

«Διερευνητική μάθηση και εμπλοκή των μαθητών στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με τη χρήση προσομοιώσεων – Η συμβολή του λογισμικού Algodoo»

Κωστάκη Στέλα - Μαρίνα¹

¹ Δασκάλα, 45ο Δημοτικό Σχολείο Ηρακλείου
marilia3159@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στηρίζεται ουσιαστικά στις προϋπάρχουσες γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών για τις έννοιες και τα φαινόμενα και στοχεύει στον μετασχηματισμό των γνώσεων αυτών μέσω της εποικοδομιστικής θεωρίας μάθησης. Η διδασκαλία οφείλει να παρέχει τις απαραίτητες προϋποθέσεις και να καλλιεργεί κίνητρα ώστε να εμπλέκει ενεργά τους μαθητές στην ανακάλυψη και την οικοδόμηση της γνώσης. Οι προσομοιώσεις μέσω ηλεκτρονικών υπολογιστών συμβάλλουν σε αυτή την κατεύθυνση, λειτουργώντας ως σκαλωσιά στην εκπαιδευτική διαδικασία, παρέχοντας στους μαθητές κίνητρο για ενεργό συμμετοχή στην οικοδόμηση της γνώσης. Το Algodoo αποτελεί ένα σημαντικό κι εύχρηστο λογισμικό δημιουργίας προσομοιώσεων, το οποίο βασίζεται στην κονστρουκτιβιστική θεωρία μάθησης. Οι δυνατότητες αξιοποίησής του στη μελέτη αρκετών εννοιών και φαινομένων των Φυσικών Επιστημών εγείρει το ενδιαφέρον των μαθητών και τους εμπλέκει ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία μέσω ανακάλυψης και διερεύνησης.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Φυσικές Επιστήμες, διερευνητική μάθηση, Algodoo

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, σύμφωνα με τους Jimoyiannis και Komis (2001), στηρίζεται ουσιαστικά στις προϋπάρχουσες γνώσεις και αντιλήψεις των μαθητών για τις έννοιες και τα φαινόμενα και στοχεύει στον μετασχηματισμό των γνώσεων αυτών, ο οποίος επέρχεται εφόσον η διδασκαλία παρέχει τις απαραίτητες προϋποθέσεις, καλλιεργεί κίνητρα και εμπλέκει ενεργά τους μαθητές στην ανακάλυψη και την οικοδόμηση της γνώσης. Ένα μέσο διδασκαλίας το οποίο ενεργοποιεί το ενδιαφέρον και την εμπλοκή των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι και ο ηλεκτρονικός υπολογιστής και τα ολοένα και περισσότερα εργαλεία τα οποία προσφέρονται στην υπηρεσία της εποικοδομιστική μάθησης (Jimoyiannis & Komis, 2001).

Συγκεκριμένα, οι προσομοιώσεις εμφανίστηκαν τη δεκαετία του 1950 για εκπαιδευτικούς και ερευνητικούς σκοπούς και χρησιμοποιήθηκαν για να

αναπαραστήσουν πραγματικά συστήματα και να επιτρέψουν εικονικά πειράματα. Στους χρήστες τους παρέχεται η δυνατότητα αλλαγής μεταβλητών και παραμέτρων του πειράματος ώστε να μπορέσουν να παρατηρήσουν τις μεταβολές που προκύπτουν λαμβάνοντας ανατροφοδότηση άμεσα. Όσον αφορά στον ορισμό της έννοιας «προσομοίωση», στη βιβλιογραφική ανασκόπηση των Renken, Peffer, Otrell-Cass και Girault (2016) εμφανίζονται αρκετοί παρεμφερείς ορισμοί (π.χ. Winsberg, 2015, Honey & Hilton, 2011, Hirumi, 2010, D' Angelo et al., 2014). Στο άρθρο τους οι Renken, Peffer, Otrell-Cass και Girault (2016) ορίζουν την προσομοίωση, σε σχέση με τη σκαλωσιά που παρέχει στην εκπαίδευση, ως «αλγοριθμικά, δυναμικά, συχνά απλουστευμένα μοντέλα πραγματικού ή υποθετικού φαινομένου που περιέχει χαρακτηριστικά που δεν επιτρέπουν μόνο την προβολή των ιδεών, την αλλαγή παραμέτρων, την παρατήρηση γεγονότων και τη διατύπωση ερωτήσεων».

ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΗ ΚΑΙ ΕΜΠΛΟΚΗ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΩΝ

Ο 21^{ος} αιώνας φέρνει μαθητές και εκπαιδευτικούς αντιμέτωπους με μεγάλες και ουσιώδεις αλλαγές στον τρόπο με τον οποίο ο άνθρωπος να βλέπει τον κόσμο γύρω του. Σύμφωνα με τους Pruneau, Kerry και Langis (2016) οι κοινωνικές, οικονομικές, πολιτισμικές και περιβαλλοντικές αλλαγές απαιτούν άμεση κοινωνική αλλαγή προκειμένου να αντιμετωπιστούν. Η εκπαίδευση οφείλει να ακολουθεί τις κοινωνικές επιταγές και να καλλιεργεί ανάλογες δεξιότητες στους πολίτες του 21^{ου} αιώνα. Μέσω των προσομοιώσεων και των παιχνιδιών οι μαθητές αποκτούν στρατηγική σκέψη, αναπτύσσουν τόσο τη δημιουργικότητα όσο και την κρίση τους, επιλέγουν διαδικασίες και πρακτικές προκειμένου να επιλύσουν προβλήματα, δημιουργούν εναλλακτικά σενάρια και τα εφαρμόζουν.

Πολλοί εκπαιδευτικοί, προκειμένου να ελαχιστοποιήσουν τις δυσκολίες στη διδασκαλία και την κατανόηση φυσικών φαινομένων χρησιμοποιούν λογισμικά τα οποία μπορούν να συνδράμουν την επίλυση προβλημάτων, να μοντελοποιήσουν έννοιες και να οπτικοποιήσουν φαινόμενα επιτρέποντας τη διάδραση με αυτά (da Silva, Guaitaloni, Goncalves, da Silva, Viana & Leal, 2015). Εξάλλου, οι προσομοιώσεις τις τελευταίες τρεις δεκαετίες έχουν γίνει περισσότερο διαδραστικές και κερδίζουν διαρκώς έδαφος εξαιτίας των πολλαπλών αναπαραστάσεων των εννοιών που πραγματεύονται, γεφυρώνοντας με τρόπο αποτελεσματικό προϋπάρχουσες αντιλήψεις των μαθητών με νέες (Wibowo, Hermita, Suhandi, Supriyatman, Samsudin, Rusdiana, Darma, Nahadi, Akbardin, & Costu, 2017). Επιπλέον, οι προσομοιώσεις επιτρέπουν την ανάληψη πρωτοβουλιών από την πλευρά των μαθητών, αυξάνοντας το κίνητρό τους για ενασχόληση, καθιστώντας τους ικανούς να μαθαίνουν μόνοι τους (Çelik, Sari & Harwanto, 2014).

Οι μαθητές, προκειμένου να μελετήσουν φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών, έρχονται σε επαφή με μεθόδους και εργαλεία τα οποία χρησιμοποιεί ένας επιστήμονας ερευνητής. Η χρήση των προσομοιώσεων μπορεί να παρέχει περισσότερες ευκαιρίες για εμπλοκή των μαθητών στη

μαθησιακή διαδικασία, καθώς, σύμφωνα και πάλι με τους Renken, Peffer, Otrell-Cass και Girault (2016) οι προσομοιώσεις στηρίζουν τη μάθηση με δυο τρόπους: είτε ως εσωτερική σκαλωσιά, η οποία επαφίεται στην ίδια την προσομοίωση, είτε ως εξωτερική σκαλωσιά, η οποία υποστηρίζεται από τον εκπαιδευτικό ο οποίος παροτρύνει τους μαθητές του στη χρήση προσομοιώσεων. Και με τους δυο τρόπους οι προσομοιώσεις ενισχύουν τη μάθηση, ο πρώτος μεν επιτρέποντας την ενεργό πρακτική ενασχόληση των μαθητών με τις Φυσικές Επιστήμες και ο δεύτερος ενισχύοντας το κίνητρο στους μαθητές ώστε να εμπλακούν ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία (ό.π.).

Επιπλέον, η χρήση προσομοιώσεων στις Φυσικές Επιστήμες παρέχει τη δυνατότητα στους μαθητές να εστιάσουν σε συγκεκριμένες μεταβλητές, να απομονώσουν παράγοντες του υπό μελέτη φαινομένου προκειμένου να παρατηρήσουν και να καταγράψουν τον βαθμό επίδρασής τους στο φαινόμενο και, συνεπώς, επιτρέπουν στους μαθητές να αυτενεργήσουν και να ισχυροποιήσουν ή να αναδομήσουν τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις τους, καθώς και να προβούν σε εξηγήσεις ή προβλέψεις ενός φαινομένου (ό.π., Çelik, Sari & Harwanto, 2014).

Πλέον έχουν δημιουργηθεί εργαλεία προσομοιώσεων τα οποία επιτρέπουν στους χρήστες τους να δημιουργήσουν τους δικούς τους εικονικούς κόσμους, να γράψουν κείμενο, να επιλέξουν χαρακτήρες και να τους θέσουν να δρουν σε τρισδιάστατα περιβάλλοντα. Τα εργαλεία αυτά στοχεύουν στη δημιουργία εξατομικευμένου πεδίου μάθησης στο οποίο οι μαθητές χρήστες αλληλεπιδρούν (de Freitas & Oliver, 2006) και καλλιεργούν δεξιότητες σημαντικές καθώς καλούνται να επιλέξουν οι ίδιοι ποια προσομοίωση ή ποιο παιχνίδι θα χρησιμοποιήσουν και πώς θα το εντάξουν στο αναλυτικό πρόγραμμα ώστε να εξυπηρετεί τους στόχους της εκάστοτε ενότητας (ό.π.). Συνεπώς επιτυγχάνονται στόχοι οι οποίοι εντάσσονται σε όλες τις στοιβάδες της ταξινόμιας του Bloom.

Το 2016 οι Jones, Childers, Emig, Chevrier, Stevens και Tan μελέτησαν τα αποτελέσματα της διδασκαλίας με απτικές προσομοιώσεις γύρω από τις έννοιες θερμότητα, πίεση και ελεύθερη κίνηση. Έλαβαν υπόψη ότι οι μαθητές συχνά συγχέουν τις έννοιες θερμότητα-θερμοκρασία, ενώ δυσκολεύονται στην κατανόηση της κίνησης των σωματιδίων σε σχέση με την πίεση. Επίσης, υποστήριξαν ότι η αφή είναι μια σημαντική αίσθηση για την κατανόηση και εκμάθηση του κόσμου γύρω μας. Στην έρευνά τους χρησιμοποίησαν προσομοιώσεις με απτικά εργαλεία χειρισμού (joysticks) τα οποία επιτρέπουν στους χρήστες να αισθανθούν αντικείμενα σε εικονικά περιβάλλοντα.

Δυο ομάδες συστάθηκαν, πειραματική και ελέγχου, προκειμένου να παρατηρήσουν την κίνηση ενός βάλματος μέσα σε νερό και να προβλέψουν την πορεία της κίνησης αυτής. Έπειτα στους μαθητές ζητήθηκε να αναπαραστήσουν την κίνηση ενός σωματιδίου σε ζεστό και σε κρύο νερό και να καθορίσουν τη θερμοκρασία, έχοντας παράλληλα την πληροφορία ότι αυτό περιγράφει τη σχέση της πίεσης με τον αριθμό των σωματιδίων σε συγκεκριμένο όγκο. Στη συνέχεια, όλοι οι μαθητές χρησιμοποίησαν μια προσομοίωση του πειράματος προκειμένου να ελέγξουν και να διαχειριστούν

παραμέτρους ώστε να καταλήξουν στο συμπέρασμά τους. Η ομάδα ελέγχου χρησιμοποίησε προσομοίωση χωρίς απτική ανατροδοφότηση, η δε πειραματική ομάδα χρησιμοποίησε προσομοίωση με απτική ανατροφοδότηση. Οι μαθητές της πειραματικής ομάδας δήλωσαν ότι είχαν περισσότερο ενδιαφέρον για τη μαθησιακή διαδικασία, ενώ κατανόησαν σε μεγαλύτερο βαθμό την κίνηση των σωματιδίων, το μέγεθός τους, τις δυνάμεις που ασκούνταν μεταξύ τους.

Για την κατανόηση της έννοιας της μετάδοσης θερμότητας, οι Wibowo κ.ά. (2017) διεξήγαγαν έρευνα σε 50 φοιτητές. Χρησιμοποίησαν το λογισμικό Macromedia Flash 8 με στόχο να ελέγξουν τις επιδράσεις των προσομοιώσεων στις προϋπάρχουσες ιδέες των φοιτητών γύρω από την έννοια της θερμότητας αλλά και στον μετασχηματισμό αυτών. Η προσομοίωση εξυπηρετούσε τη διδασκαλία της έννοιας της μετάδοσης θερμότητας, ενώ οπτικοποιούσε την κίνηση των μορίων του νερού καθώς αυτό θερμαινόταν σε διαφορετικά υψόμετρα (βουνό, θάλασσα και εργαστήριο). Επίσης χρησιμοποιήθηκαν οι παρανοήσεις των φοιτητών και, βάσει της εποικοδομιστικής θεωρίας μάθησης, προήχθη η ανακάλυψη της γνώσης. Τα αποτελέσματα της έρευνας κατέδειξαν την ισχυρά στατιστικά σημαντική συμβολή των προσομοιώσεων στην κατανόηση της έννοιας της μετάδοσης της θερμότητας και στην αποκατάσταση εννοιολογικών παρανοήσεων που υπήρχαν.

Παράδειγμα χρήση προσομοίωσης για την ανάδειξη της έννοιας της κινητικότητας των μορίων του νερού καθώς εκείνα προσλαμβάνουν ή αποβάλλουν θερμότητα (Φυσικά Ε' Δημοτικού, Ενότητα «Θερμότητα») αποτελεί η «Κίνηση μορίων νερού» ([https://scratch.mit.edu/projects/206061802/](https://scratch.mit.edu/projects/206061802) τελευταία πρόσβαση Μάρτιος 18, 2018) η οποία δημιουργήθηκε με το λογισμικό Scratch για τη διδασκαλία της συγκεκριμένης έννοιας σε δυο τμήματα Ε' τάξης, δυναμικότητας 24 και 23 μαθητών αντίστοιχα. Οι οδηγίες χρήσης της προσομοίωσης ηχογραφήθηκαν και εισήχθησαν στο λογισμικό, ενώ για την κατασκευή της χρησιμοποιήθηκαν εξολοκλήρου στοιχεία και υπόβαθρα από τη βιβλιοθήκη του Scratch. Η προσομοίωση ξεκινά με εμφάνιση της κινητικότητας των μορίων του νερού στη θερμοκρασία των 17 βαθμών Κελσίου. Με τα βελάκια του πληκτρολογίου παρέχεται η δυνατότητα αύξησης ή μείωσης της θερμοκρασίας του νερού προκειμένου να επιτευχθεί παρατήρηση της αλλαγής της κινητικής κατάστασης των μορίων. Οι μαθητές παρακινήθηκαν να διατυπώσουν παρατηρήσεις, να ανταλλάξουν απόψεις ή και να καταλήξουν σε κάποιο συμπέρασμα. Από συζήτηση στην τάξη μετά τη χρήση της εν λόγω προσομοίωσης διατυπώθηκε η προστιθέμενη αξία της, καθώς η παρατήρηση των μορίων του νερού δεν ήταν δυνατό να επιτευχθεί στη σχολική αίθουσα με διαφορετικό τρόπο.

ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ALGODOO ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ

Το Algodoo είναι ένα λογισμικό ελεύθερο (<http://www.algodoo.com>) και φιλικό ακόμα και σε μη έμπειρους χρήστες. Είναι βασισμένο στην κονστρουκτιβιστική θεωρία και επιτρέπει τη δημιουργία δισδιάστατων

προσομοιώσεων προκειμένου εκπαιδευτικοί και μαθητές να δημιουργήσουν προσομοιώσεις και να μελετήσουν έννοιες και φαινόμενα των Φυσικών Επιστημών. Οι δημιουργίες των χρηστών μπορούν να αποθηκευτούν σε μικρά αρχεία (<1 MB) και να διαμοιραστούν με άλλους χρήστες του λογισμικού ακόμα και μέσω ενός διαδικτυακού αποθετηρίου. Η δυνατότητα αυτή παρέχει ευκαιρίες συνεργασίας των χρηστών και συνεπεξεργασίας των προσομοιώσεων, στο πλαίσιο της κοινωνιογνωστικής θεωρία μάθησης (Gregorcic & Bodin, 2017).

Το λογισμικό επιτρέπει την εισαγωγή εικόνων και ήχων παρέχοντας τη δυνατότητα δημιουργίας πιο ελκυστικών προσομοιώσεων και υποστηρίζει τη δημιουργία απεικονίσεων, απλών ή σύνθετων, ανάλογα με τις απαιτήσεις των χρηστών του. Αποτελεί ένα εργαλείο επίλυσης προβλημάτων και διερεύνησης φαινομένων, ιδίως όταν χρησιμοποιείται σε διαδραστικό πίνακα, ενώ είναι απόλυτα διευκολυντικό στην επεξεργασία σχεδίων εργασίας (project) χάρη στην εύκολη πρόσβαση και τον διαμοιρασμό των αρχείων του. Το λογισμικό, ιδιαίτερα όταν συνδυάζεται με διεπαφές οθόνης αφής, μπορεί να οδηγήσει στη μείωση του κόστους για πειραματικό εργαστηριακό εξοπλισμό, καθώς είναι κατάλληλο για χρήση σε επιστημονικά κέντρα (ό.π.).

Το 2015 οι da Silva, Guaitaloni, Goncalves, da Silva, Viana & Leal μελέτησαν την κίνηση των σωματιδίων μέσα σε υγρά με τη χρήση του λογισμικού Algodoo. Δημιούργησαν κινούμενες εικόνες (animation) για τα πειραματικά τους σενάρια, λαμβάνοντας υπόψιν τις εξισώσεις και τις φυσικές ιδιότητες που επιβάλλονται στις προσομοιώσεις. Οι ερευνητές καταλήγουν ότι η χρήση του λογισμικού σε συνδυασμό με τις αναλυτικές προσεγγίσεις υποστηρίζουν καλύτερα τη μαθησιακή διαδικασία, αναδεικνύοντας το Algodoo ως υποστηρικτικό εργαλείο για την καλύτερη και ευκολότερη εκμάθηση των Φυσικών Επιστημών.

Το 2014 οι Çelik, Sari & Harwanto χρησιμοποίησαν τη δυνατότητα του λογισμικού Algodoo για αναπαράσταση του υγρού στοιχείου, προκειμένου να διδάξουν οπτικά την αρχή του Αρχιμήδη. Στόχος τους ήταν η καλλιέργεια της δημιουργικής και κριτικής σκέψης των μαθητών, μέσα από την απόκτηση επιστημονικών δεξιοτήτων, αλλά και η συνειδητοποίηση ότι έννοιες των Φυσικών Επιστημών διέπουν την καθημερινή ζωή. Επομένως, επιχείρησαν σύνδεση ανάμεσα στην επιστήμη, την τεχνολογία και το κοινωνικό και φυσικό περιβάλλον.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ALGODOO ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΠΡΑΞΗ

Στο πλαίσιο ενεργούς εμπλοκής των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία, το Algodoo μπορεί να λειτουργήσει τόσο ως εσωτερική σκαλωσιά όσο και ως εξωτερική. Ως εξωτερική σκαλωσιά οι προσομοιώσεις ενισχύουν τη μάθηση επιτρέποντας την ενεργό πρακτική ενασχόληση των μαθητών με τις Φυσικές Επιστήμες. Στην κατεύθυνση αυτή κινούνται οι προσομοιώσεις που περιγράφονται παρακάτω. Οι δυο πρώτες δημιουργήθηκαν με στόχο να ενισχύσουν δραστηριότητες του υλικού PriSciNet, ευρωπαϊκού προγράμματος (2011-2014) το οποίο με τη σειρά του στόχευε στη διδασκαλία των Φυσικών

Επιστημών σε μαθητές της Ευρώπης ηλικίας 3 ως 11 ετών μέσω διερευνητικής, ανακαλυπτικής μάθησης (Καλαϊτζιδάκη, 2017). Οι δραστηριότητες που περιγράφονται στα εκπαιδευτικά φύλλα του συλλογικού τόμου ο οποίος δημιουργήθηκε μπορούν να υλοποιηθούν στην τάξη με απλά υλικά, ωστόσο θα μπορούσαν να πλαισιωθούν και να υποστηριχθούν περαιτέρω με τη χρήση προσομοιώσεων. Οι δυο επόμενες προσομοιώσεις δημιουργήθηκαν προκειμένου να υποστηρίξουν κεφάλαια από το μάθημα «Φυσικά Δημοτικού, ερευνώ και ανακαλύπτω» της Ε' τάξης Δημοτικού. Και οι τέσσερις προσομοιώσεις, ωστόσο, μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σε διαφορετική ηλικιακή ομάδα, εφόσον θεωρηθεί σκόπιμο και εφόσον εξυπηρετούν παιδαγωγικούς στόχους διαφορετικών εκπαιδευτικών σεναρίων.

Η προσομοίωση «Βύθιση υλικών σωμάτων ίσων μεγεθών» (<http://www.algodoo.com/algobox/details.php?id=179060> τελευταία πρόσβαση Μάρτιος 16, 2018) δημιουργήθηκε με το λογισμικό Algodoo προκειμένου να συνδράμει τις δραστηριότητες του φύλλου εργασίας «Νερό, παγόβουνα και σκάφη» του PriSciNet, για την ηλικιακή ομάδα των 9-11 χρόνων. Οι μαθητές, στη φάση της διερεύνησης των προτερων ιδεών και αντιλήψεών τους για το φαινόμενο της βύθισης και της πλεύσης, επρόκειτο να διαχειριστούν επτά κύβους ίσων διαστάσεων, αλλά διαφορετικών υλικών και μάζας, βυθίζοντάς τους σε μια λεκάνη με νερό. Οι κύβοι αναγράφουν το υλικό από το οποίο αποτελούνται και οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν πριν τη χρήση της προσομοίωσης στο ερώτημα: «Ποια κυβάκια αναμένετε να βυθίζονται και ποια να επιπλέουν;» και να καταγράψουν τις απόψεις τους. Στη συνέχεια, οι μαθητές παρακινήθηκαν να αλλάξουν τη μάζα των υλικών και να δοκιμάσουν και πάλι το εικονικό πείραμα σημειώνοντας εκ νέου τις παρατηρήσεις τους και να καταλήξουν στη διατύπωση ενός συμπεράσματος.

Η προσομοίωση «Επίπλευση πυκνότητα» (<http://www.algodoo.com/algobox/details.php?id=179121> τελευταία πρόσβαση Μάρτιος 16, 2018) δημιουργήθηκε πλαίσιο του ίδιου φύλλου εργασίας «Νερό, παγόβουνα και σκάφη» του PriSciNet. Αυτή τη φορά οι μαθητές κλήθηκαν να διαχειριστούν τρία κουτιά ίδιου υλικού, όμως διαφορετικού μεγέθους και μάζας. Παρακινήθηκαν να διατυπώσουν και να καταγράψουν προβλέψεις σχετικά με το ποιο κουτί θα επιπλεύσει, αφού αυτά αφεθούν σε μια λεκάνη με νερό. Στη συνέχεια, οι μαθητές παρακινήθηκαν να αλλάξουν το μέγεθος ενός κουτιού και να προχωρήσουν εκ νέου σε υποθέσεις και παρατηρήσεις. Τέλος, οι μαθητές κλήθηκαν να αλλάξουν την πυκνότητα ενός κουτιού και να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους σχετικά με τη βύθιση των σωμάτων. Το ερώτημα που τέθηκε στους μαθητές ήταν: «Τι καθορίζει αν ένα σώμα επιπλέει ή βυθίζεται;» και στόχευε στη διατύπωση συμπεράσματος σχετικά με τη βύθιση ενός σώματος και την πυκνότητά του.

Για την προσέγγιση της έννοιας της τριβής ολίσθησης δημιουργήθηκε προσομοίωση «Τριβή1» (<http://www.algodoo.com/algobox/details.php?id=179243> τελευταία πρόσβαση Μάρτιος 16, 2018) προκειμένου να υποστηρίξει τον πειραματισμό γύρω από το φαινόμενο. Σε κεκλιμένο επίπεδο σχεδιάστηκε ένα ορθογώνιο

κιβώτιο. Με το εργαλείο περιστροφής του λογισμικού ο εκάστοτε μαθητής-χειριστής της προσομοίωσης άλλαζε την κλίση του επιπέδου κύλισης, ενώ παράλληλα οι υπόλοιποι μαθητές σημείωναν σε χαρτί τις μοίρες της γωνίας στην οποία το κιβώτιο άρχιζε να γλιστράει. Μετά από μερικές επαναλήψεις και καταγραφές της γωνίας κύλισης, οι μαθητές κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι το σώμα αρχίζει να κυλά σε συγκεκριμένη κλίση του επιπέδου κύλισης. Σταδιακά, ο μαθητής-χειριστής της προσομοίωσης μετέβαλε την επιφάνεια κύλισης του αντικειμένου (έθεσε το κιβώτιο να κυλάει με τη μικρή του πλευρά αυτή τη φορά) και οι υπόλοιποι μαθητές κατέγραφαν και πάλι την κλίση του επιπέδου. Τέλος, οι μαθητές παρακινήθηκαν να επαναλάβουν τη δραστηριότητα, αλλάζοντας μόνο το υλικό του κιβωτίου, αφήνοντας την επιφάνεια τριβής και τη μάζα του κουτιού σταθερή. Καταγράφοντας και μελετώντας τις παρατηρήσεις τους οι μαθητές στο τέλος κλήθηκαν να διατυπώσουν κάποιο συμπέρασμα.

Η τελευταία προσομοίωση που περιγράφεται εδώ, «Φακοί και πρίσματα» (<http://www.algodoo.com/algobox/details.php?id=179445> τελευταία πρόσβαση Μάρτιος 16, 2018), δημιουργήθηκε προκειμένου να υποστηρίξει την ενότητα «Φως» (Φυσικά Ε' Δημοτικού, Ενότητα 7). Οι μαθητές κλήθηκαν να στρέψουν την ακτίνα του λέιζερ στους φακούς και τα πρίσματα τα οποία συνθέτουν την εικόνα του περιβάλλοντος και να παρατηρήσουν πώς συμπεριφέρεται η ακτίνα φωτός σε κάθε περίπτωση. Επιπλέον, παρακινήθηκαν να μεταβάλουν τη διαφάνεια των φακών ή και να αλλάξουν υλικό στα σχήματα, ώστε να παρατηρήσουν και πάλι τη διάδοση του φωτός μέσα από διαφανή, αδιαφανή και ημιδιαφανή υλικά.

Η συζήτηση που ακολούθησε τη χρήση των τεσσάρων παραπάνω προσομοιώσεων υπήρξε ζωνρή και ενθουσιώδης, με ανταλλαγή απόψεων στην ολομέλεια της τάξης και διατύπωση συμπερασμάτων γύρω από τις έννοιες και τα φαινόμενα που προσεγγίστηκαν. Το ενδιαφέρον των μαθητών διατηρήθηκε αμείωτο καθ' όλη τη διάρκεια ενασχόλησης με τις προσομοιώσεις και ο βαθμός αλληλεπίδρασής του τόσο με το λογισμικό, όσο και με τους συμμαθητές τους αυξήθηκε σημαντικά. Συνεπώς, η χρήση του λογισμικού Algodoo μπορεί να λειτουργήσει και ως εσωτερική σκαλωσιά για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, καθώς ενισχύουν το κίνητρο στους μαθητές ώστε να εμπλακούν ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία. Εξαιτίας της φύσης του λογισμικού, του φιλικού του περιβάλλοντος και της ευκολίας διεπαφής, ιδίως όταν χρησιμοποιείται σε διαδραστικό πίνακα, το ενδιαφέρον των μαθητών ενεργοποιείται άμεσα κι αβίαστα.

Το λογισμικό χρησιμοποιήθηκε σε ένα τμήμα Ε' Δημοτικού δυναμικότητας 24 μαθητών με αφορμή τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, ωστόσο μεγαλύτερη βαρύτητα δόθηκε στη δημιουργική διάσταση της ενασχόλησης των μαθητών με το εν λόγω λογισμικό, καθώς και στην ανακάλυψη και οικοδόμηση νέας γνώσης. Η ενασχόληση των μαθητών με τις έτοιμες προσομοιώσεις προξένησε το ενδιαφέρον τους για περισσότερη προσωπική ενασχόληση με το λογισμικό τόσο μέσα στην τάξη όσο και έξω από αυτήν. Μετά από σύντομη εξοικείωση με το περιβάλλον του Algodoo (μία διδακτική

ώρα) οι μαθητές άρχισαν να δοκιμάζουν τις δυνατότητες του λογισμικού και να δημιουργούν τις δικές τους προσομοιώσεις και τα δικά τους παιχνίδια. Στο διάστημα μίας εβδομάδας δραστηριοποιήθηκαν σε μεγάλο βαθμό αναλαμβάνοντας πρωτοβουλίες για την εκπόνηση και παρουσίαση προσομοιώσεων στην τάξη. Οι παρουσιάσεις στην ολομέλεια γίνονταν με ενθουσιασμό και οι απορίες που εκφράζονταν ελεύθερα λύνονταν μέσω ανταλλαγής εμπειριών, αλλά και μέσω δοκιμών στον διαδραστικό πίνακα. Μετά το πέρας του χρονικού διαστήματος της μίας εβδομάδας, οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν στην ερώτηση: «Γιατί να μάθω να φτιάχνω μια προσομοίωση;» και οι απαντήσεις τους τοποθετούνται στο πλαίσιο της διερευνητικής, ανακαλυπτικής μάθησης, αναδεικνύοντας την προστιθέμενη αξία της χρήσης των προσομοιώσεων. Αξιοσημείωτη ήταν η τεκμηριωμένη συζήτηση των μαθητών γύρω από τις δυνατότητες του λογισμικού αλλά και την αναγκαιότητα ή μη δημιουργίας μιας ή περισσότερων προσομοιώσεων για κάθε μια ενότητα του μαθήματος της Φυσικής.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Καλαϊτζιδάκη, Μ. (2017). Η προώθηση της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών με διερεύνηση σε παιδιά 3-11 ετών στην Ευρώπη: Ευρωπαϊκό πρόγραμμα PriSciNet. Στο Δ. Σταύρου (Επιμ.), *Επιστήμες Αγωγής Θεματικό Τεύχος 2016*. σελ. 8-37. Ρέθυμνο.

Çelik, H., Sari, U., & Harwanto, U. N. (2014). Developing and Evaluating Physics Teaching Material with algodoo (phun) in Virtual Environment; Archimedes' Principle. *The Eurasia Proceedings of Educational & Social Sciences (EPESS)*, 2014 Volume 1, 178-183. Turkey: ISRES Publishing.

Da Cunha Pereira, M. R. (2014). Νερό, παγόβουνα και σκάφη. Στο Καλαϊτζιδάκη, Μ. (επιμ.) (2014). *Δραστηριότητες Φυσικών Επιστημών με διερεύνηση για παιδιά πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης 3-11 ετών*. Ευρωπαϊκό Πρόγραμμα Pri-Sci-Net. Ειδικός Λογαριασμός Πανεπιστημίου Κρήτης, Ρέθυμνο, σσ. 81-89 (ISBN: 978-960-7143-42-6).

D'Angelo, C., Rutstein, D., Harris, C., Bernard, R., Borokhovski, E., & Haertel, G. (2014). *Simulations for STEM learning: Systematic review and meta-analysis (executive summary)*. Menlo Park, CA: SRI International.

da Silva, S. L., Guaitaloni Junior, J. T., Goncalves, E., da Silva, R. L., Viana, E. R., & Leal, F. F. (2015). *An alternative for teaching and learning the simple diffusion process using Algodoo animations*. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/1412.6666>

de Freitas, S. & Oliver, M. (2006). How can exploratory learning with games and simulations within the curriculum be most effectively evaluated?. *Computer & Education* 46(3), 249-264. doi: 10.1016/j.compedu.2005.11.007

Gregorcic, B., & Bodin, M. (2017). Algodoo: A Tool for Encouraging Creativity in Physics Teaching and Learning. *The Physics Teacher* 55, pp. 25-28. doi: 10.1119/1.4972493

Hirumi, A. (Ed.). (2010). *Playing games in school: Video games and simulations for primary and secondary education*. International Society for Technology in Education.

Honey, M., & Hilton, M. (Eds.). (2011). *Learning science through computer games and simulations*. Committee on Science Learning: Computer Games, Simulations, and Education. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.

Jones, G. M., Childers, G., Emig, B., Chevrier, J., Stevens, V., & Tan, H. (2016). The Efficacy of Visuohaptic Simulations in Teaching Concepts of Thermal Energy, Pressure, and Random Motion. In N. Papadouris, A. Hadjigeorgiou, C. P. Constantinou (Eds.) *Insights from Research in Science Teaching and Learning, Contributions from Science Education Research 2* (pp. 73-86). Switzerland: Springer.

Pruneau, D., Kerry, J. & Langis, J. (2016). New Competences to Develop in Students to Help Them Get Involved in Sustainable Development While They Learn Through Inquiry Methods. In M. Riopel & Z. Smyrniou (Eds.), *New Developments in Science and Technology Education*. (pp. 153-162). Switzerland: Springer.

Renken, M., Pfeffer, M., Otrell-Cass, K., Girault, A.C. (2016). *Simulations as Scaffolds in Science Education*. New York Dordrecht, London: Springer.

Jimoyiannis, A. & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers & Education*, 36(2), 183-214.

Wibowo, F. C., Hermita, N., Suhandi, A., Supriyatman, Samsudin, A., Rusdiana, D., Darma, D. R., Nahadi, Akbardin, J. & Costu, B. (2017). Contribution of Virtual Microscopic Simulation (Vms) to Unveil Students' Conceptual Development and Misconceptions of Physics Concepts of Heat Transfer. *Turkish Online Journal of Educational Technology, Special Issue for INTE 2017 (I)*, 639-647.

Winsberg, E. (2015). Computer simulations in science. In E. N. Zalta (Ed.), *The Stanford encyclopedia of philosophy* (Summer 2015 Edition). Stable URL: <http://plato.stanford.edu/archives/sum2015/entries/simulations-science/>