ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2016)

10ο Πανελλήνιο και Διεθνές Συνέδριο «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»

Δημιουργία προσομοιώσεων διερευνητικής μάθησης και καταγραφή κινήσεων των μαθητών

Απόστολος Μιχαλούδης, Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 03/05/2024 03:12:49

Δημιουργία προσομοιώσεων διερευνητικής μάθησης και καταγραφή κινήσεων των μαθητών

Απόστολος Μιχαλούδης, Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης
michaloudis@yahoo.com, evris@physics.auth.gr
Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Η εργασία περιγράφει τη μεθοδολογία για την εφαρμογή της διερευνητικής μάθησης στη διδασκαλία της Φυσικής, μέσω προσομοιώσεων. Αναλύονται τα επίπεδα διερευνητικής μάθησης και οι εκπαιδευτικές μέθοδοι που αξιοποιούν τις προσομοιώσεις, ως εργαλείο μάθησης και απόκτησης δεξιοτήτων. Οι παραπάνω μέθοδοι αξιοποιήθηκαν σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε μαθητές της Β΄ Λυκείου, οι οποίοι συμπλήρωσαν κατάλληλα διαμορφωμένα φύλλα εργασίας τα οποία τους ανατέθηκαν ως εργασία για το σπίτι με τη βοήθεια προσομοιώσεων. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η δομή των φύλλων εργασίας επηρεάζει το επίπεδο διερεύνησης και τις κινήσεις των μαθητών στην προσομοίωση, αλλά και ότι η μέθοδος μπορεί να βοηθήσει τους μαθητές να ενσωματώσουν την τεχνολογία και τη διερευνητική μάθηση στον τρόπο εκπαίδευσής τους, αποκτώντας σημαντικές δεξιότητες και ικανότητες.

Λέξεις κλειδιά: διερευνητική μάθηση, προσομοιώσεις Φυσικής, καταγραφή κινήσεων των μαθητών

Εισαγωγή

Τεχνολογικά εκπαιδευτικά εργαλεία, όπως οι προσομοιώσεις, αναδεικνύουν τις δυνατότητες και τα πλεονεκτήματα εκπαιδευτικών μεθόδων και στρατηγικών που εφαρμόζονται στη μαθησιακή διαδικασία. Μέσω αυτών οι εκπαιδευτικοί μπορούν να εκμεταλλευτούν όλα τα οφέλη που τα μοντέλα αυτά προσφέρουν (Esquembre, 2003).

Σκοπός της εργασίας είναι η αποτελεσματική κατανόηση φυσικών φαινομένων και η απόκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων με την ενεργό συμμετοχή των μαθητών. Έχει αποδειχθεί ότι τα εκπαιδευτικά προγράμματα που χρησιμοποιούν ψηφιακή τεχνολογία (blended learning) βοηθούν στην κατανόηση (Garrison, 2004). Σε συνδυασμό με προσομοιώσεις παρέχεται ένα εκπαιδευτικό πλαίσιο που βελτιώνει τις δυνατότητες επίλυσης προβλημάτων (Kirkley, 2004).

Στην εργασία αυτή, γίνεται εισαγωγή των μαθητών στη διερευνητική μάθηση, με τη χρήση προσομοιώσεων. Οι μαθητές συμπληρώνουν φύλλα εργασίας που ακολουθούν ένα διερευνητικό συνεχές και παράλληλα γίνεται καταγραφή των κινήσεών τους (κλικς) στις προσομοιώσεις.

Οι προσομοιώσεις ως εκπαιδευτικό εργαλείο

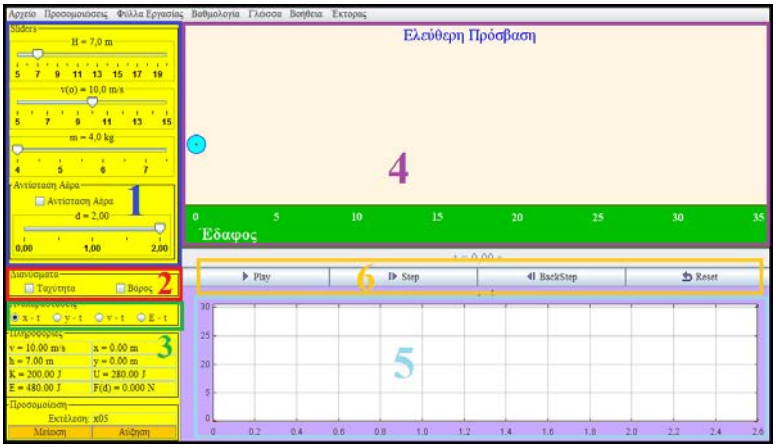
Η σπουδαιότητα των εκπαιδευτικών προσομοιώσεων είναι αναγνωρισμένη από παλαιότερες έρευνες (Wieman & Perkins, 2005), καθώς έχει αποδειχθεί ότι η χρήση περισσότερων αισθήσεων βοηθά στην κατανόηση (Hertel & Millis, 2002). Ειδικά στη Φυσική, οι προσομοιώσεις είναι ωφέλιμες από παιδαγωγικής σκοπιάς, καθώς προσφέρουν αποτελεσματικές εκπαιδευτικές δραστηριότητες (Christian & Belloni, 2003) και συνδέουν τις εξισώσεις με τη θεωρία (Simkins et al., 2002).

T. A. Mikropoulos, N. Papachristos, A. Tsiara, P. Chalki (eds.), *Proceedings of the 10th Pan-Hellenic and International Conference "ICT in Education"*, Ioannina: HAICTE. 23-25 September 2016. ISSN 2529-0916, ISBN 978-960-88359-8-6.

Οι προσομοιώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν πριν, κατά τη διάρκεια αλλά και μετά το μάθημα. Η στρατηγική Just in Time Physics τις χρησιμοποιεί πριν το μάθημα, ώστε να προετοιμάσει τους μαθητές για τις δραστηριότητες στην τάξη και να ανατροφοδοτήσει τον καθηγητή (Novak et al., 1999). Έρευνες όπως του Rieber (1994) δείχνουν ότι κατά τη διάρκεια του μαθήματος οι προσομοιώσεις αποδεικνύονται εξίσου σημαντικές.
Η εργασία μας εστιάζει στις προσομοιώσεις ως δραστηριότητα μετά το μάθημα. Η χρήση προσομοιώσεων για εργασία στο σπίτι δεν στερεί διδακτικό χρόνο, ενώ ο διαδικτυακός χαρακτήρας τους δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να έχουν πρόσβαση οποτεδήποτε και για όσο χρόνο χρειάζεται (Bernstein, 2010). Οι Brant, Hooper και Sugrue (1991) κατέληξαν ότι οι προσομοιώσεις είναι αποτελεσματικές και οι μαθητές επιτυγχάνουν υψηλότερα επίπεδα μάθησης όταν εμπλέκονται σε δραστηριότητες τέτοιου είδους μετά την κλασική παράδοση του μαθήματος. Πάρα ταύτα, οι προσομοιώσεις συνεχίζουν να προσφέρουν γνώση πολύ μετά τη διδασκαλία στην τάξη (Mackinnon, 2010).

Θεωρητικό πλαίσιο και μεθοδολογία

Το περιεχόμενο μιας προσομοίωσης πρέπει να ενσωματώνεται σε ένα γενικότερο εκπαιδευτικό πλαίσιο, το οποίο θα προάγει τη διερευνητική μάθηση. Το πλαίσιο αυτής της προσέγγισης είναι ένα «διερευνητικό συνεχές» (inquiry continuum), το οποίο κατηγοριοποιεί σε επίπεδα το βαθμό διερεύνησης και περιγράφει τις δραστηριότητες που κατανέμονται στους μαθητές και στους εκπαιδευτικούς. Τα φύλλα εργασίας προσδιορίζουν το επίπεδο διερεύνησης, ώστε οι μαθητές να τροφοδοτούνται με την απαραίτητη φθίνουσα υποστήριξη που θα τους βοηθήσει να αποκτήσουν γνώσεις και δεξιότητες καθώς και να αυξήσουν την αυτοπεποίθησή τους. Για τους παραπάνω λόγους, τα φύλλα εργασίας ακολουθούν την εκπαιδευτική στρατηγική Predict-Observe-Explain (POE).



Σχήμα 1. Διαχωρισμός των κινήσεων του μαθητή σε κατηγορίες

Υλοποίηση των προσομοιώσεων

Οι προσομοιώσεις δημιουργήθηκαν με το Easy Java Simulations (Σχήμα 1). Κάθε μία περιλαμβάνει τρεις χώρους, φαινομένων, αναπαραστάσεων και πίνακα ελέγχου (Jones, 1998). Σε παλαιότερη εργασία έχει αναλυθεί ο τρόπος υλοποίησης εκπαιδευτικών προσομοιώσεων (Μιχαλούδης & Χατζηκρανιώτης, 2014).

Η αλληλουχία των προσομοιώσεων αναπτύχθηκε με βάση την εκπαιδευτική προσέγγιση Illustrations-Explorations-Problems-IEP. Οι οπτικοποιήσεις (Illustrations) επιδεικνύουν φυσικά φαινόμενα. Οι διερευνήσεις (Explorations) έχουν εκπαιδευτική φύση. Παρέχουν κάποια βοήθεια ή προτείνουν στρατηγικές επίλυσης στους μαθητές για να αντιμετωπίσουν προβλήματα ή να κατανοήσουν έννοιες. Τα προβλήματα (Problems) είναι διαδραστικές εκδοχές των τυπικών ασκήσεων για το σπίτι (Christian & Belloni, 2003). Αυτό σημαίνει ότι οι προσομοιώσεις σχεδιάζονται ώστε στις οπτικοποιήσεις οι μαθητές να έχουν περιορισμένο έλεγχο στα στοιχεία ελέγχου (control bars), πλήρη έλεγχο στις διερευνήσεις ενώ τα στοιχεία ελέγχου αποκρύπτονται στα προβλήματα (Michaloudis & Hatzikraniotis, 2016).

Η σχεδίαση των φύλλων εργασίας: τα επίπεδα διερευνητικής μάθησης

Η διερευνητική μάθηση αποτελεί μία μαθητοκεντρική διδακτική προσέγγιση (Wilfred, 2010). Θέτει ερωτήματα γύρω από ένα θέμα και για να απαντηθούν αυτά τα ερωτήματα, εμπλέκει τους μαθητές σε μία σειρά δραστηριοτήτων. Το διερευνητικό συνεχές είναι ένα σχήμα που περιγράφει κάθε τύπο πειράματος ή δραστηριότητας που μπορεί να διεξαχθεί.

Πολλοί ερευνητές έχουν ασχοληθεί με τη διερευνητική μάθηση και προσπάθησαν να δημιουργήσουν ένα διερευνητικό συνεχές που θα περιγράφει τα επίπεδα διερεύνησης στις εκπαιδευτικές διαδικασίες. Ο Du και οι συνεργάτες του (2005) περιγράφουν ένα τέτοιο συνεχές, κατάλληλο για πειράματα σε πολυτεχνικές σχολές. Πρόκειται για μία κλίμακα 6 επιπέδων πειραματικού σχεδιασμού για την κατανόηση των διαδικασιών και των δεξιοτήτων που απαιτούνται κατά τη δημιουργία ενός πειράματος. Αργότερα κατανοήθηκε ότι το ίδιο συνεχές, προσαρμοσμένο, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Bell et al., 2005).

Η προσέγγισή μας ακολουθεί ένα διερευνητικό συνεχές τεσσάρων επιπέδων, όπως περιγράφεται στην εργασία των Bell, Smetana και Binns (2005). Αρχικά προτάθηκε για διερευνητική μάθηση μέσα στην τάξη, όμως άλλοι ερευνητές (Korr, 2015) χρησιμοποίησαν το ίδιο συνεχές για την εισαγωγή της διερευνητικής μάθησης μέσω προσομοιώσεων.

Τα εν λόγω τέσσερα επίπεδα διερεύνησης είναι το κλειστό (closed), το δομημένο (structured), το καθοδηγούμενο (guided) και το ανοικτό (open). Καθώς προχωράμε από το κλειστό προς το ανοικτό επίπεδο, μεταπηδάμε από τη δασκαλοκεντρική στη μαθητοκεντρική διδασκαλία και η ευθύνη των διεργασιών σταδιακά μεταβιβάζεται από τον καθηγητή στους μαθητές (Σχήμα 2).

	Κλειστό	Δομημένο	Καθοδηγούμενο	Ανοικτό
Περιγραφή	Επαλήθευση μιας αρχής μέσω διαδικασίας με γνωστά αποτελέσματα	Διερεύνηση των ερωτήσεων του καθηγητή μέσω προδιαγεγραμμένης διαδικασίας	Διερεύνηση των ερωτήσεων του καθηγητή μέσω διαδικασίας που επιλέγουν οι μαθητές	Οι μαθητές θέτουν ερωτήσεις, επιλέγουν τη διαδικασία & βρίσκουν τις λύσεις
Ερωτήσεις ποιος τις θέτει	Καθηγητής	Καθηγητής	Καθηγητής	Μαθητές
Διαδικασία ποιος την επιλέγει	Καθηγητής	Καθηγητής	Μαθητές	Μαθητές
Λύση ποιος αναλύει δεδομένα & βρίσκει λύση	Καθηγητής	Μαθητές	Μαθητές	Μαθητές
Γνώσεις & Δεξιότητες	Επαλήθευση προηγούμενης γνώσης Συλλογή δεδομένων	Επαλήθευση αποτελέσματος εξαγωγή συμπερασμάτων από συγκέντρωση δεδομένων	Σχεδιασμός διαδικασίας & έλεγχος των λύσεων	Ερωτήσεις, σχεδιασμός ολόκληρης διαδικασίας
Μειονεκτήματα	Χωρίς κριτική σκέψη ή ανάλυση δεδομένων	Χωρίς συμμετοχή στο σχεδιασμό διαδικασιών	Απαιτείται περισσότερος χρόνος & γνώσεις	Απαιτείται εμπειρία

Σχήμα 2. Το διερευνητικό συνεχές

Το επίπεδο διερεύνησης που χρησιμοποιείται είναι κρίσιμο για τη μαθησιακή εμπειρία καθώς και το είδος των δεξιοτήτων που αναμένονται να αποκτηθούν από τους μαθητές, όπως η κριτική σκέψη και η ανάλυση προβλήματος. Αρχικά (κλειστό επίπεδο) ο

εκπαιδευτικός είναι υπεύθυνος για κάθε παράμετρο της διαδικασίας, ενώ οι μαθητές παρακολουθούν τον καθηγητή τους να εκτελεί τις προσομοιώσεις και να συλλέγει τα δεδομένα, ή ακολουθούν συγκεκριμένες οδηγίες. Προχωρώντας στα επόμενα επίπεδα, οι μαθητές αναλαμβάνουν μεγαλύτερο ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία με περισσότερες πρωτοβουλίες.

Στο κλειστό επίπεδο, ο καθηγητής θέτει τα ερωτήματα που πρέπει να απαντηθούν, επιλέγει τη διαδικασία και αναλύει τα δεδομένα. Στο δομημένο επίπεδο ο καθηγητής αφήνει στους μαθητές να αναλύσουν τα δεδομένα και να βρουν τις απαντήσεις των ερωτημάτων. Στο καθοδηγούμενο επίπεδο ο καθηγητής ζητά από τους μαθητές να επιλέξουν τη διαδικασία που επιθυμούν ώστε μέσω της ανάλυσης που οι ίδιοι θα κάνουν, να οδηγηθούν στις σωστές απαντήσεις. Στο ανοικτό επίπεδο οι μαθητές είναι υπεύθυνοι για όλες τις πτυχές της εργασίας, δηλαδή την ανάλυση του βασικού ερωτήματος σε επιμέρους, την επιλογή της διαδικασίας, την ανάλυση των δεδομένων και τις απαντήσεις των ερωτημάτων, αφήνοντας στον καθηγητή την επιλογή μόνο του γενικού πλαισίου και του βασικού ερωτήματος.

Γενικά, οι προσομοιώσεις που έχουν ως βάση τη διερευνητική μάθηση θεωρούνται ανώτερης εκπαιδευτικής ποιότητας, καθώς οι μαθητές αναλαμβάνουν πρωτοβουλίες ως προς το είδος των γνώσεων που αποκτούν, μαθαίνουν να αναγνωρίζουν το πρόβλημα, να θέτουν ερωτήσεις, να σχεδιάζουν και να διεξάγουν διαδικασίες.

Τα επίπεδα διερεύνησης αποτελούν το πλαίσιο που υποστηρίζει τη διερευνητική μάθηση. Για την εκμετάλλευση των δυνατοτήτων του χρησιμοποιήθηκε η προσέγγιση IEP, καθώς επιτυγχάνει να παρουσιάσει ένα φαινόμενο με απλό και κατανοητό τρόπο. Είναι βασισμένη στα media-focused problems, όπου οι μαθητές παρατηρούν ένα φαινόμενο, εφαρμόζουν κατάλληλες διαδικασίες και υπολογίζουν τις σημαντικές για το φαινόμενο παραμέτρους ώστε να επιλύσουν ένα πρόβλημα (Titus, 1998). Κάθε βήμα της IEP ανταποκρίνεται σε κάποια επίπεδα της διερευνητικής μάθησης. Η αρχή και το τέλος κάθε επιπέδου δεν είναι απόλυτα καθορισμένο αλλά υπάρχει αλληλοεπικάλυψη, καθιστώντας ομαλή τη μετάβαση.

Πρόβλεψη - εξήγηση - εξερεύνηση

Τα φύλλα εργασίας ακολουθούν τη στρατηγική POE (White & Gunstone, 1992) έτσι ώστε σε κάθε βήμα εισάγονται τα επίπεδα διερεύνησης και δίνονται στους μαθητές ως εργασία για το σπίτι. Το πλεονέκτημά της είναι ότι οδηγεί τους μαθητές σε σωστά συμπεράσματα με τρόπο που τα αποδέχονται, καθώς συμμετέχουν στην όλη διαδικασία (Mthembu, 2006). Η POE παρέχει το πλαίσιο που καθοδηγεί τη σκέψη των μαθητών για τη βελτίωση της κρίσης τους και την ικανότητα επίλυσης προβλημάτων (Theodorakakos et al., 2010).

Η ερώτηση στο στάδιο της Πρόβλεψης και οι οδηγίες στο στάδιο της Παρατήρησης, σε συνδυασμό με το βαθμό ελευθερίας που αποκτούν στην προσομοίωση θέτουν τις βάσεις για το επίπεδο διερεύνησης, καθώς μπορεί να αφεθούν πιο «ελεύθεροι» ή να περιοριστούν με αυστηρές και σαφείς οδηγίες. Μία όχι τόσο προβλέψιμη ερώτηση και κάποιες όχι πολύ συγκεκριμένες οδηγίες μπορούν να πυροδοτήσουν μία διερευνητική διαδικασία, προκαλώντας τους μαθητές. Έτσι, τα φύλλα εργασίας μπορούν να καλύψουν όλο το εύρος των επιπέδων της διερευνητικής μάθησης.

Καταγραφή των δράσεων των μαθητών

Οι κινήσεις – γεγονότα των μαθητών στην προσομοίωση καταγράφονται σε αρχεία (log files) και κατατάσσονται σε έξι κατηγορίες, όπως έχουν διαχωριστεί και αναφέρονται σε προηγούμενη εργασία (Μιχαλούδης & Χατζηκρανιώτης, 2015). Οι κατηγορίες είναι:

1. Αλλαγή παραμέτρων, που μεταβάλλουν τις συνθήκες του φαινομένου.

2. Γραφικές απεικονίσεις, ενεργοποίηση ή απενεργοποίηση στο χώρο των φαινομένων.
3. Επιλογή γραφικής παράστασης, που απεικονίζεται στο χώρο αναπαραστάσεων.
4. Κλικ στο χώρο των φαινομένων, μαζί με τις συντεταγμένες της θέσης.
5. Κλικ στις γραφικές παραστάσεις, μαζί με τις συντεταγμένες της θέσης.
6. Πλήκτρα διαχείρισης, δηλαδή της έναρξης, παύσης, ολικής επαναφοράς κτλ.

Με τον παραπάνω διαχωρισμό καταγράφεται ο αριθμός των ενεργειών, το είδος και ο αριθμός ανά είδος. Στο Σχήμα 1 παρουσιάζονται οι παραπάνω κατηγορίες ενεργειών.

Το δείγμα και τα ερευνητικά ερωτήματα

Για τη μελέτη της αποτελεσματικότητας των προσομοιώσεων στην εκπαιδευτική διαδικασία, διεξήχθη έρευνα σε έξι (6) μαθητές και πέντε (5) μαθήτριες (11 σύνολο) της Β΄ Λυκείου, του Θετικού Προσανατολισμού, σε φροντιστήριο της ανατολικής Θεσσαλονίκης. Η μελέτη εστίασε στην επίδοση των μαθητών στα φύλλα εργασίας και στην καταγραφή των κινήσεών τους σε σχέση με το επίπεδο της διερεύνησης. Η έρευνα περιελάμβανε 8 φύλλα εργασίας, 2 για κάθε ένα από τα 4 επίπεδα διερεύνησης. Τα φύλλα εργασίας συμπληρώνονταν από τους μαθητές στο σπίτι, χρησιμοποιώντας την προσομοίωση που δημιουργήθηκε για το σκοπό αυτό. Το αντικείμενο ήταν η οριζόντια βολή. Συνολικά συγκεντρώθηκαν 88 φύλλα εργασίας, 22 για κάθε επίπεδο διερεύνησης. Η έρευνα είχε ως στόχο να απαντήσει στα ερωτήματα:

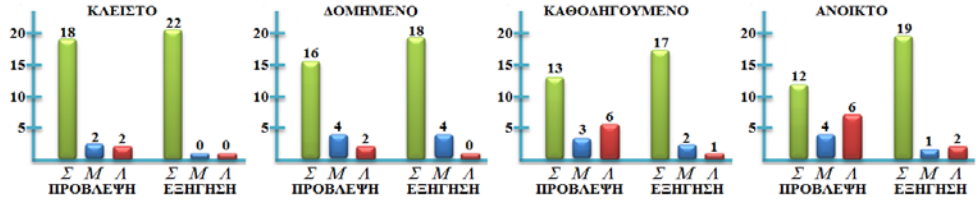
- Η δομή του φύλλου εργασίας επηρεάζει τις κινήσεις που εκτελούν οι μαθητές; Επηρεάζει το συνολικό αριθμό κλικς και τον αριθμό ανά κατηγορία;
- Υπάρχουν διαφορές ανάμεσα στους διάφορους τύπους προσομοιώσεων;

Αποτελέσματα της έρευνας

Παρακάτω παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας, όσον αφορά τις απαντήσεις των μαθητών στα φύλλα εργασίας και την αλληλεπίδραση τους με τις προσομοιώσεις.

Οι απαντήσεις στα φύλλα εργασίας

Η ανάλυση περιελάμβανε καταγραφή των απαντήσεων στα φύλλα εργασίας και τη σύγκριση με τα επίπεδα διερεύνησης. Στην Παρατήρηση κατεγράφησαν 59 σωστές, 13 μερικώς σωστές και 16 λανθασμένες απαντήσεις. Στην Εξήγηση μετρήθηκαν 76 σωστές, 7 μερικώς σωστές και 3 λανθασμένες απαντήσεις. Στο Σχήμα 3 παρατηρείται αύξηση των σωστών απαντήσεων στην Εξήγηση σε σχέση με την Παρατήρηση, ανά επίπεδο διερεύνησης.

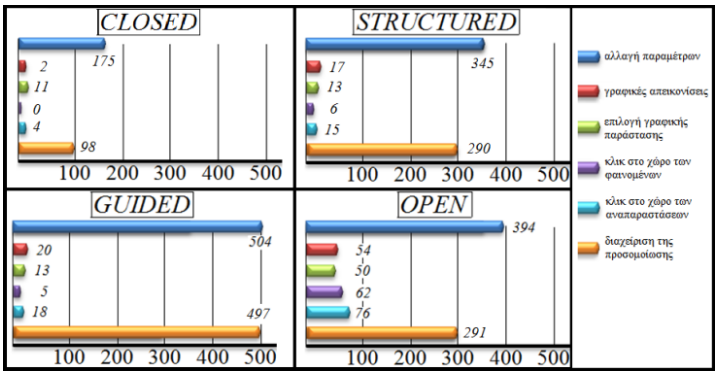


Σχήμα 3. Απαντήσεις στα φύλλα εργασίας ανά επίπεδο διερεύνησης

Η αλληλεπίδραση των μαθητών με τις προσομοιώσεις

Οι κινήσεις των μαθητών καταγράφθηκαν και ομαδοποιήθηκαν ανά κατηγορία ενεργειών. Στα 88 φύλλα εργασίας, καταμετρήθηκαν 2.960 κινήσεις, ένας μέσος όρος 37 κινήσεων ανά φύλλο ή 269 ανά μαθητή για τα 8 φύλλα εργασίας που συμπλήρωσε. Στο κλειστό επίπεδο

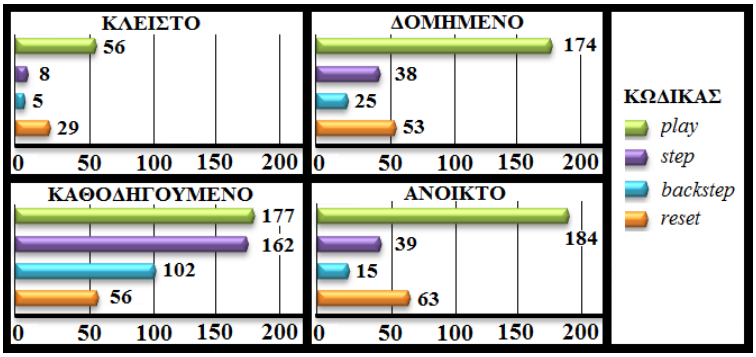
κατεγράφησαν 290 κινήσεις (13,2 ανά φύλλο), στο δομημένο 686 κινήσεις (31,2 ανά φύλλο), στο καθοδηγούμενο 1.057 κινήσεις (48 ανά φύλλο) και στο ανοικτό επίπεδο 927 κινήσεις (42,2 ανά φύλλο). Καταγράφεται μία συνεχής αύξηση του αριθμού των κινήσεων, όσο αυξάνεται το επίπεδο διερεύνησης, με μία «ανωμαλία» στο καθοδηγούμενο επίπεδο, όπου ο αριθμός κινήσεων είναι μεγαλύτερος από αυτόν του ανοικτού επιπέδου.
Στο Σχήμα 4 παρουσιάζονται οι κινήσεις ανά κατηγορία ενεργειών για τα 4 επίπεδα διερεύνησης. Συνολικά ανιχνεύθηκαν 1418 αλλαγές παραμέτρων, 93 γραφικές απεικονίσεις, 87 επιλογές γραφικών αναπαραστάσεων, 73 κινήσεις στο χώρο των φαινομένων, 113 κινήσεις στο χώρο των αναπαραστάσεων και 1176 κινήσεις διαχείρισης των προσομοιώσεων. Παρατηρείται ότι κυριαρχούν οι ρυθμίσεις μεταβλητών και ακολουθούν οι κινήσεις στα πλήκτρα διαχείρισης των προσομοιώσεων. Δηλαδή οι μαθητές κυρίως κάνουν ρυθμίσεις στην προσομοίωση, αλλάζουν την τιμή μιας μεταβλητής και πατούν το play.
Αναλυτικότερα, στο κλειστό επίπεδο καταγράφηκαν 175 αλλαγές παραμέτρων, 2 γραφικές απεικονίσεις, 11 επιλογές γραφικών αναπαραστάσεων, 4 κλικς στο χώρο των αναπαραστάσεων και 98 κινήσεις διαχείρισης των προσομοιώσεων. Στο δομημένο επίπεδο φαίνεται μία αύξηση σε όλες τις κατηγορίες, 345 αλλαγές παραμέτρων, 17 γραφικές απεικονίσεις, 13 επιλογές γραφικών αναπαραστάσεων, 5 κλικς στο χώρο φαινομένων, 15 κλικς στο χώρο αναπαραστάσεων και 98 κινήσεις διαχείρισης προσομοιώσεων. Στο καθοδηγούμενο επίπεδο μετρήθηκαν 504 αλλαγές παραμέτρων, 20 γραφικές απεικονίσεις, 13 επιλογές γραφικών αναπαραστάσεων, 6 κλικς στο χώρο φαινομένων, 18 κλικς στο χώρο αναπαραστάσεων και 497 κινήσεις διαχείρισης προσομοιώσεων. Στο ανοικτό επίπεδο μετρήθηκαν 394 αλλαγές παραμέτρων, 54 γραφικές απεικονίσεις, 50 επιλογές γραφικών αναπαραστάσεων, 62 κλικς στο χώρο φαινομένων, 76 κλικς στο χώρο αναπαραστάσεων και 291 κινήσεις διαχείρισης προσομοιώσεων.



Σχήμα 4. Κινήσεις μαθητών ανά κατηγορία και επίπεδο διερεύνησης

Παρατηρείται ότι στις κατηγορίες 1 και 6 υπάρχει αύξηση των κινήσεων μέχρι το καθοδηγούμενο επίπεδο, αλλά στο ανοικτό υπάρχει μείωση του συνολικού αριθμού τους. Περαιτέρω ανάλυση έδειξε ότι υπάρχει αύξηση της χρήσης του πλήκτρου step και backstep στο καθοδηγούμενο επίπεδο, σε σχέση με τα υπόλοιπα επίπεδα διερεύνησης (Σχήμα 5). Στο καθοδηγούμενο επίπεδο οι μαθητές για πρώτη φορά καλούνται να σχεδιάσουν μόνοι τους τον τρόπο ανάλυσης του προβλήματος. Το γεγονός αυτό οδηγεί στην ανάγκη λεπτομερέστερης παρατήρησης του φαινομένου, πιθανόν για μεγαλύτερη ασφάλεια στην εξαγωγή συμπερασμάτων. Έπειτα, έχοντας αποκτήσει την απαραίτητη εμπειρία, μείωσαν τη χρήση των πλήκτρων αυτών στα φύλλα του ανοικτού επιπέδου. Οι Christian & Belloni

(2003) υποστηρίζουν ότι στα media-focused προβλήματα, σε αντίθεση με τα media-enhanced, οι μαθητές καλούνται να λύσουν το πρόβλημα με τη βοήθεια της προσομοίωσης, ακολουθώντας διαφορετικές στρατηγικές, πέραν της μαθηματικής ανάλυσης. Επειδή δεν τους δίνεται η διαδικασία, πρέπει να βρουν μία για να λύσουν το πρόβλημα και αυτό οδηγεί σε μεγάλη χρήση των step και backstep πλήκτρων.
Στις υπόλοιπες κατηγορίες (2-5) παρατηρείται γενική αύξηση από το κλειστό προς το ανοικτό επίπεδο. Ενδεχομένως η αύξηση να οφείλεται στο ότι, καθώς αυξάνεται το επίπεδο δυσκολίας και οι πρωτοβουλίες που καλούνται να αναλάβουν οι μαθητές, αυξάνεται και η ανάγκη για λεπτομερέστερη παρατήρηση φαινομένου και γραφικών αναπαραστάσεων, με αποτέλεσμα την καταγραφή περισσότερων κινήσεων. Συγκρίνοντας ένα κλειστό φύλλο εργασίας και ένα ανοικτό του ίδιου μαθητή, παρατηρούμε ότι στο κλειστό φύλλο ο μαθητής έκανε κυρίως ρυθμίσεις παραμέτρων και πάτησε τα πλήκτρα διαχείρισης, κυρίως play και reset. Στο ανοικτό φύλλο εργασίας, ενεργοποίησε διανύσματα ταχύτητας και δύναμης, επέλεξε γραφικές παραστάσεις, έκανε κλικ στους χώρους φαινομένων και αναπαραστάσεων και έκανε μεγάλη χρήση των πλήκτρων step και backstep.



Σχήμα 5. Κινήσεις στην κατηγορία διαχείριση προσομοίωσης ανά επίπεδο διερεύνησης

Συμπεράσματα

Ως προς το πρώτο ερώτημα, βλέπουμε ότι το φύλλο εργασίας καθορίζει τον αριθμό των κλικς αλλά και το είδος των κινήσεων, τόσο συνολικά όσο και ανά επίπεδο διερεύνησης, αφού υπάρχει αύξηση του αριθμού των κλικς, αλλά και διαφορετική ταξινόμηση της κατηγορίας των κινήσεων, όσο πάμε από κλειστό σε ανοικτό φύλλο εργασίας. Ως προς το δεύτερο ερώτημα, οι διαφορές μεταξύ των τύπων προσομοίωσης είναι εμφανείς και προοδευτικές, όσο προχωράμε από το κλειστό στο ανοικτό επίπεδο. Οι κατηγορίες κινήσεων αυξάνονται σε ποσότητα όταν στους μαθητές δίνονται πιο ανοικτά φύλλα εργασίας και απαιτούνται περισσότερες ενέργειες από αυτούς.
Επομένως, το επίπεδο της διερευνητικής μάθησης, όπως καθορίζεται στο φύλλο εργασίας, οδηγεί τους μαθητές στη χρήση περισσότερων κατηγοριών ενεργειών (κλικς) και μάλιστα αυτών που απαιτούν υψηλότερο επίπεδο κατανόησης, όπως τα κλικς στις γραφικές αναπαραστάσεις, για τον εντοπισμό συγκεκριμένων καταστάσεων του φαινομένου. Επίσης, η προοδευτική μύηση των μαθητών στη διερευνητική μάθηση έχει αποτέλεσμα, καθώς οι μαθητές «διδάσκονται» μία μεθοδολογία προσέγγισης ενός προβλήματος σε πιο κλειστά φύλλα εργασίας, την οποία αργότερα χρησιμοποιούν για την επίλυση προβλημάτων στα πιο ανοικτά φύλλα εργασίας, χωρίς να έχουν την ίδια καθοδήγηση με πριν.

Η διερευνητική μάθηση, σε συνδυασμό με την εκπαιδευτική τεχνολογία, βοηθά τους μαθητές να αποκτήσουν γνώσεις και δεξιότητες, πέραν αυτών που προσφέρει η κλασική διδασκαλία. Οι μαθητές εύκολα προσαρμόζονται σε αυτόν τον τρόπο εκπαίδευσης και όφελος από τα πλεονεκτήματά του. Η μελέτη καταγραφής των κινήσεων μπορεί να δώσει στους εκπαιδευτικούς μία εκ των έσω ματιά στον τρόπο που οι μαθητές χρησιμοποιούν την τεχνολογία και τις δεξιότητες που αποκτούν

Τα παραπάνω συμπεράσματα είναι σε απόλυτη αντιστοιχία με αυτά άλλων ερευνητών. Οι Moore et al. (2014) καταγράφουν βελτίωση της ικανότητας επίλυσης προβλημάτων και στο σχεδιασμό λύσεων από τους μαθητές τους. Άλλοι ερευνητές, που χρησιμοποίησαν προσομοιώσεις PhET του πανεπιστημίου Κολοράντο (Fencl, 2013), αποδεικνύουν τη συμβολή των προσομοιώσεων και της διερευνητικής μάθησης στην εκπαίδευση.

Περαιτέρω μελέτη και ανάλυση των κινήσεων σε μεγαλύτερο δείγμα μαθητών, με έλεγχο των φύλλων εργασίας ως προς την απόκτηση γνώσεων και δεξιοτήτων, απαιτείται για να προκύψουν ασφαλή συμπεράσματα ως προς την αποτελεσματικότητα των μεθόδων.

Αναφορές

Bell, L., Smetana, L., & Binns, I. (2005). *Simplifying Inquiry Instruction* (pp. 30-3). H.W. Wilson Company.

Bernstein, J., Scheerhorn, S., & Ritter, S. (2010). Using Simulations and Collaborative Teaching to Enhance Introductory Courses. *College Teaching*, 9-14.

Brant, G., Hooper, E., & Sugrue, B. (1991). Which Comes First the Simulation or the Lecture? *Journal of Educational Computing Research*, 469-481.

Christian, W., & Belloni, M. (2003). Physlet Physics: Interactive Illustrations, Explorations and Problems for Introductory Physics, Addison-Wesley Publ.

Du W. Y., Furman, B. J., & Mourtos, N. J. (2005). On the ability to design engineering experiments. *8th UICEE Annual Conference on Engineering Education*. Kingston, Jamaica.

Esquembre, F. (2003). Easy Java Simulations: A software tool to create scientific simulations in Java. *In Computer Physics Communications* (2nd ed., Vol. 156, pp. 199-204). Elsevier.

Fencl, J. (2013). *Using PhET simulations in the physics first classroom: an alternative to traditional laboratories and teaching styles* (Doctoral dissertation, University of Wisconsin-River Falls).

Garrison, D., & Kanuka, H. (2004). Blended learning: Uncovering its transformative potential in higher education. *The Internet and Higher Education*, 95-105.

Hertel, J., & Millis, B. (2002). *Using simulations to promote learning in higher education: an introduction*. Stylus Publishing.

Jones, K. (1998). What happens when students design and run their own simulations? *Simulation & Gaming*, 29(3), 342-347.

Kirkley, S., & Kirkley, J. (2004). Creating next generation blended learning environments using mixed reality, Video Games and Simulations. *TechTrends*, 42-53.

Mackinnon, K., & Brett, C. (2010). Computer science teacher: Current educational conversations and perspectives. ACSE.

Michaloudis, A., & Hatzikraniotis, E. (accepted for publication in 2016). Fostering students' understanding with web-based simulations in an inquiry continuum framework. *9th Pan-Hellenic Conference with International Participation - ICT in Education*. Springer.

Moore, E. B., Chamberlain, J. M., Parson, R., & Perkins, K. K. (2014). PhET interactive simulations: Transformative tools for teaching chemistry. *Journal of chemical education*, *91*(8), 1191-1197.

Mthembu, Z. (2006). Using the Predict-observe-explain technique to enhance students' understanding. Curtin University of Technology.

Novak, G., Patterson, E., Gavrin, A., & Christian, W. (1999). Just-in-time teaching: Blending active learning with web technology. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

Rieber, L. (1994). *Computers, graphics & learning*. Madison, Wis.: Brown & Benchmark.

Theodorakakos, A., Hatzikraniotis, E., & Psillos, D. (2010). *"PEC task explorer": A tool for ICT supported learning in science*, in CBLIS. C. Constantonou et al. eds, Warsaw.

Titus, A. (1998). *Integrating video and animation with physics problem solving exercises on the world wide web*, Ph.D. dissertation, North Carolina State University, Raleigh, NC.

White, R., & Gunstone, R. (1992). *Probing understanding*. London: Falmer Press.

Wieman, C., & Perkins, K. (2005). Transforming Physics Education. *Physics Today,* 58(11), 36-41. Retrieved 23 March 2016 from http://dx.doi.org/10.1063/1.2155756.

Wilfred, F. (2010). Inquiry Based Approaches to Science Education: Theory and Practice.

Μιχαλούδης, Α., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2014). Εφαρμογή προσομοιώσεων και σύγχρονων εκπαιδευτικών μεθόδων στη διδασκαλία της Φυσικής. *9ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΤΠΕ στην Εκπαίδευση, 3-5 Οκτωβρίου 2014* (σσ. 671-678). Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ρέθυμνο.

Μιχαλούδης, Α., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2015). Καταγραφή των βημάτων που ακολουθούν οι μαθητές στις εκπαιδευτικές προσομοιώσεις. *9ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, 8-10 Μαΐου 2015*. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.