

Αξιολόγηση της Χρήσης Εικονικού Περιβάλλοντος για Υποστήριξη της Διδασκαλίας Χημείας

Θεοδώρα Πατσαλού, Δημήτριος Χαρίτος, Δρακούλης Μαρτάκος
Τμήμα Πληροφορικής - Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
patdoras@ath.forthnet.gr, virtual@di.uoa.gr, martakos@di.uoa.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται τόσο θεωρητικά όσο και πειραματικά η δυνατότητα αξιοποίησης της τεχνολογίας εικονικής πραγματικότητας για ενίσχυση των εκπαιδευτικών διαδικασιών. Αρχικά συνοψίζονται τα βασικά χαρακτηριστικά των σύγχρονων θεωριών μάθησης και συσχετίζονται με τα χαρακτηριστικά των εικ. περιβαλλόντων. Κατόπιν, περιγράφεται η διαδικασία ενός πειράματος το οποίο περιλαμβάνει τον σχεδιασμό και την υλοποίηση εφαρμογής ΕΠς για εκμάθηση μιας διδακτικής ενότητας Χημείας Β' Γυμνασίου. Τέλος, καταγράφονται τα βασικά αποτελέσματα και συμπεράσματα που προέκυψαν από την πειραματική διαδικασία αξιολόγησης της εφαρμογής.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: εικονική πραγματικότητα (ΕΠ), εκπαίδευση

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στόχος του άρθρου που ακολουθεί είναι να εξεταστεί θεωρητικά και πειραματικά κατά πόσο η τεχνολογία Εικονικής Πραγματικότητας μπορεί να υποστηρίξει τη διαδικασία εκπαίδευσης και μάθησης. Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

Αρχικά γίνεται αναφορά των σύγχρονων θεωριών μάθησης που βρίσκονται σε συμφωνία με τις αρχές και τις δυνατότητες των εικονικών περιβαλλόντων. Κατόπιν παρουσιάζεται ένα εκπαιδευτικό εικονικό περιβάλλον που υποστηρίζει τη διδασκαλία του μαθήματος Χημείας Β' Γυμνασίου και αναλύεται ένα πείραμα το οποίο πραγματοποιήθηκε με την συμμετοχή μιας ομάδας 40 μαθητών οι οποίοι χρησιμοποίησαν το περιβάλλον αυτό. Τέλος, γίνεται μια συνοπτική και ενδεικτική καταγραφή των αποτελεσμάτων της πειραματικής αξιολόγησης καθώς και των συμπερασμάτων που προέκυψαν.

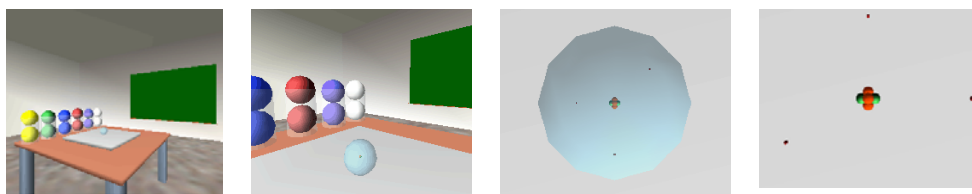
ΣΥΓΧΡΟΝΕΣ ΘΕΩΡΙΕΣ ΜΑΘΗΣΗΣ ΚΑΙ ΕΙΚΟΝΙΚΗ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ

Η Εποικοδομητική θεωρία μάθησης του Bruner (Bruner, J. 1960) καθώς και άλλες σημαντικές θεωρίες μάθησης που απορρέουν από τις Γνωστικές επιστήμες όπως των R. Spiro, P. Feltonvitch & R. Coulson (Cognitive flexibility theory), του C. Rogers (Experiential Learning), του R. Sternberg (Triarchic Theory), του J. Lave (Situated Learning) και H. Gardner (Multiple Intelligences) (διαθέσιμες στην ηλεκτρονική διεύθυνση <http://tip.psychology.org/theories.html>), έρχονται να αναθεωρήσουν τα παραδοσιακά εκπαιδευτικά συστήματα μάθησης και να στραφούν σε κατευθύνσεις που προσφέρουν νέες δυνατότητες στη διαδικασία της εκπαίδευσης και μάθησης. Βασικές αρχές των σύγχρονων θεωριών μάθησης όπως η αλληλεπίδραση σε πρώτο πρόσωπο με το γνωστικό αντικείμενο, η μάθηση μέσα από την πράξη, η εμπειρική μάθηση, η ουσιαστικότερη προσέγγιση αφηρημένων εννοιών με τρόπο πολυαισθητηριακό, η ανάπτυξη κινήτρων, είναι κάποιες από τις πιο σημαντικές που τις αντιπροσωπεύουν και τις χαρακτηρίζουν. Η ΕΠ είναι ένα σύστημα διεπαφής στο οποίο ο χρήστης βιώνει περισσότερο εμπειρικά παρά νοητικά την αλληλεπίδρασή του με το περιβάλλον. Πολλοί μελετητές της τεχνολογίας αυτής (Winn W., 1993)

(Pantelidis V. 1995), (Bricken M. & Byrne C., 1993), (Loftin, Engelberg & Benedetti 1993), (Regian & Shebilske 1992), (Moshell & Hughes 1994) (Μικρόπουλος Α., κ.ά, 1997), (Youngblut 1998), (McLellan H., 2001) (Wickens C. & Baker P., 1994) κ.ά. υποστηρίζουν ότι η χρήση τέτοιων εικονικών περιβαλλόντων παρέχει τη δυνατότητα εμπειρικής μάθησης και για αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς στην εκπαίδευση. Θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι η εποικοδομητική θεωρία παρέχει την καλύτερη προσέγγιση σύμφωνα με την οποία μπορούν να αναπτυχθούν εκπαιδευτικές εφαρμογές με ΕΠ (Winn 1993).

ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΕΙΚΟΝΙΚΗΣ ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑ

Στην ενότητα που ακολουθεί περιγράφεται ο σχεδιασμός της εφαρμογής η οποία έχει σαν θέμα την ατομική και την μοριακή δομή των στοιχείων. Η επιλογή του μαθήματος αυτού έγινε για να προσεγγιστεί εποπτικά ο μικρόκοσμος των ατόμων και των μορίων με τη χρήση τρισδιάστατων προσομοιωμάτων, με καλύτερο τρόπο μέσα από ένα εικ. περιβάλλον και στη συνέχεια να εξεταστεί κατά πόσο η χρήση ενός τέτοιου περιβάλλοντος μπορεί να υποστηρίξει την διαδικασία εκπαίδευσης και μάθησης. Η κατανόηση αφηρημένων και μη οπτικά αντιληπτών στην πραγματικότητα εννοιών όπως της ατομικής και μοριακής δομής είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την περαιτέρω κατανόηση ανάλογων εννοιών όπως και για τη σωστή μετάδοση της πληροφορίας. Εντάσσεται σε ένα τρισδιάστατο χώρο μέσα στον οποίο ο μαθητής μπορεί να πλοηγηθεί με πλήρη ελευθερία και κατά συνέπεια οι πολλαπλές όψεις (viewpoints) της ίδιας απεικόνισης της πληροφορίας και η πολυαισθητηριακή εμπειρία που παρέχονται από αυτό το περιβάλλον μπορούν να ενισχύσουν τη μαθησιακή διαδικασία. Η αφηρημένη συμβολική αναπαράσταση (χρωματιστές σφαίρες μέσα σε δοχεία) του σχεδιασμού των προσομοιωμάτων έγινε με στόχο να δίνεται το κίνητρο στο μαθητή για μια διαδικασία μάθησης πιο ενδιαφέρουσα και διασκεδαστική. Ακόμη η αλληλεπίδραση του μαθητή με τα τρισδιάστατα αντικείμενα (άτομα - μόρια) χρησιμοποιώντας είτε το ποντίκι είτε το joystick μπορεί να δώσει ένα καλύτερο κίνητρο για μάθηση από εκείνο που προσφέρει η επαφή του με το γνωστικό αντικείμενο μέσα από το βιβλίο ή τον πίνακα.



Εικόνα 1

Ο βασικός στόχος της εφαρμογής είναι η καλύτερη δυνατή προσέγγιση των σύγχρονων θεωριών μάθησης όπως αναφέρθησαν και σε προηγούμενη ενότητα μέσα από τη χρήση εικ. περιβαλλόντων. Για να επιτευχθεί ο παραπάνω στόχος, οι μαθητές πρέπει να αλληλεπιδράσουν με τα τρισδιάστατα προσομοιώματα των ατόμων και των μορίων και να βιώσουν μια πολυαισθητηριακή εμπειρία μέσα στο εικ. περιβάλλον με σκοπό να μάθουν, μέσα από την πράξη και την προσωπική εμπειρία χειριζόμενοι την εφαρμογή.

Το πείραμα εξελίσσεται σε 3 στάδια. Στο 1^ο στάδιο ο εκπαιδευτικός της Χημείας διδάσκει το γνωστικό αντικείμενο σε 40 μαθητές. Στο 2^ο στάδιο γίνεται διαχωρισμός των μαθητών σε δύο ομάδες των 20 ατόμων, όπου η μία αποτελεί την ομάδα ελέγχου και η άλλη την ομάδα εφαρμογής. Η πρώτη ομάδα κάνει χρήση του προτεινόμενου οπτικού υλικού μέσω του εκπαιδευτή της Χημείας και του βιβλίου και η δεύτερη ομάδα αντίστοιχα κάνει χρήση του προτεινόμενου εικ. περιβάλλοντος. Στο 3^ο και τελευταίο στάδιο οι ομάδες ενώνονται ξανά σε μια ομάδα και γίνεται η

τελική αξιολόγηση του εκπαιδευτικού αποτελέσματος (από αξιολογητή ο οποίος δεν γνωρίζει σε ποια ομάδα ανήκε ο κάθε μαθητής).

Στην εφαρμογή του τρισδιάστατου εικ. περιβάλλοντος οι μαθητές πλοηγούνται (flythrough) μέσα σε αυτό και παρατηρούν τη δομή των διαφόρων ατόμων και μορίων χρησιμοποιώντας το ποντικιού ή το joystick. Για τον πλοηγούμενο χρήστη δεν υπάρχει βαρύτητα ώστε να υπάρχει η πλήρης ελευθερία κίνησης γύρω από τα αντικείμενα του ενδιαφέροντος, ενώ αντίθετα δεν επιτρέπεται να διαπερνά μέσα από τα αντικείμενα του τρισδιάστατου χώρου (collision detection). Επιτρέπεται βέβαια η κίνηση διαμέσου των προσομοιωμάτων των ατόμων και των μορίων για την καλύτερη εξέτάσή τους. Οι μαθητές μπορούν να χειρίζονται κατά τρόπο αλληλεπιδραστικό τη δομή των προσομοιωμάτων μέσα σε αυτό το περιβάλλον. Δηλαδή μπορούν να παρατηρήσουν τη δομή και την κίνηση των στοιχείων, να ακούσουν τις ηχογραφημένες πληροφορίες σχετικά με το γνωστικό αντικείμενο που μελετάται εκείνη τη στιγμή, που αυτόματα ενεργοποιείται με ένα απλό κλικ πάνω σε κάποιο από τα στοιχεία του εικ. περιβάλλοντος, όπως και να δημιουργήσουν νέες δομές μορίων. Μέσα στο εικ. περιβάλλον επιτρέπεται η σύνθεση μόνο των υπαρκτών μορίων και της σωστής τους μοριακής δομής ενώ εμποδίζεται η δημιουργία μη υπαρκτών μορίων και μοριακών δομών. Υπάρχουν καθοδηγητικά μηνύματα για σωστό ή λάθος καθώς και συμβουλές που προτρέπουν προς την επίλυση του προβλήματος.

Τα συστατικά του εικονικού περιβάλλοντος είναι τα εξής: **A.** Περιβάλλον χώρος **B.** Άτομα στοιχεία **Γ.** Μόρια στοιχείων. Όσον αφορά τον περιβάλλοντα χώρο, αυτός οργανώθηκε έτσι ώστε να αποτελεί ένα σχετικά ουδέτερο υπόβαθρο για την διεξαγωγή της άσκησης, ενώ συγχρόνως περιέχει μερικά οπτικά στοιχεία τα οποία ανάγουν σε χώρο χημικού εργαστηρίου. (Εικόνα 1)

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗΣ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

Η αξιολόγηση της εκπαιδευτικής εφαρμογής έγινε από άποψη περιεχομένου, διεπαφής χρήστη (user interface), εργονομίας, κατανόησης της λειτουργίας των τρισδιάστατων προσομοιωμάτων.

Τα εργαλεία της αξιολόγησης του εκπαιδευτικού αποτελέσματος όπως και του προτεινόμενης εφαρμογής ήταν το ερωτηματολόγιο Α - και για τις δύο ομάδες - το ερωτηματολόγιο Β - μόνο για την ομάδα εφαρμογής - και οι γραπτές παρατηρήσεις - του ερευνητή και οργανωτή της αξιολόγησης- κατά τη διάρκεια της αλληλεπίδρασης του κάθε μαθητή με το εικ. περιβάλλον (γραπτές και βιντεοσκοπημένες με την βοήθεια βιντεοκάμερας) (Εικόνα 2)



Εικόνα 2

Οι συνθήκες για την αξιολόγηση ήταν οι ακόλουθες:

- Ο ερευνητής και οργανωτής της αξιολόγησης έκανε την εισαγωγική παρουσίαση της εφαρμογής και κατόπιν κατέγραφε τις παρατηρήσεις γραπτά και με ύπαρξη βιντεοκάμερας
- Κάθε μαθητής του application group αλληλεπιδρούσε για 15 λεπτά με την εγκατεστημένη εφαρμογή (desktop VR) του προτεινόμενου λογισμικού στο εργαστήριο Πληροφορικής.
- Ο εκπαιδευτικός της Χημείας ήταν παρατηρητής (δεν παρέμβανε στην αλληλεπίδραση μαθητή - υπολογιστή, αλλά μπορούσε να επικοινωνεί με τον μαθητή για την υποστήριξή του σε θέματα γνωστικού περιεχομένου)

- Ο συνολικός διαθέσιμος χρόνος ήταν 5 ώρες για την εφαρμογή (300 min: 15 min/1 μαθητή) για το σύνολο των 20 μαθητών του application group
- Η εφαρμογή ήταν εγκατεστημένη σε ένα υπολογιστικό σύστημα PENTIUM III στα 650 MHz με 256 RAM στο εργαστήριο Πληροφορικής του σχολείου

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ

Όλοι οι μαθητές του πειράματος κατά το 3^ο στάδιο εξετάστηκαν μέσω ενός γραπτού τεστ (Ερωτηματολόγιο Α) , με σκοπό την εξέταση ως προς την κατανόηση του γνωστικού αντικείμενου που μελέτησαν με τον ένα ή με τον άλλο τρόπο κατά το 2^ο στάδιο. Το τεστ αυτό συντάχθηκε και δόθηκε από τον καθηγητή της Χημείας στην αίθουσα διδασκαλίας των μαθητών. Αυτό που προέκυψε σαν αποτέλεσμα από αυτό το γραπτό τεστ είναι ότι για τις περισσότερες ερωτήσεις υπήρξε μια υπεροχή των **σωστών** απαντήσεων από 5-25% για την ομάδα εφαρμογής έναντι της ομάδας ελέγχου. Επιπλέον παρατηρήθηκε μια αξιολογική διαφορά των απαντήσεων **άγνοιας** από 5%-30% υπέρ της ομάδας ελέγχου, δηλαδή στην απάντηση **δεν ξέρω** ήταν περισσότεροι οι χρήστες της ομάδας ελέγχου από τους χρήστες της ομάδας εφαρμογής. Εκτιμάται ότι οφείλεται στην αλληλεπίδρασή τους με την εφαρμογή και επομένως επιδιώκουν να απαντήσουν έστω **Σωστό** ή **Λάθος** παρά να δηλώσουν **άγνοια**.

Το Ερωτηματολόγιο Β δόθηκε μόνο στους μαθητές της ομάδας εφαρμογής όπου εξέταζε τη διεπαφή του χρήστη με το σύστημα, την εργονομία, την κατανόηση της λειτουργίας των τρισδιάστατων προσομοιωμάτων καθώς και ερωτήσεις γενικότερου ενδιαφέροντος για τα εικ. περιβάλλοντα. Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται συνοπτικά τα πιο αξιολογικά συμπεράσματα και παρατηρήσεις έτσι όπως προέκυψαν από την επεξεργασία τους.

Σε μια αρχική ερώτηση *"Έχετε προηγούμενη εμπειρία με 3-D εφαρμογές, όπως 3-D games, play station κλπ."* έδωσε ως αποτέλεσμα 1 μαθητή με πολύ εμπειρία (5%), 10 μαθητές με αρκετή εμπειρία (50%) και 9 μαθητές με λίγη εμπειρία (45%). Στις ερωτήσεις *"Πόσο δύσκολος σας φάνηκε ο τρόπος χειρισμού σας με το ποντίκι/(ή joystick) ;"* το 45% των μαθητών απαντούν **πολύ εύκολο**, το 30%(ή 25% για το joystick) **εύκολο** και το 25% **μέτριο**, το ποντίκι(ή joystick) στη χρήση του. Στην ερώτηση *"Πόσο δύσκολη σας φάνηκε η κατανόηση των επιλογών από τα buttons στο εικονικό εργαστήριο"* το μεγαλύτερο ποσοστό των χρηστών θεωρεί την διεπαφή του μέσω των διαφόρων κουμπιών με το εικ. εργαστήριο από **πολύ εύκολη** μέχρι και **εύκολη**. Οι επόμενες δύο ερωτήσεις αφορούσαν στο βαθμό δυσκολίας για την περιήγηση και τον προσανατολισμό μέσα στην εφαρμογή. Αυτό που παρατηρείται είναι ότι οι μαθητές θεώρησαν την περιήγησή τους από **εύκολη (55%)** μέχρι **πολύ εύκολη (35%)** με ελάχιστο ποσοστό για **μέτρια (5%)** και **δύσκολα (5%)** ενώ στον προσανατολισμό εκτός από το **πολύ εύκολα (20%)** και **εύκολα (50%)** έχουμε και μεγάλο ποσοστό για **μέτρια (30%)**. Η ερώτηση *"Κατά τη διάρκεια περιήγησής σας στο εικονικό εργαστήριο της Χημείας αισθανθήκατε ότι βρίσκεστε πράγματι μέσα σε ένα δωμάτιο που είναι εργαστήριο της Χημείας;"* αφορά καθαρά τις εφαρμογές εικ. πραγματικότητας. Η αίσθηση της εμπύθισης αν και γνωρίζουμε ότι διαφέρει σε κάθε τύπο Ε.Π. (Winn, 1997), τα αποτελέσματα σε μια εφαρμογή τύπου desktop VR όπως είναι και η συγκεκριμένη δεν έδωσε καθόλου αποθαρρυντικά αποτελέσματα. Συμφωνούμε με προηγούμενο συμπέρασμα έρευνας, ότι η αίσθηση της εμπύθισης δεν είναι αποκλειστικά συνέπεια της χρήσης περιφερειακών αλλά έχει σχέση και με την ψυχολογία που αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια της χρήσης μιας εφαρμογής ΕΠ. (Νικολού & Μικρόπουλος & Κατσίκης, 1998.) Το 80% των μαθητών δήλωσαν από **πάρα πολύ (40%)** μεγάλη αίσθηση της εμπύθισης έως και **αρκετά (40%)**. Στην επόμενη ερώτηση *"Κατά τη διάρκεια επαφής σας με τα τρισδιάστατα προσομοιώματα αισθανθήκατε ότι έρχεστε αντιμέτωποι με τα πραγματικά άτομα και τα μέρη των συγκεκριμένων στοιχείων;"* το 80% των χρηστών απαντά από **πάρα πολύ (15%)** έως **αρκετά (65%)**. Αν και ο προσδιορισμός και οι παράμετροι από τις οποίες εξαρτάται η «αίσθηση της παρουσίας» (sense of presence) σε ένα εικονικό περιβάλλον θεωρούνται ένα ιδιαίτερα πολύπλοκο και ακόμα ασαφώς ορισμένο ζήτημα, οι τελευταίες διαπιστώσεις μπορεί να θεωρηθεί ότι σχετίζονται με τον βαθμό αίσθησης παρουσίας που είχαν οι

μαθητές κατά τη διάρκεια αλληλεπίδρασής τους με τα τρισδιάστατα προσομοιώματα και κατά πόσο αισθάνθηκαν ότι είχαν να αντιμετωπίσουν κάτι σχεδόν πραγματικό. Στην ερώτηση *"Πόσο δύσκολη σας φάνηκε η κατανόηση της άσκησης των ατόμων που μελετήσατε μέσα από την εφαρμογή;"* τα αποτελέσματα που προέκυψαν ήταν **εύκολη (25%)**, **πολύ εύκολη (50%)**, **μέτρια (20%)** και **δύσκολη (5%)** κατανόηση των ασκήσεων μέσα από την εφαρμογή. Οι επόμενες τέσσερις ερωτήσεις εξέταζαν κατά πόσο ενισχύθηκαν οι χρήστες με αυτό εκπαιδευτικό εικ. περιβάλλον μετά από αυτή την εμπειρία τους. Στις ερωτήσεις *"Νομίζετε ότι η εφαρμογή σας βοήθησε να κατανοήσετε πιο εύκολα τις έννοιες (ή τα σχήματα αντίστοιχα) που διδάσκεστε και από το σχολ. Βιβλίο της Χημείας"* οι μαθητές έκριναν από **πάρα πολύ (50%)** έως και **αρκετά (30%)** ή (35% αντίστοιχα) **θετικά** τέτοιου είδους εφαρμογές θεωρώντας ότι παίζουν σημαντικό ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία του συγκεκριμένου γνωστικού αντικείμενου παράλληλα με τη χρήση του σχολικού βιβλίου. Επιπλέον, αυτό που προέκυψε από τις ερωτήσεις *"Νομίζετε ότι η εφαρμογή σας βοήθησε να κατανοήσετε πιο εύκολα τις έννοιες που διδάσκεστε και με παραδείγματα του καθηγητή της Χημείας στον πίνακα;"* και *"Νομίζετε ότι η εφαρμογή σας βοήθησε να κατανοήσετε πιο εύκολα τα σχήματα των στοιχείων που διδάσκεστε και με παραδείγματα του καθηγητή της Χημείας στον πίνακα;"* είναι ότι οι μαθητές θεώρησαν **αρκετά ενισχυτική (45%-75%)** τη χρήση τέτοιων εκπαιδευτικών εργαλείων παράλληλα με την ουσιαστική και ενισχυτική διδασκαλία του εκπαιδευτικού, ώστε να μπορούν να κατανοούν καλύτερα και ευκολότερα τέτοιου είδους έννοιες και σχήματα.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από αυτή την εργασία αν και είναι ενδεικτικά λόγω του αρκετά μικρού δείγματος δείχνουν ότι η τεχνολογία της ΕΠ είναι σε θέση να ενισχύσει την εκπαιδευτική διαδικασία μάθησης. Ο μαθητής του 21^{ου} αιώνα με την βοήθεια των προηγμένων υπολογιστικών συστημάτων δεν έχει το ρόλο του απλού χειριστή (user) του υπολογιστή του για μάθηση αλλά του ενεργού συμμετέχοντα (participant) (Bricken M., '90) στην εκπαιδευτική διαδικασία. Το ίδιο βέβαια ισχύει και στην περίπτωση του δασκάλου όπου και αυτός με τη σειρά του θα πρέπει να έχει το ρόλο του καθοδηγητή και εμπνευστή στην προσπάθεια του μαθητή για μάθηση, δίνοντάς του καλύτερα κίνητρα χρησιμοποιώντας εργαλεία των νέων τεχνολογιών που θα ενδυναμώνουν και θα ενισχύουν αυτή την προσπάθειά του κατά τρόπο πολυαισθητηριακό και μοναδικό. Βρίσκεται ακόμη σε συμφωνία με τους ισχυρισμούς της V. Pantelidis (Pantelidis V, '96) ότι η τεχνολογία της εικ. πραγματικότητας μπορεί να αποτελέσει ένα νέο δυναμικό εκπαιδευτικό εργαλείο προσομοίωσης μέσα στην τάξη. Η παραπάνω ερευνητική εργασία τόσο από θεωρητική όσο και από πρακτική προσέγγιση δίνει ουσιαστικά αισιόδοξη απάντηση στο αρχικό ερώτημα αν η τεχνολογία της ΕΠ αποτελεί εκπαιδευτικό εργαλείο. Θεωρούμε ότι το δείγμα των 40 ατόμων είναι αρκετά μικρό και ότι μια περαιτέρω έρευνα με ένα πολύ μεγαλύτερο δείγμα χρηστών για την προαναφερθείσα εφαρμογή θα μπορούσε να δώσει μια πιο σαφή και αναλυτική απάντηση.

Επιπλέον, σαν συνέπεια της προσωπικής μας εμπειρίας, τόσο μέσω πειράματος όσο και με την συλλογή των επιπλέον παρατηρήσεων κατά τη φάση υλοποίησης της εφαρμογής στο 2^ο στάδιο, θεωρείται ότι η τεχνολογία της ΕΠ μπορεί να αποτελέσει ένα νέο ενισχυτικό εργαλείο εκπαίδευσης και εκμάθησης γνωστικών εννοιών που διδάσκονται στα σχολεία Β'θμιας εκπαίδευσης.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bricken M. & Byrne C., 1992, Summer Students in Virtual Reality, A Pilot Study on Educational Applications of VR Technology (Report R-92-1). Seattle: University of Washington, Human Interface Technology Laboratory. Available at:
<http://www.hitl.washington.edu/publications/alpha-index.html>,
Bricken M., 1990, Virtual Worlds: No interface to design available at:
<http://www.hitl.washington.edu/publications/alpha-index.html>,

- Bruner, J. 1960, *The Process of Education*. Cambridge, MA: Harvard University Press
- Loftin R.B., Engelberg M. & Benedetti R. 1993, Applying virtual reality in education: a prototypical virtual physics laboratory. *Proceedings of the IEEE 1993 Symposium on Research Frontiers in Virtual Reality*, 67-74
- McLellan Hilary, 2001, 15. VIRTUAL REALITIES, Hilary McLellan, McLellan Wyatt Digital, 15.5 Establishing a Research Agenda for Virtual Realities in Education and Training, (on p.465) Updated August 3, 2001, *The Association for Educational Communications and Technology* p.457-487 available at:
<http://www.aect.org/intranet/publications/edtech/15/index.html>
- Moshell J.M., & Hughes C.E., 1994, *The virtual school*. Orlando, FL: Institute for Simulation and Training. Document JMM94.2
- Pantelidis V., 1995, Reasons to Use Virtual Reality in Education. *VR in the Schools* Volume 1, Number 1, June 1995. Available at: <http://www.soe.ecu.edu/vr/vrits/1-1pante.htm>
- Pantelidis V., 1996, Suggestions on When to Use and When Not to Use Virtual Reality in Education. *VR in the Schools*, Volume 2, Number 1, June 1996.
 Available at: <http://www.soe.ecu.edu/vr/vrits/2-1Pante.htm>
- Regian W., Shebilske W.L., & Monk J.M., 1992, Virtual reality: an instructional medium for visual-spatial tasks. *Journal of Communication* 42(4), 136-149
- Wickens C. & Baker P. 1994, Cognitive Issues in Virtual Reality. Chapter 13. p.514 - 541. In W. Barfield and T. Furness, *Virtual Reality and Advanced Interface Design* (Oxford University Press 1995)
- Winn W., 1993, A Conceptual Basis for Educational Applications of Virtual Reality (R-93-9). Seattle: University of Washington, Human Interface Technology Laboratory.
- Winn W., 1997, The Impact of Three-Dimensional Immersive Virtual Environments on Modern Pedagogy (Technical Report R-97-15). Seattle: Human Interface Technology Lab. Available at: <http://www.hitl.washington.edu/publications/alpha-index.html>.
- Youngblut C., 1998, *Educational Uses of Virtual Reality Technology*, IDA
- Μικρόπουλος Α., Δήμου Γ., Γκουζίνης Χ., 1997, Ενίσχυση Εμπειριών μέσω Εικονικής Πραγματικότητας. Ένα παράδειγμα από το χώρο των επιστημών,
http://www.uoi.gr/schools/edu/ptde/gr/mvrlab_gr.htm