

Ο εκπαιδευτικός σε ρόλο σχεδιαστή παιγνιωδών διατάξεων για τη διδασκαλία της φυσικής - γνωστική προσέγγιση

Ζαχαρούλα Σμυρναίου¹, Ιωάννα Ψάρρη²
zsmyrnaiou@ppp.uoa.gr, psarri.ioanna@gmail.com

¹Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

²Τμήμα Φιλοσοφίας, Παιδαγωγικής και Ψυχολογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Περίληψη

Η χρήση ψηφιακών τεχνολογιών φαίνεται να μελετάται και να εντάσσεται στο παιδαγωγικό πλαίσιο της σύγχρονης διδακτικής. Ωστόσο, η ένταξη αυτή περιορίζεται στην δραστηριότητα των μαθητών και δεν επεκτείνεται στην συνεισφορά της στην εξέλιξη του εκπαιδευτικού. Στην παρούσα έρευνα επιχειρείται η μελέτη της εξέλιξης ενός εκπαιδευτικού κατά την ενασχόλησή του με την ψηφιακή πλατφόρμα E-Slate. Πιο συγκεκριμένα, μελετάται η εξέλιξη των γνωστικών του σχημάτων, καθώς ο ίδιος αλληλεπιδρά δυναμικά με το ψηφιακό εργαλείο προκειμένου να κατασκευάσει έναν μικρόκοσμο με γνωστικό αντικείμενο ορισμένες έννοιες της Φυσικής. Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν κατά τη διάρκεια της σχεδιαστικής πορείας του εκπαιδευτικού υποδεικνύουν πως η εμπλοκή του στη σχεδιαστική διαδικασία σχετίζεται με την προσωπική του ανάπτυξη, όπως αυτή αντανακλάται από την εξέλιξη των τεχνολογικών του σχημάτων, της παιδαγωγικής του προσέγγισης και την εμβάθυνση στην επιστημολογία του αντικειμένου του.

Λέξεις κλειδιά: γνωστικά σχήματα, διερευνητική μάθηση, εργαλειακή γένεση

Εισαγωγή

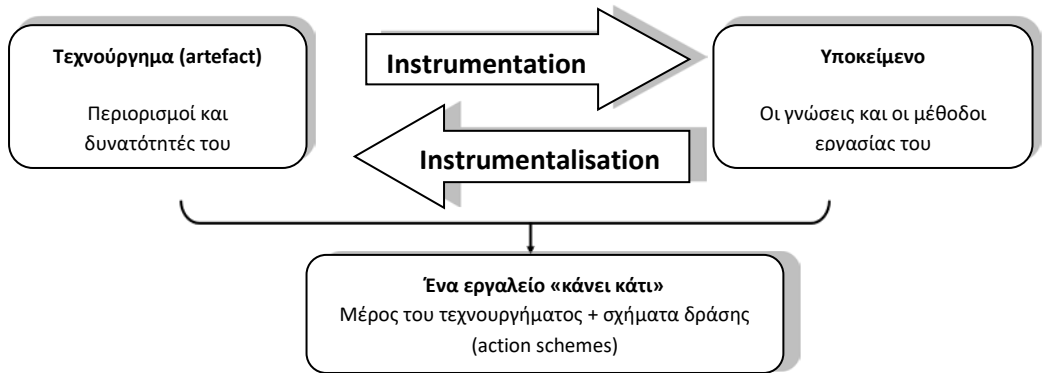
Στην παρούσα έρευνα μελετάται η υπόθεση ότι ο σχεδιασμός και η δημιουργία ψηφιακών δομημάτων από τον εκπαιδευτικό συμβάλλει στην επαγγελματική και επιστημονική του εξέλιξη. Προκειμένου να διερευνηθεί η υπόθεση αυτή, συγκεντρώθηκαν και αναλύθηκαν δεδομένα από τη σχεδιαστική πορεία ενός εκπαιδευτικού, ο οποίος όντας απολύτως άπειρος στον σχεδιασμό, επιχείρησε και ολοκλήρωσε την κατασκευή ενός ψηφιακού δομήματος για τη διδασκαλία του αντικειμένου του. Ο σχεδιασμός έγινε με τη βοήθεια της ψηφιακής πλατφόρμας E-Slate και του λογισμικού Αβάκιο 2. Η πορεία δημιουργίας του τελικού μικρόκοσμου καταγράφηκε αναλυτικά και δόθηκε έμφαση στα σημεία εκείνα που αφορούν στην αλληλεπίδραση του τεχνουργήματος με τον σχεδιαστή και τον τρόπο που αυτά συνέβαλλαν στην εξέλιξη των γνωστικών του σχημάτων (παιδαγωγικών, τεχνολογικών και επιστημονικών).

Σχεδιασμός και γνωστικά σχήματα

Τα ανοιχτά σχεδιαστικά εργαλεία παρέχουν στον εκπαιδευτικό έναν δυναμικό χώρο, μέσω του οποίου προσφέρεται η δυνατότητα ενορχήστρωσης των μαθησιακών στόχων και των αναπαραστάσεων αυτών, καθώς ο ίδιος σε ρόλο σχεδιαστή εμπλέκεται δημιουργικά στη διαμόρφωση διαφόρων τεχνουργημάτων (Conole, 2009). Η διαδικασία σχεδιασμού δεν αποτελεί μια γραμμική διαδικασία. Ωστόσο, η δυναμική φύση της πυροδοτεί την εξέλιξη

των γνωστικών σχημάτων του σχεδιαστή και απορρέει από τη διαλογική σχέση που αναπτύσσεται μεταξύ του σχεδιαστή και του εργαλείου (Loveless, 2003).

Η προαναφερθείσα θεμελιώδης σχέση μεταξύ τεχνουργήματος και χρήστη έγκειται στην ιδέα της εργαλειακής γένεσης, σύμφωνα με την οποία κατά την ενασχόληση με το ψηφιακό εργαλείο συμβαίνουν δύο παράλληλες διεργασίες. Η πρώτη αφορά στην εξέλιξη του τεχνουργήματος, το οποίο τροποποιείται από τον χρήστη (ενοργανοποίηση) και η δεύτερη αναφέρεται στην υιοθέτηση νέων σχεδιαστικών εργαλείων από τον ίδιο (ενοργάνωση) (Artigue, 2002).



Σχήμα 1. Εργαλειακή γένεση ως συνδυασμός δύο διαδικασιών (Trouche, 2004, σ. 288)

Η παραπάνω αμφίδρομη διεργασία υποστηρίζεται από πολλές έρευνες, οι οποίες υποδεικνύουν τη συνεισφορά των ψηφιακών τεχνολογιών ως ένα σημαντικό εργαλείο για την ενίσχυση των γνωστικών σχημάτων και τον εμπλουτισμό της μαθησιακής διαδικασίας (Fisher, Higgins, & Loveless, 2006).

Μεθοδολογία έρευνας

Προκειμένου να μελετηθεί η σχέση μεταξύ της εξέλιξης του τεχνουργήματος και των γνωστικών σχημάτων του σχεδιαστή, ένας καθηγητής φυσικής σχεδίασε και κατασκεύασε ένα μικρόκοσμο. Ο εκπαιδευτικός, ηλικίας 25 ετών, ήταν μεταπτυχιακός φοιτητής του προγράμματος Θεωρία Πράξη και Αξιολόγηση Εκπαιδευτικού Έργου του Εθνικού Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών στην κατεύθυνση Ψηφιακές Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση. Έτσι, είχε το στοιχειώδες θεωρητικό υπόβαθρο που απαιτείται για την πλασίωση του σχεδιασμού ενός μικρόκοσμου. Ωστόσο δεν είχε καμία γνώση συγγραφής προγραμματιστικού κώδικα, όπως επίσης ούτε κάποια προηγούμενη σχεδιαστική εμπειρία. Αρχικά στον εκπαιδευτικό-σχεδιαστή δόθηκαν ορισμένα βασικά εγχειρίδια της ψηφιακής πλατφόρμας, προκειμένου να μπορέσει να προχωρήσει στο σχεδιασμό του και στη συνέχεια του ζητήθηκε να αποθηκεύει όλες τις προσπάθειες σχεδιασμού (μικρόκοσμοι) και να καταγράφει τις δυσκολίες που συνάντησε σε κάθε μια από αυτές. Επιπλέον, του ζητήθηκε να περιγράφει πριν από κάθε σχεδιαστική δοκιμή την πρόθεσή του σχετικά με τον υπό κατασκευή μικρόκοσμο, έτσι ώστε να υπάρξει εστίαση στην αλλαγή της προσέγγισής του. Κατά τη διάρκεια της τρίμηνης σχεδιαστικής διαδικασίας σχεδιάστηκαν και αποθηκεύτηκαν 20 μικρόκοσμοι-δοκιμές, οι οποίοι τελικά οδήγησαν στη δημιουργία του τελικού παιχνιδιού-μικρόκοσμου για τη διδασκαλία της Κινηματικής. Η διαδικασία σχεδιασμού

έλαβε χώρα στο Εργαστήριο Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας του ΕΚΠΑ και το ψηφιακό περιβάλλον που χρησιμοποιήθηκε ήταν η ψηφιακή πλατφόρμα E-Slate.

Η μελέτη μας βασίστηκε στα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν με τη βοήθεια ενός ημερολογίου σχεδιασμού, όπου ο σχεδιαστής κατέγραφε κάθε μία από τις προσπάθειες του, καθώς και τους αποθηκευμένους μικρόκοσμους, οι οποίοι αντανακλούν κάθε σχεδιαστικό βήμα. Όλοι οι μικρόκοσμοι ομαδοποιήθηκαν και εξετάστηκαν με βάση την χρονική ακολουθία τους σε τρία διαδοχικά στάδια (αρχικό στάδιο, μεσαίο στάδιο, στάδιο ολοκλήρωσης).

Για τη μελέτη της εξέλιξης των γνωστικών σχημάτων του εκπαιδευτικού ορίστηκαν τρεις συνιστώσες έρευνας (παιδαγωγικά σχήματα, τεχνολογικά σχήματα και γνώση περιεχομένου). Αναλυτικότερα, για την μελέτη της εξέλιξης των τεχνολογικών σχημάτων του σχεδιαστή καταγράφηκαν και ομαδοποιήθηκαν όλες οι ψηφίδες που χρησιμοποιήθηκαν, καθώς επίσης και οι ενέργειες του σχεδιαστή, ανάλογα με το βαθμό δυσκολίας και πολυπλοκότητας (αντιγραφή ψηφίδων, συγγραφή κώδικα, σύνδεση ψηφίδων κλπ). Σχετικά με τη μελέτη των παιδαγωγικών σχημάτων του εκπαιδευτικού καταγράφηκαν και ποσοτικοποιήθηκαν τα στοιχεία των μικροκόσμων που συνδέονται με την παιδαγωγική προσέγγιση του εκπαιδευτικού (έμφαση στις έννοιες, εστίαση στην ομαδοσυνεργατική μάθηση, εισαγωγή παιγνιώδους χαρακτήρα κλπ). Τέλος, για την μελέτη της εξέλιξης του εκπαιδευτικού σχετικά με την εμπάθνηση στην επιστημολογία του αντικειμένου του σε κάθε σχεδιαστικό στάδιο καταγράφεται η αναζήτηση νέων πληροφοριών σχετικά με τις υπό διδασκαλία έννοιες.

Ανάλυση και δεδομένα

Αρχικό στάδιο σχεδιασμού

Κατά τη διάρκεια του αρχικού σχεδιαστικού σταδίου ο σχεδιαστής, μην έχοντας την απαραίτητη εμπειρία εστιάζει την προσπάθειά του στην μελέτη έτοιμων μικροκόσμων με παρεμφερές αντικείμενο. Έπειτα, προχωράει στην κατασκευή ενός νέου μικρόκοσμου, στον οποίο αντέγραψε και επιχείρησε να συνδέσει ορισμένες ψηφίδες από τους μικρόκοσμους που μελέτησε. Έτσι, κατασκεύασε ένα μικρόκοσμο (Σχήμα 2), στον οποίο υπήρχε ένα σώμα που εκτελούσε ευθύγραμμη ομαλή κίνηση (κόκκινη μπάλα), ένα διάγραμμα θέσης-χρόνου και κουμπιά-μεταβολείς, οι οποίοι έδιναν στους μαθητές τη δυνατότητα να ρυθμίζουν την κίνηση του σώματος (επιλογή ταχύτητας, διάρκεια κίνησης, εκκίνηση, τερματισμός, κλπ).

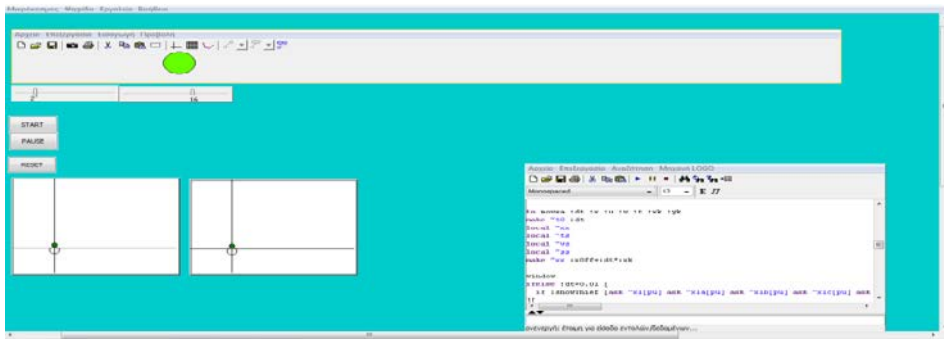


Σχήμα 2. Αρχικός μικρόκοσμος βασισμένος σε πρότυπους μικρόκοσμους

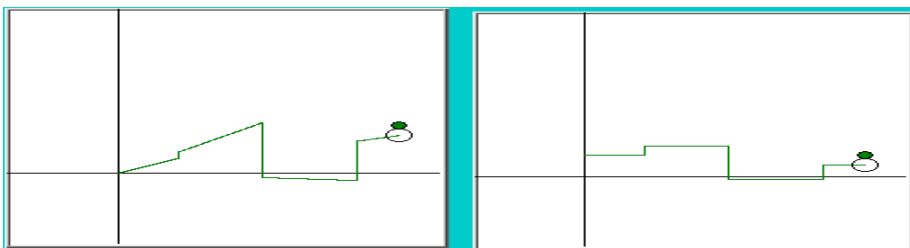
Λόγω τεχνικών δυσκολιών και σχεδιαστικής ανεπάρκειας στο συγκεκριμένο στάδιο δεν υπήρξε ολοκληρωμένο τεχνούργημα, καθώς ο σχεδιαστής δεν κατάφερε να συνδέσει με επιτυχία τις ψηφίδες με τον προγραμματιστικό κώδικα.

Ενδιάμεσο στάδιο σχεδιασμού

Κατά το δεύτερο στάδιο ο σχεδιαστής, έπειτα από μια σειρά δοκιμών λύνει το πρόβλημα σύνδεσης ψηφίδων και συγγραφής προγραμματιστικού κώδικα που αντιμετώπισε κατά το προηγούμενο στάδιο. Έτσι, προχώρησε στην εκ νέου κατασκευή ενός μικρόκοσμου (Σχήμα 3), στον οποίο εκτός από τις προαναφερθείσες ψηφίδες, εισήγαγε και ένα διάγραμμα ταχύτητας χρόνου σχετικό με την κίνηση του σώματος (Σχήμα 4).



Σχήμα 3. Ενδιάμεσος μικρόκοσμος- συγγραφή και εισαγωγή κώδικα

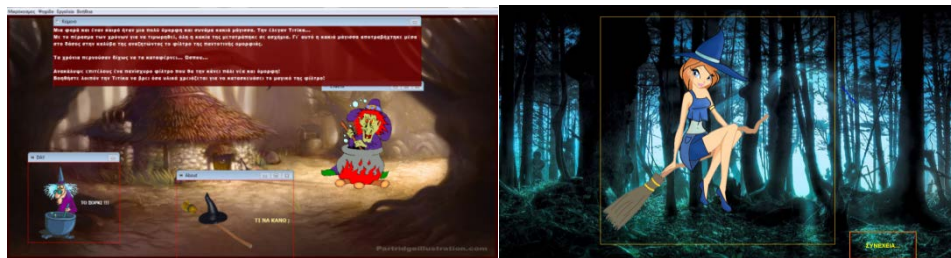


Σχήμα 4. Ενδιάμεσος μικρόκοσμος-εισαγωγή ψηφίδας χελώνα

Στο παρόν κατασκευαστικό στάδιο ο σχεδιαστής φαίνεται να λειτουργεί πιο αυτόνομα, καθώς υιοθετεί και οικειοποιείται νέα σχεδιαστικά εργαλεία που οικοδόμησε από την προηγούμενη σχεδιαστική του πορεία. Αναλυτικότερα, προχωράει σε πετυχημένη εισαγωγή και σύνδεση των διαφόρων ψηφίδων, καθώς επίσης και στη συγγραφή νέων προγραμματιστικών εντολών. Επίσης, τροποποιεί τις ιδιότητες του μεταβολέα της ταχύτητας, έτσι ώστε η ταχύτητα να παίρνει θετικές και αρνητικές τιμές.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί πως εκτός από την εξέλιξη των γνωστικών σχημάτων του σχεδιαστή που σχετίζονται με τη χρήση νέων σχεδιαστικών εργαλείων, κατά τη διάρκεια του δεύτερου σταδίου παρατηρείται και μια αλλαγή στην παιδαγωγική προσέγγιση που επιλέγει να ενσωματώσει στο χαρακτήρα του μικρόκοσμου του. Πιο συγκεκριμένα, ο σχεδιαστής επιλέγει να εντάξει τον πειραματισμό των μαθητών σε ένα παιγνιώδες πλαίσιο, γεγονός που φανερώνει εξέλιξη στην παιδαγωγική προσέγγιση του εκπαιδευτικού. Το γεγονός αυτό είναι

αποτέλεσμα της εξοικείωσής του με ορισμένα σχεδιαστικά εργαλεία, τα οποία υιοθετήθηκαν μέσω του πειραματισμού του και της αλληλεπίδρασης του με το τεχνούργημα. Ο ίδιος όντας απαλλαγμένος από τους περιορισμούς που οφειλονταν στην έλλειψη προγραμματιστικής εμπειρίας, επιλέγει να αναθεωρήσει την παιδαγωγική του προσέγγιση και να δώσει έμφαση στο μαθησιακό περιεχόμενο του μικρόκοσμου του. Στο πλαίσιο αυτής της επιλογής, διαμορφώνει τον μικρόκοσμο τροποποιώντας το φόντο του, εισάγοντας μια ιστορία και διαμορφώνοντας κατάλληλα τη σκηνή (Σχήμα 5).



Σχήμα 5. Ενδιάμεσος μικρόκοσμος-πλαισίωση μαθησιακής διαδικασίας

Έτσι, στον μικρόκοσμο εισάγεται, με τη βοήθεια μιας ψηφίδας κειμένου μια ιστορία που αναθέτει στους μαθητές να συγκεντρώσουν ορισμένα συστατικά απαραίτητα για την υλοποίηση ενός μαγικού φίλτρου νεότητας. Οι μαθητές λοιπόν, καλούνται να κινηθούν τη μάγισσα σύμφωνα με τις οδηγίες, έτσι ώστε να ολοκληρώσουν την αποστολή τους (Σχήμα 6).

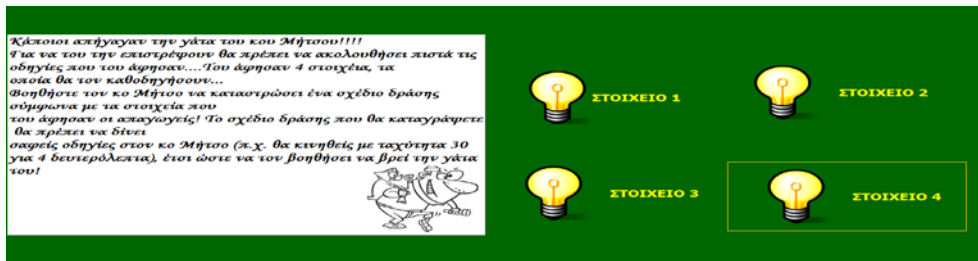
Αργά το βράδυ από το σπίτι σου να βγεις, αν θες τη νιότη να γευτείς...
 Σε 4 στο μαγικό μονόκερο να φτάσεις και μια τούφα απ' την ουρά του να αρπάξεις... Τώρα όμως πρόσεχε! Στη λίμνη σαν ζυγώσεις, ήρεμη θα πρέπει να φανείς και τις νεράιδες μη θυμώσεις... στη νεραϊδολίμνη από το μαγικό μονόκερο σε 4 να φτάσεις και κει για δύο να σταθείς μέχρι να ζαποστάσεις... Τη νεραϊδόσκονη σαν βάλεις στο τσουβάλι στο σπίτι γύρνα γρήγορα και ριχ' τη στο τσουκάλι... το βήμα σου όμως σταθερό θα πρέπει να κρατήσεις και τα κακά τα πνεύματα να μην ανησυχήσεις... γι' αυτό σου λέω, πρόσεχε το βήμα μην ανοίξεις και την απόσταση αυτή σε 6 να διανύσεις... Τα πάντα είναι έτοιμα, για 2 ζεκουράσου...
 μα για να δέσει η συνταγή ένα μονάχα λείπει...
 του δράκου σύρε φέρε τη φωτιά ... όσο σου πήρε από το καλύβι μέχρι το μονόκερο να φτάσεις τώρα θα πρέπει στο μισό να τρέξεις να προσφτάσεις... στο δράκοντα λοιπόν όταν κοντά σιμώνεις, μη φοβηθείς μια δυνατή σφαλίαρα να του δώσεις... αμέσως εκείνος σαν θυμώσει μια δυνατή φωτιά θα σου ανταποδώσει... Τότε αμέσως βούτα τον και συρ' τον στο καλύβι μέσα σε 2 μοναχά, μην κάψει το γρασιδί...
 Το μαγικό ζωμό για 2 σιγοβράσε...
 Μια σκέψη κάνε ευχάριστη και άσπρο πάτο πιάσε!!!

Σχήμα 6. Ψηφίδα κείμενο με οδηγίες

Στάδιο ολοκλήρωσης

Το τρίτο στάδιο περιλαμβάνει την αναθεώρηση του σχεδιαστή-εκπαιδευτικού σχετικά με τις ανάγκες των μαθητών, καθώς ο ίδιος πειραματιζόμενος με τον μικρόκοσμο αντιλαμβάνεται πως απαιτείται μια πιο ακριβής και ολιστική προσέγγιση του φαινομένου της κίνησης. Έτσι,

αναθεωρώντας την παιδαγωγική του προσέγγιση, προχωράει στην κατασκευή δύο νέων μικρόκοσμων και την ένταξή τους σε ένα παιγνιώδες πλαίσιο, το οποίο παρέχει στους μαθητές τη δυνατότητα οικοδόμησης εννοιών μέσω της επίλυσης προβλημάτων. Προκειμένου να το πετύχει αυτό, ο σχεδιαστής μέσω του μικρόκοσμου αναθέτει στους μαθητές την αποκωδικοποίηση ορισμένων στοιχείων προκειμένου να λύσουν το μυστήριο μιας απαγωγής (Σχήμα 7).

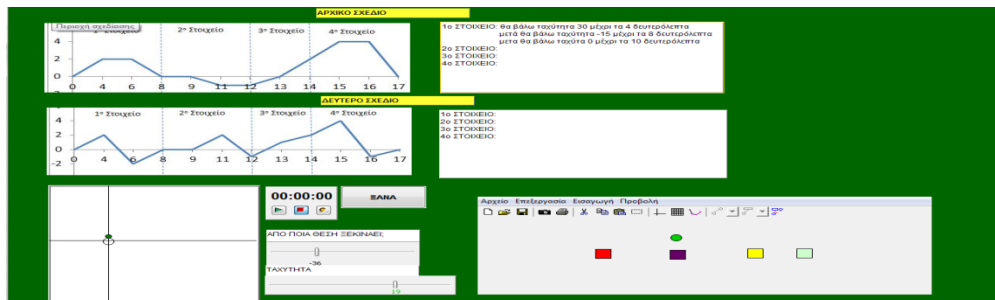


Σχήμα 7. Τελικός μικρόκοσμος-οδηγίες

Στον πρώτο μικρόκοσμο τα στοιχεία αυτά αφορούν έννοιες της κίνησης (Σχήμα 8), ενώ στον δεύτερο είναι προσανατολισμένα στην ερμηνεία των διαγραμμάτων της κίνησης (Σχήμα 9).



Σχήμα 8. Τελικός μικρόκοσμος-έννοιες κίνησης



Σχήμα 9. Τελικός μικρόκοσμος-διαγράμματα κίνησης

Αποτελέσματα

Τεχνολογική γνώση και Σχεδιαστικά εργαλεία εκπαιδευτικού

Κατά τη διάρκεια της σχεδιαστικής πορείας σημειώθηκε η υιοθέτηση από τον εκπαιδευτικό νέων σχεδιαστικών εργαλείων, καθώς επίσης και νέων τρόπων ενσωμάτωσης της τεχνολογίας στη μαθησιακή διαδικασία. Πιο συγκεκριμένα, ο σχεδιαστής αρχικά περιορίστηκε στη μελέτη και αντιγραφή ψηφίδων και εντολών από έτοιμους μικρόκοσμους, τις οποίες ενσωμάτωσε στον δικό του μικρόκοσμο. Στη μετέπειτα σχεδιαστική του πορεία ωστόσο, φαίνεται να αναλαμβάνει έναν πιο ενεργό ρόλο, προχωρώντας σε αυτόνομη συγγραφή κώδικα, διαμόρφωση του μικρόκοσμου, και την τροποποίηση των ιδιοτήτων των διαφόρων ψηφίδων.

Παιδαγωγική εξέλιξη σχεδιαστή

Αναλύοντας τα δεδομένα γίνεται αντιληπτό πως μέσα από τη διαδικασία σχεδιασμού και μέσω της αλληλεπίδρασης του εκπαιδευτικού-σχεδιαστή με το τεχνούργημα εξελίχθηκε αρκετά η παιδαγωγική προσέγγιση που ο ίδιος υιοθέτησε, καθώς ξεκίνησε αρχικά στοχεύοντας μόνο στη διδασκαλία ορισμένων εννοιών και κατέληξε να εντάξει ένα παιγνιώδες πλαίσιο, να δώσει έμφαση στη συνεργασία, στην καλλιέργεια μεταγνωστικών δεξιοτήτων και την αξιολόγηση στο πλαίσιο της ομάδας.

Κλείνοντας, θα ήταν σκόπιμο να παρατηρήσουμε πως η σχέση μεταξύ τεχνουργήματος και παιδαγωγικών σχημάτων του σχεδιαστή είναι αμφίδρομη, καθώς το τεχνούργημα φαίνεται να συμβάλλει στην εξέλιξη της παιδαγωγικής αντίληψης του εκπαιδευτικού, αλλά και ο τελευταίος διαμορφώνει κατάλληλα το τεχνούργημα, προκειμένου να υποστηρίξει τις νέες παιδαγωγικές του απαιτήσεις.

Εμβάθυνση στην επιστημολογία της Φυσικής

Κατά την ενασχόλησή με την κατασκευή του μικρόκοσμου παρατηρείται εμβάθυνση στην επιστημολογία του αντικειμένου του εκπαιδευτικού-σχεδιαστή, η οποία πυροδοτείται αφενός από την ανάγκη του να εντάξει προβληματικά και δυσνόητα σημεία του διδακτικού του αντικειμένου στο πλαίσιο των υπό κατασκευή μικροκόσμων και αφετέρου, από την ανατροφοδότηση που προσέφερε το τεχνούργημα στον σχεδιαστή, καθώς ο ίδιος ανακάλυπτε τις δυνατότητες και τους περιορισμούς του.

Συμπεράσματα και συζήτηση

Η ανάλυση των δεδομένων που συγκεντρώθηκαν από την παρούσα έρευνα υπέδειξαν μια θεμελιώδη σχέση μεταξύ της εξέλιξης του τεχνουργήματος και των γνωστικών σχημάτων του σχεδιαστή. Αναλυτικότερα, η δυναμική αλληλεπίδραση μεταξύ τους φαίνεται να οδήγησε σε παράλληλη εξέλιξη του τεχνουργήματος και των τεχνολογικών σχημάτων του σχεδιαστή-εκπαιδευτικού, της παιδαγωγικής του προσέγγισης, καθώς επίσης και στην εμβάθυνση της επιστημολογίας του αντικειμένου του.

Ωστόσο, αν και τα αποτελέσματα της έρευνας συνέβαλλαν στην εξαγωγή ορισμένων βασικών συμπερασμάτων σχετικά με τις γνωστικές διαδικασίες που λαμβάνουν χώρα κατά την εμπλοκή του εκπαιδευτικού στη σχεδιαστική διαδικασία, απαιτείται μια μεγαλύτερης κλίμακας έρευνα, προκειμένου να καταλήξουμε σε πιο γενικευμένα και ασφαλή συμπεράσματα για τα χαρακτηριστικά της αλληλεπίδρασης αυτής.

Αναφορές

- Artigue, M. (2002). Learning Mathematics in a CAS Environment: The Genesis of a Reflection about Instrumentation and the Dialectics between Technical and Conceptual Work. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 7(3), σσ. 245-274. doi: 10.1023/A:1022103903080
- Conole, G. (2009). The Role of Mediating Artefacts in Learning Design. In L. Lockyer, S. Bennett, S. Agostinho, & B. Harper (Eds), *Handbook of Research in Learning Design Objects. Issues, Applications, and Technologies*, 188-208. Hershey & London: Information Science Reference, IGI Global.
- Fisher, T, Higgins, C and Loveless, A. (2006). *Teachers Learning with Digital Technologies: A Review of Research and Projects*. Bristol: Futurelab Retrieved 10 September 2015 from <http://www.futurelab.org.uk/litreviews>
- Loveless, A. (2003). *Creativity, technology and learning –a review of recent literature*. Report 4 Update: Futurelab Series
- Trouche, L. (2004). Managing the Complexity of Human/Machine Interactions in Computerized Learning Environments: Guiding Students' Command Process through Instrumental Orchestrations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 9(3), σσ. 281-307. doi: 10.1007/s10758-004-3468-5