις της διδακτικής ακολουθίας και αφορούσε στη ρίψη υλικών σε δοχεία και ζυγούς, ήταν η βαρύτητα. Παράλληλα, κρίθηκε χρήσιμο να προσομοιωθούν το ιξώδες ενός υγρού, ο κυματισμός της επιφάνειας των υγρών, καθώς και η σύγκρουση σωμάτων. Οι τρεις αυτές ιδιότητες αυξάνουν σε



σημαντικό βαθμό την αληθοφάνεια της προσομοίωσης, χωρίς να αποπροσανατολίζουν τους μαθητές από την κεντρική ιδέα της διδακτικής ακολουθίας.

Ένα ακόμα θέμα που μας απασχόλησε ήταν η επιλογή του περιβάλλοντος προσομοίωσης. Το τρισδιάστατο περιβάλλον προσδίδει περισσότερα στοιχεία ρεαλισμού, αναπαριστώντας τα φαινόμενα με τον τρόπο που το αντιλαμβάνεται ο άνθρωπος μέσω της όρασης. Από την άλλη μεριά, απαιτεί αυξημένους πόρους σε ανθρώπινο δυναμικό (στη φάση του προγραμματισμού), τεχνογνωσία, χρήματα και χρόνο. Επιπροσθέτως, η εκτέλεσή του απαιτεί και περισσότερους υπολογιστικούς πόρους σε επεξεργαστική ισχύ, σε μνήμη και στην υλοποίηση τού υποσυστήματος γραφικών. Για τους λόγους αυτούς αποφασίστηκε συνειδητά η χρήση δισδιάστατης προσομοίωσης για το περιβάλλον του προγράμματος. Η εφαρμογή της διδακτικής ακολουθίας ορίστηκε να λάβει χώρα σε συγκεκριμένα δημοτικά σχολεία τού δήμου Φλώρινας, κάνοντας χρήση των υπολογιστικών συστημάτων των σχολείων, καθώς και φορητών υπολογιστών. Το σύνολο των συστημάτων αυτών χρησιμοποιούσε λειτουργικά συστήματα MS Windows (XP, 2000 και 98), θέτοντας ως απαραίτητη προϋπόθεση τη συμβατότητα του τελικού λογισμικού με αυτά.

Σχεδιασμός και υλοποίηση.

Το εργαλείο με το οποίο αναπτύχθηκε το λογισμικό, είναι το Game Maker, της YOYO Games (<http://www.yoyogames.com>). Το εν λόγω προϊόν αποτελεί ένα αντικειμενοστραφές περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού, με ενσωματωμένη γλώσσα σεναρίων (scripting language), το οποίο είναι κυρίως προσανατολισμένο στη δημιουργία δισδιάστατων και ισομετρικών παιχνιδιών. Ο κύριος λόγος που οδήγησε στην επιλογή του συγκεκριμένου εργαλείου ανάπτυξης, ήταν η ύπαρξη μιας έτοιμης και λειτουργικής μηχανής φυσικής με την ονομασία Game Physics (<http://gmc.yoyogames.com/?showtopic=141853>), η οποία παρέχεται σε μορφή βιβλιοθήκης DLL και συνεργάζεται με το περιβάλλον του Game Maker. Η συγκεκριμένη μηχανή περιέχει ρουτίνες για την προσομοίωση πολλών φυσικών φαινομένων, που εμπλέκουν υλικά σώματα, υγρά και αέρια, ενώ παρέχει και επαρκή τεκμηρίωση για την κλήση των συναρτήσεων που υποστηρίζει.

Σχεδιασμός δωματίων και αλληλεπίδραση

Το λογισμικό αποτελείται συνολικά από 12 διαφορετικές οθόνες. Στην κεντρική οθόνη υπάρχουν 11 πόρτες που οδηγούν σε αντίστοιχα “δωμάτια”, ενώ υπάρχει και μια πόρτα εξόδου από το πρόγραμμα. Η είσοδος στα δωμάτια γίνεται με το αριστερό πλήκτρο του ποντικιού, ενώ η μετακίνηση στο διάδρομο επιτυγχάνεται με την χρήση των βελών του πληκτρολογίου. Η επιστροφή στην κεντρική οθόνη γίνεται με τη χρήση ενός πλήκτρου εξόδου στο επάνω αριστερό μέρος κάθε δωματίου.

Τα πρώτα τέσσερα δωμάτια του λογισμικού σχεδιάστηκαν για τον πειραματικό έλεγχο των πιθανών παραγόντων που επηρεάζουν την πλευση-βύθιση υλικών σωμάτων σε υγρά και οι οποίοι έχουν προκύψει από τη διδακτική ακολουθία (εικόνα 1). Στο πρώτο δωμάτιο ελέγχεται το βάρος του υλικού, στο δεύτερο το φάρδος του δοχείου, στο τρίτο το είδος του υγρού, ενώ στο τέταρτο δωμάτιο ελέγχονται ταυτόχρονα το σχήμα και το είδος του υλικού. Σε όλα τα δωμάτια υπάρχει ένα τραπέζι, στο οποίο τοποθετούνται τα δοχεία με τα υγρά και ένα ράφι στο οποίο τοποθετούνται τα διαθέσιμα υλικά σώματα. Στο κέντρο της οθόνης υπάρχει ένας πίνακας, στον οποίο αναγράφεται το ερώτημα του συγκεκριμένου πειραματικού ελέγχου. Τα διαθέσιμα υλικά, καθώς και τα δοχεία με τα υγρά σε κάθε δωμάτιο, έχουν οριστεί από τη διδακτική ακολουθία, ώστε κάθε φορά να απομονώνεται ο εξεταζόμενος παράγοντας. Οι μαθητές εκτελούν τα

πειράματα που απαιτούνται και συμπληρώνουν φύλλα εργασίας που προβλέπονται από τα σχέδια μαθημάτων.

Στα επόμενα δυο δωμάτια, γίνεται η ζύγιση και η κατάταξη υλικών σωμάτων, ίδιου σχήματος και όγκου, από το βαρύτερο στο ελαφρύτερο. Στο τραπέζι υπάρχει ένας ζυγός, με τον οποίον μπορούν να ζυγιστούν όλα τα υλικά ανά 2. Στο πέμπτο δωμάτιο οι έλεγχοι γίνονται από τους μαθητές, ενώ στο έκτο δωμάτιο ο χειρισμός ανήκει στον εκπαιδευτικό. Η κατάταξη των υλικών στο δωμάτιο αυτό αναπαριστάται σε μια γραμμή στο κάτω μέρος της οθόνης. Η τοποθέτηση των υλικών πάνω στη γραμμή γίνεται αυτόματα ύστερα από τη ζύγισή τους, ενώ παράλληλα δίνεται η δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να αλλάξει την εμφάνιση των στοιχείων της γραμμής κατάταξης, ώστε να παρουσιάζονται σύμφωνα με το μοντέλο της πυκνότητας με τις τελείες, που έχει σχεδιαστεί για τη διδακτική ακολουθία.

Η έβδομη πόρτα της αρχικής οθόνης οδηγεί σε μια στατική σελίδα html, όπου υπάρχουν πληροφορίες για τρία υλικά (γλυκερίνη, καουτσούκ, PVC), τις οποίες εξερευνούν οι μαθητές για τη συμπλήρωση φύλλων εργασίας. Στην όγδοη οθόνη ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει πέντε διαφορετικά μοντέλα αναπαράστασης της έννοιας της πυκνότητας των υλικών, σύμφωνα με τις ζυγίσεις που έγιναν σε προηγούμενα δωμάτια.

Στο ένατο δωμάτιο του λογισμικού οι μαθητές καλούνται να ρίξουν πάλι κάποια υλικά σώματα σε ένα δοχείο με υγρό, μόνο που αυτή τη φορά τα σώματα αναπαριστώνται σύμφωνα με το μοντέλο με τις τελείες και όχι με την υφή τους (εικόνα 1). Οι μαθητές καλούνται να προβλέψουν τη συμπεριφορά των σωμάτων στο υγρό και να διατυπώσουν ένα γενικό κανόνα, ο οποίος θα εξηγήσει ποιο σώμα βυθίζεται σε ποιο υγρό, καθώς και ποιο σώμα επιπλέει σε ποιο υγρό, βασισμένοι στο μοντέλο με τις τελείες. Στο δέκατο δωμάτιο του λογισμικού χρησιμοποιείται για άλλη μια φορά το ίδιο μοντέλο. Σε αντίθεση με την προηγούμενη οθόνη, όλα τα διαθέσιμα σώματα απεικονίζονται με τις πραγματικές υφές τους, ενώ η παρουσίαση των μοντέλων γίνεται δυναμικά στον πίνακα της αίθουσας. Ο χειρισμός της οθόνης γίνεται από τον εκπαιδευτικό.

Εικόνα 1. Στιγμιότυπα από διάφορες οθόνες του λογισμικού (1η, 9η και 11η)



Στην τελευταία οθόνη του λογισμικού οι μαθητές έρχονται σε επαφή με την πλεύση και βύθιση των σύνθετων σωμάτων. Το σενάριο της οθόνης αυτής επηρεάστηκε από τη βύθιση του κρουαζιερόπλοιου Sea Diamond στα ανοιχτά της Σαντορίνης το καλοκαίρι του 2007. Το κεντρικό αντικείμενο της οθόνης είναι ένα κρουαζιερόπλοιο, το οποίο επιπλέει στη θάλασσα και στο οποίο μπορούμε να διακρίνουμε 13 διαμερίσματα (εικόνα 1). Παράλληλα, στην οθόνη υπάρχει και ένα βοηθητικό πλοίο, σε κοντινή απόσταση από το κρουαζιερόπλοιο. Τα μόνα στοιχεία αλληλεπίδρασης της οθόνης είναι τα διαμερίσματα του κρουαζιερόπλοιου, τα οποία αρχικά είναι κενά. Οι μαθητές μπορούν να γεμίσουν κάθε διαμέρισμα με νερό, καθώς και να αδειάσουν κάποιο το οποίο έχει ήδη γεμίσει κάνοντας κλικ σε αυτά. Το μοντέλο του καραβιού



προσομοιώνει τη βύθιση και την πλευση που θα είχε ένα πραγματικό καράβι, λαμβάνοντας υπόψη και τη σωστή κλίση.

Σύμφωνα με τον Barbeta (1998), σημαντικός παράγοντας επιτυχίας ενός εκπαιδευτικού λογισμικού είναι η καθαρότητα, η απλότητα και η συνέπεια του περιβάλλοντος διεπαφής με το χρήστη. Οι πολύπλοκες ρυθμίσεις, επιλογές και ενέργειες αυξάνουν τον προβληματισμό των μαθητών, οι οποίοι ανταποκρίνονται καλύτερα σε απλά και συνεπή περιβάλλοντα. Με στόχο την απλότητα και τη συνέπεια στη λειτουργία του λογισμικού, όλες οι απαιτούμενες ενέργειες συγκεντρώθηκαν στο αριστερό πλήκτρο του ποντικιού (εκτός από την κεντρική οθόνη, στην οποία γίνεται χρήση και του πληκτρολογίου). Για την κατάδειξη των αντικειμένων, με τα οποία είναι εφικτή η αλληλεπίδραση, χρησιμοποιείται η αλλαγή τής εμφάνισης του δείκτη του ποντικιού σε χέρι με προτεταμένο δείκτη.

Στις περισσότερες οθόνες η βασική ενέργεια που εκτελείται είναι η ρίψη ενός αντικειμένου από το ράφι μέσα σε ένα δοχείο με υγρό ή πάνω σε ένα ζυγό. Μια αρχική απόφαση, που λήφθηκε σε συνεργασία με την ομάδα που ανέπτυξε τη διδακτική ακολουθία, ήταν να επιτρέπεται η ρίψη πολλών αντιγράφων από τα σώματα που είναι στο ράφι. Στην ουσία τα αντικείμενα αυτά είναι πλήκτρα, τα οποία, όταν γίνει πάνω τους αριστερό κλικ, αποθηκεύουν στη μνήμη τις παραμέτρους του σώματος που αντιπροσωπεύουν. Αφού έχει γίνει η επιλογή αυτή, οι μαθητές κάνουν αριστερό κλικ στην οθόνη και δημιουργούν ένα αντίγραφο του σώματος αυτού. Η δημιουργία αντιγράφων επιτρέπεται σε ορισμένα σημεία της οθόνης, έτσι ώστε να μην μπορεί να ριφθεί ή να τοποθετηθεί κάποιο σώμα έξω από τα δοχεία ή το ζυγό. Κάτι τέτοιο εκτός από άσκοπο θα μπορούσε να αποπροσανατολίσει τους μαθητές.

Δημιουργία υλικών σωμάτων και υγρών

Τα πρότυπα των υλικών σωμάτων κατασκευάστηκαν στο περιβάλλον του Game Maker. Κάθε πρότυπο αντικείμενο χαρακτηρίζεται από 4 βασικές ιδιότητες: όνομα, πυκνότητα, υφή και σχήμα, τις οποίες κληροδοτεί στα στιγμιότυπα που δημιουργούνται στην οθόνη. Το όνομα του κάθε αντικειμένου βρίσκεται αποθηκευμένο σε εξωτερικά αρχεία κειμένου, για την εύκολη μετάφραση του λογισμικού σε άλλες γλώσσες. Οι τιμές των πυκνοτήτων βρίσκονται αποθηκευμένες σε ένα κομμάτι κώδικα (script), το οποίο εκτελείται κατά την έναρξη του λογισμικού, και χρησιμοποιούνται από τις συναρτήσεις της μηχανής GamePhysics. Τα σχήματα που χρησιμοποιούνται στο περιβάλλον του λογισμικού είναι τρία: κύβος, πυραμίδα και σφαίρα, και η δημιουργία τους γίνεται με τη χρήση συνάρτησης της ίδιας μηχανής. Κατά τη διάρκεια των δοκιμών, παρατηρήθηκε μια περίεργη συμπεριφορά των σωμάτων με σχήμα σφαίρας κατά την πρόσκρουσή τους με τα υγρά, η οποία απέκλινε αρκετά από τις πραγματικές δοκιμές και σχετιζόταν με τα φαινόμενα τριβής. Για την αντιμετώπιση του προβλήματος, αποφασίστηκε μια αλλαγή στο όρισμα των σφαιρικών αντικειμένων. Αντί να δηλωθεί η περίμετρος τους ως κύκλος, ορίστηκε ως πολύγωνο με 20 πλευρές. Τα σχήματα που δημιουργούνται από την μηχανή GamePhysics αφορούν αποκλειστικά στη συμπεριφορά των σωμάτων στην προσομοίωση και δεν έχουν σχέση με την εμφάνιση τους, η οποία συσχετίζεται με αρχεία εικόνας (sprites), που ενσωματώνονται στο περιβάλλον ανάπτυξης. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 36 διαφορετικές εικόνες για την αναπαράσταση τριών σχημάτων για κάθε ένα από τα 12 υλικά του λογισμικού. Ένα επιπλέον χαρακτηριστικό, το οποίο γίνεται ορατό στο λογισμικό, είναι η μάζα των σωμάτων, η οποία αφορά στα στιγμιότυπα που δημιουργούνται στην οθόνη και όχι στα αρχικά πρότυπα. Η οπτικοποίηση της μάζας υλοποιήθηκε με την αλλαγή του μεγέθους των σχημάτων και των εμφανίσεών τους (sprites), τα οποία δηλώνονται σαν ορίσματα κατά τη δημιουργία κάθε στιγμιότυπου. Οι κινήσεις των σωμάτων, ο έλεγχος και η



απόδοση των συγκρούσεων, καθώς και οι κυματισμοί των υγρών ελέγχονται από τις συναρτήσεις της μηχανής GamePhysics.

Η βιβλιοθήκη GamePhysics επιτρέπει τη δημιουργία υγρών με δύο διαφορετικούς τρόπους. Ο πρώτος υλοποιείται με τη χρήση της ίδιας συνάρτησης που χρησιμοποιείται για τα υλικά σώματα και έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία σωματιδίων (particles) υγρών. Ο τρόπος αυτός αποδίδει περισσότερο ρεαλισμό στις απεικονίσεις των υγρών, δεσμεύει όμως αρκετούς υπολογιστικούς πόρους και δεν ενδεικνύεται για τη δημιουργία μεγάλων ποσοτήτων υγρών. Ο δεύτερος τρόπος υλοποιείται με τη χρήση ξεχωριστής συνάρτησης, η οποία δημιουργεί μια περιοχή υγρού στην οθόνη, προσομοιώνοντας μόνο τρία χαρακτηριστικά: την πυκνότητα, το ιξώδες του υγρού και τη δημιουργία κυματισμών στην επιφάνειά του. Ο τρόπος αυτός, αν και δεν μπορεί να αποδώσει όλα τα χαρακτηριστικά των υγρών (όπως π.χ. η ροή τους ανάμεσα σε στερεά σώματα), δεν προκαλεί μεγάλο φόρτο στον υπολογιστή και ικανοποιεί όλα τα κριτήρια που είχαν τεθεί στον αρχικό σχεδιασμό (προσομοίωση πυκνότητας, ιξώδους υγρού και δημιουργία κυματισμών) και έτσι προτιμήθηκε έναντι της πρώτης λύσης. Η επιλογή τού τρόπου δημιουργίας των υγρών επηρέασε και τη λειτουργία των δοχείων που χρησιμοποιούνται στο λογισμικό. Από τη στιγμή που τα υγρά ορίζονται ως περιοχές, δεν είναι αναγκαία η ύπαρξη στερεών σωμάτων για τη συγκράτηση της ροής τους. Ο ρόλος τους στο λογισμικό περιορίστηκε στη συγκράτηση των υλικών σωμάτων που βυθίζονται στα υγρά, καθώς και στην οπτική αναπαράστασή τους στην οθόνη του υπολογιστή.

Δημιουργία ζυγού και σύνθετου σώματος

Για την κατασκευή του ζυγού χρησιμοποιήθηκαν δύο σώματα με τις αντίστοιχες εικόνες για την εμφάνισή τους. Τα σώματα συνθέτουν τον οριζόντιο και κάθετο άξονα του ζυγού, ο οποίος περιστρέφεται ανάλογα με τα αντικείμενα που είναι τοποθετημένα στις δύο πλευρές του. Για να επιτευχθεί η περιστροφική κίνηση του οριζόντιου μέρους του ζυγού χρησιμοποιήθηκαν συναρτήσεις της μηχανής GamePhysics για την προσομοίωση συνδέσμων ανάμεσα σε υλικά σώματα. Η κίνηση του ζυγού, κατά την τοποθέτηση υλικών, βασίστηκε σε κώδικα που αναπτύχθηκε έτσι ώστε να ξεπεραστούν μικροπροβλήματα που δημιουργούσαν τα φαινόμενα τριβής, που εφαρμόζονταν από τις ενσωματωμένες συναρτήσεις της GamePhysics. Ο κώδικας ελέγχει τα τάσια του ζυγού και αρχίζει να περιστρέφεται προς την πλευρά του αντικειμένου με το μεγαλύτερο βάρος, με ταχύτητα ανάλογη της διαφοράς βάρους των δύο σωμάτων. Παράλληλα, ελέγχει και τις συγκρίσεις που πραγματοποιούνται στην έκτη οθόνη, ώστε αυτόματα να ενημερώνεται η γραμμή κατάταξης των υλικών.

Η τελευταία οθόνη του λογισμικού παρουσιάζει αρκετά διαφορετικά στοιχεία, σε σχέση με τις υπόλοιπες. Εδώ απαιτήθηκε η προσομοίωση της συμπεριφοράς ενός σύνθετου σώματος (πλοίο), του οποίου η σύνθεση αλλάζει δυναμικά ανάλογα με τις ενέργειες του χρήστη (γεμίζει και αδειάζει τα διαμερίσματα με νερό). Για να επιτευχθεί αυτό, δημιουργήθηκαν ξεχωριστά σώματα για τα 13 διαμερίσματα, τα οποία με ειδικές συναρτήσεις συνδέθηκαν με το πλοίο με μόνιμους δεσμούς. Παράλληλα, αναπτύχθηκε κώδικας, ο οποίος ελέγχει την κατάσταση του διαμερίσματος (άδειο-γεμάτο) και ορίζει δυναμικά την πυκνότητά του. Οι αλλαγές στην πυκνότητα των διαμερισμάτων επιφέρουν αλλαγές και στη συμπεριφορά τού σώματος του πλοίου, αλλάζοντας την κλίση και τη θέση του στο νερό. Παράλληλα, για να δοθεί περισσότερος ρεαλισμός στο άδειασμα ενός διαμερίσματος, σχεδιάστηκε ένα animation. Μόλις γίνει κλικ σε κάποιο γεμάτο διαμέρισμα, εμφανίζεται στην οθόνη ένας σωλήνας, ο οποίος ξεκινάει από το βοηθητικό καράβι και τερματίζει στο επιλεγμένο διαμέρισμα, ενώ παράλληλα ακούγεται και ο ήχος μιας αντλίας νερού που τίθεται σε λειτουργία. Τέλος, προκειμένου να



γίνονται σταδιακά οι κινήσεις της βύθισης και της ανέλκυσης, δημιουργήθηκε κώδικας που απαγορεύει τα συνεχόμενα κλικ στα διαμερίσματα του πλοίου.

Θέματα εκτός προσομοίωσης

Για τη δημιουργία της σελίδας πληροφοριών (έβδομη οθόνη) χρησιμοποιήθηκε ένα έτοιμο πρότυπο από τον δικτυακό τόπο Open Source Web Design (<http://www.oswd.org>), το οποίο επεξεργαστήκαμε με τη χρήση κατάλληλου λογισμικού (notepad++). Το τελικό αποτέλεσμα αποτελείται από ένα αρχείο html, το οποίο περιλαμβάνει τα περιεχόμενα και ένα αρχείο css που ρυθμίζει την εμφάνιση και τα αρχεία εικόνας. Όλα τα επιμέρους αρχεία συγκεντρώθηκαν σε ένα φάκελο με το όνομα "site", ο οποίος βρίσκεται μέσα στον κεντρικό φάκελο του λογισμικού. Κατά την ανάπτυξη του περιβάλλοντος χρησιμοποιήθηκαν αρκετά γραφικά στοιχεία και εικόνες για την αναπαράσταση αντικειμένων, δωματίων, δοχείων κ.ο.κ. Ένα μεγάλο μέρος των εικόνων που χρησιμοποιήθηκαν ανασύρθηκαν από δικτυακούς τόπους (<http://www.openclipart.org>, <http://www.freetextures.org>), ενώ άλλες σχεδιάστηκαν από την αρχή. Για την επεξεργασία των εικόνων και για τη δημιουργία των σχεδίων, χρησιμοποιήθηκαν τα προγράμματα Gimp και Inkscape.

Από την πρώτη φάση του σχεδιασμού του λογισμικού, γνωρίζαμε πως έπρεπε να υπάρχει η δυνατότητα εύκολης μετάφρασης του λογισμικού σε επιπλέον γλώσσες. Η μετάφραση θα έπρεπε να γίνεται με απλό τρόπο, χωρίς να εμπλέκει τον μεταφραστή με λεπτομέρειες του πηγαίου κώδικα. Για το λόγο αυτό, αποφασίστηκε η ύπαρξη αυτόνομων αρχείων κειμένου για κάθε γλώσσα, τα οποία θα περιλαμβάνουν όλες τις ονομασίες και τις προτάσεις που εμφανίζονται στο λογισμικό. Τα αρχεία αυτά δημιουργούνται κατά την εγκατάσταση του λογισμικού, και τοποθετούνται στο φάκελο Languages, ο οποίος βρίσκεται μέσα στον κεντρικό φάκελο της εφαρμογής. Στην πρώτη γραμμή των αρχείων αναφέρεται ο τίτλος της γλώσσας, ενώ στις επόμενες γίνεται η γλωσσική απόδοση των στοιχείων του λογισμικού. Κατά την εκκίνηση του προγράμματος ερευνάται ο φάκελος Languages και δίνεται στο χρήστη η δυνατότητα να επιλέξει τη γλώσσα που επιθυμεί.

Το τελικό προϊόν της μεταγλώττισης του πηγαίου κώδικα είναι ένα εκτελέσιμο αρχείο, το οποίο χρειάζεται να συνδεθεί με τη βιβλιοθήκη GMPhysics.dll για να λειτουργήσουν οι συναρτήσεις της μηχανής προσομοίωσης. Παράλληλα, θα πρέπει να επικοινωνεί με τα αρχεία γλωσσών (φάκελος Languages) και τα αρχεία της στατικής σελίδας, που ενεργοποιείται στην έβδομη οθόνη. Οι εξαρτήσεις αυτές μας οδήγησαν στη λύση ενός προγράμματος για το πακετάρισμα εφαρμογών (Inno Setup), το οποίο παράγει ένα αρχείο εγκατάστασης, που δημιουργεί αυτόματα όλους τους απαραίτητους φακέλους και αρχεία στον κεντρικό φάκελο εφαρμογών (Program Files) του υπολογιστή. Η διαδικασία της εγκατάστασης είναι απλή και ολοκληρώνεται σε μικρό αριθμό βημάτων.

Συζήτηση

Το λογισμικό που δημιουργήθηκε χρησιμοποιήθηκε τόσο στην πιλοτική όσο και στην επίσημη εφαρμογή της διδακτικής ακολουθίας, οι οποίες έγιναν σε δύο δημοτικά σχολεία του δήμου Φλώρινας κατά τους πρώτους μήνες του 2008. Στη διάρκεια των μαθημάτων υπήρχε η φυσική παρουσία μελών της ομάδας ανάπτυξης της διδακτικής ακολουθίας μέσα στην τάξη, ενώ παράλληλα οι κινήσεις των μαθητών στους υπολογιστές καταγράφονταν με τη χρήση ειδικού προγράμματος (Screen Flash). Η ανάλυση αυτής της καταγραφής, καθώς και οι επιτόπιες παρατηρήσεις στην πιλοτική εφαρμογή, έδειξαν ότι οι περισσότεροι μαθητές χειρίστηκαν με άνεση και χωρίς προβλήματα το λογισμικό, ενώ δεν χρειάστηκε σε καμιά περίπτωση η



παρέμβασή μας για την παροχή επιπλέον οδηγιών χρήσης. Οι μαθητές έδειξαν ενδιαφέρον για το περιβάλλον της προσομοίωσης, συνέχιζαν όμως να ασχολούνται άσκοπα με αυτό, την ώρα που έπρεπε να συζητήσουν και να συμπληρώσουν τα φύλλα εργασίας, έχοντας ως αγαπημένη ασχολία το γέμισμα των δοχείων με υλικά. Για να αποφευχθεί αυτή η συμπεριφορά κατά τη φάση της επίσημης εφαρμογής, η δασκάλα υποχρέωνε τους μαθητές να κλείνουν τις οθόνες των Η/Υ, στα σημεία της διδασκαλίας που δεν απαιτούνταν η χρήση τους. Ένα ακόμη σημείο στο οποίο απαιτήθηκε η επέμβαση της δασκάλας αφορά στη χρήση της σωστής ορολογίας της μεταβλητής του βάρους-μάζας. Κατά τον έλεγχο της (πρώτο δωμάτιο), η διαφορά των δύο σωμάτων γίνεται εμφανής στην οθόνη ως προς τον όγκο τους, αφού έχουν το ίδιο σχήμα και το ίδιο υλικό. Οι μαθητές αναφέρονταν στην ιδιότητα του όγκου, χρησιμοποιώντας την ορολογία “μεγάλο-μικρό”, αντί των εκφράσεων “βαρύ-ελαφρύ”, χρίζοντας απαραίτητη την προσοχή της εκπαιδευτικού.

Το λογισμικό προσομοίωσης σχεδιάστηκε για να λειτουργήσει ως βοήθημα σε μια συγκεκριμένη διδακτική ακολουθία. Στόχος μας είναι να βελτιωθεί περαιτέρω, έτσι ώστε να αποτελέσει ένα γενικότερο και πιο ολοκληρωμένο εργαλείο για τη διδασκαλία της πλεύσης-βύθισης στο δημοτικό, ενσωματώνοντας στοιχεία αξιολόγησης και ανατροφοδότησης της εκπαιδευτικής διαδικασίας (ηλεκτρονικά φύλλα εργασίας, καταγραφή κινήσεων στις αίθουσες πειραμάτων) για κάθε μαθητή ξεχωριστά (δημιουργία λογαριασμών μαθητών). Παράλληλα, επιθυμητό στόχο αποτελεί και η ενεργή συμμετοχή του εκπαιδευτικού στο σχεδιασμό των πειραμάτων, μέσα από ένα ενσωματωμένο περιβάλλον, όπου θα του επιτρέπεται να σχεδιάζει και να επεξεργάζεται δωμάτια, υλικά και υγρά, καθώς και ηλεκτρονικά φύλλα εργασίας, προσαρμόζοντας το λογισμικό στη διδακτική ακολουθία που επιθυμεί να εφαρμόσει.

Ευχαριστίες

Η εργασία που παρουσιάζεται εδώ υποστηρίχτηκε από την Ευρωπαϊκή ένωση μέσω της European Communities Research Directorate General in the project Materials Science –University-school partnerships for the design and implementation of research-based ICT-enhanced modules on Material Properties, Science and Society Programme, FP6, SAS6-CT -2006-042942).

Βιβλιογραφία

- Foshay, Rob, Ahmed, Muhammad I. (2000). A Practical Process for Reviewing and Selecting Educational Software. Technical Paper. PLATO Learning, Inc., Bloomington, MN. PLATO-TP-8.
- Kulik, J.A. (2002). School mathematics and science programs benefit from instructional technology (NSF Report No. 03-301). Arlington, VA: National Science Foundation.
- Lee, S.H., Choi, W., Byun, H. (1996). Criteria for evaluating and selecting multimedia software for instruction. Proceedings of selecting research and development presentations at the 1996 National Convention of the Association for Educational Communications and Technology, 18th Indianapolis, IN.
- Mintz, R. (1993). Computerized simulation as an inquiry tool. *School Science and Mathematics*, 93(2), 76-80.
- Moss, C.M. (2001). Quantum intelligent tutoring engines. *Teacher's guide for the quantum tutors*.
- Robertson, H.J. (2003). Toward a theory of negativity: Teacher education and information and communications technology. *Journal of Teacher Education*, 54 (4), 280-296.
- Ronen, M., & Elishu, M. (1999). Simulation as a home learning environment-students' views. *Journal of Computer Assisted Learning*, 15, 258-268.



Sami Sahin. (2006). COMPUTER SIMULATIONS IN SCIENCE EDUCATION: Implications for Distance Education. Turkish Online Journal of Distance Education-TOJDE July 2006 ISSN 1302-6488 Volume: 7 Number: 4 Article: 12.

Sethi, R.J. (2005). Using virtual laboratories and online instruction to enhance physics education. Journal of Physics Teacher Education Online, 2 (3), 22-26.

Steinberg, R.N. (2000). Computers in teaching science: To simulate or not to simulate? Physics Education Research, American Journal of Physics Supplement, 68, s37-s41.

Stieff, M., & Wilensky, U. (2003). Connected chemistry—Incorporating interactive simulations in the chemistry classroom. Journal of Science Education and Technology, 12 (3), 285-302.

Trumper, R. (2003). The physics laboratory – a historical overview and future perspectives. Science & Education, 12, 645-670.

Zacharia, Z. (2003). Beliefs, attitudes, and intentions of science teachers regarding the educational use of computer simulations and inquiry-based experiments in physics. Journal of Research in Science Teaching, 40, 792-823.

Vagner, B. (1998). Use of simulation software for Physics teaching. International Conference on Engineering Education.