

Τ.Π.Ε. και Στερεομετρία -Διδασκαλία με Blue-Red Γυαλιά

Θ. Γιαννόπουλος¹, Ε. Κοντογούρη², Σ. Κοτρέτσου³

¹ Μαθηματικός, 7^ο ΓΕΛ Περιστερίου
giantead77@gmail.com

² Μαθηματικός, Med, 5^ο ΓΕΛ Ιλίου
evikont5@gmail.com

³ Χημικός, PhD, Med, Δ/ντρια ΓΕΛ Ανδρίτσαινας
skotretsou@sch.gr

Περίληψη

Το άρθρο αφορά τη μελέτη των αποτελεσμάτων μεθόδου διδασκαλίας (μελέτη περίπτωσης που αφορά ολόκληρα τμήματα) της Στερεομετρίας μέσω 3D αναπαραστάσεων με χρήση ΤΠΕ. Η μέθοδος εφαρμόστηκε σε μαθητές της Β' Λυκείου οι οποίοι εισήχθησαν στο μάθημα της Στερεομετρίας μέσω 3D βίντεο που κατασκευάστηκαν με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού λογισμικού GeoGebra. Οι μαθητές, φορώντας Blue-Red (BR) γυαλιά γνώρισαν στοιχεία και ιδιότητες του χώρου σε περιβάλλον επαυξημένης πραγματικότητας (Augmented Reality - AR). Στη συνέχεια, πειραματιζόμενοι σε περιβάλλον AR δυναμικής γεωμετρίας, έμαθαν να κατασκευάζουν και να μελετούν υπό οποιαδήποτε οπτική γωνία τρισδιάστατα μαθηματικά αντικείμενα. Κατέστησαν ικανοί να επιλύουν προβλήματα του χώρου και να χρησιμοποιούν το λογισμικό για τον έλεγχο της ορθότητας των λύσεών τους.

Λέξεις κλειδιά: στερεομετρία, επαυξημένη πραγματικότητα στην εκπαίδευση, Τ.Π.Ε. στην εκπαίδευση, GeoGebra, Τ.Π.Ε. και Μαθηματικά, BR γυαλιά στην εκπαίδευση.

1. Εισαγωγή

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει ένα διαρκώς αυξανόμενο ενδιαφέρον για τη χρήση επαυξημένης πραγματικότητας (Augmented Reality-AR) στην εκπαίδευση και όπως φαίνεται από σχετικές ανασκοπήσεις της βιβλιογραφίας (Bacca et al., 2014; Estapa et al., 2015), μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό εργασιών (μικρότερο του 5%) αφορούν τη χρήση AR στα μαθηματικά. Στο παρόν άρθρο παρουσιάζεται μια μέθοδος που εφαρμόστηκε σε μαθητές της Β' Λυκείου κατά τη διδασκαλία της Στερεομετρίας με σκοπό να βελτιστοποιηθούν τα μαθησιακά αποτελέσματα, να καλλιεργηθούν συγκεκριμένες δεξιότητες της χωρικής νοημοσύνης και να διευκολυνθεί το έργο του εκπαιδευτικού. Ακόμη, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας επί της μεθόδου πάνω σε συγκεκριμένα ερευνητικά ερωτήματα (βλ. ενότητα 4).

1.1 Η Μέθοδος Διδασκαλίας

Η μέθοδος περιελάμβανε τρεις διδασκαλίες που εφαρμόστηκαν σε δύο ομάδες τμημάτων. Η Α΄ ομάδα περιελάμβανε μαθητές τριών τμημάτων που παρακολούθησαν βίντεο σε περιβάλλον AR τα οποία παρουσίαζαν τα πρώτα αξιώματα και τις βασικές προτάσεις της στερεομετρίας. Η Β΄ ομάδα αποτελείτο από τους μαθητές δύο τμημάτων που εκτός από τα βίντεο που παρακολούθησαν, πειραματίστηκαν με το εκπαιδευτικό λογισμικό GeoGebra, με τη βοήθεια του οποίου κατασκεύασαν τα δικά τους τρισδιάστατα αντικείμενα. Τα μελέτησαν σε περιβάλλον AR και έλυσαν ασκήσεις του σχολικού βιβλίου. Οι ίδιοι μαθητές είχαν και την ευκαιρία μέσα στις διδακτικές αυτές ώρες να παρακολουθήσουν μέρος των αντίστοιχων βίντεο σε αποκλειστικά πραγματικό περιβάλλον, ώστε να γίνει σύγκριση μεταξύ των δύο περιβαλλόντων μάθησης. Σημειώνεται ότι κάποιες ενότητες που παρουσιάστηκαν με βίντεο διδάχτηκαν την ίδια διδακτική ώρα και πριν την προβολή και με τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας.

1.2 Τα Βίντεο

Τα βίντεο δημιουργήθηκαν με τη βοήθεια του εκπαιδευτικού λογισμικού GeoGebra, που είναι ελεύθερο λογισμικό ανοικτού κώδικα (με το οποίο οι μαθητές ήταν ήδη μερικώς εξοικειωμένοι στα δισδιάστατα γραφήματα) και καταγράφηκαν με τη βοήθεια του ελεύθερου λογισμικού καταγραφής οθόνης και ήχου OBS. Το Geogebra δίνει στον χρήστη τη δυνατότητα να βρεθεί σε περιβάλλον AR στα 3D γραφικά του στην επιλογή για χρήση Blue-Red (BR) γυαλιών. Για κάθε αξίωμα, πόρισμα και πρόταση δημιουργήθηκε ξεχωριστό αρχείο, ώστε να είναι εύκολος ο εντοπισμός του ανά πάσα στιγμή. Εκτός από την κινούμενη και με χρώματα εικόνα που φαινόταν να ξεπηδά από την οθόνη προβολής και μερικές φορές να πλησιάζει αρκετά τους μαθητές, υπήρχε ήχος με την εκφώνηση, την απόδειξη και σχόλια. Η καταγραφή του έγινε με δύο φωνές, ώστε η διαδικασία να ολοκληρώνεται σε στυλ διαλόγου. Η μία φωνή εάν απομονωθεί από την άλλη δίνει την εκφώνηση και την πλήρη απόδειξη, ενώ η άλλη θέτει ερωτήματα, επεξηγεί ή σχολιάζει. Τα βίντεο που γυρίστηκαν για χρήση με BR γυαλιά, γυρίστηκαν επίσης και σε ορθογραφική προβολή, δηλαδή έτσι ώστε να μπορεί να τα παρακολουθήσει ο μαθητής σε πραγματικό περιβάλλον.

1.3 Τα Εμπόδια, οι Δυσκολίες και η Αντιμετώπισή τους

Παρά το γεγονός ότι είχαν γίνει δοκιμές της μεθόδου όσον αφορά τον χρόνο και την ποιότητα της εικόνας και του ήχου, εν τούτοις, κατά την εφαρμογή της προέκυψαν προβλήματα όταν επιχειρήθηκε να βρεθούν οι μαθητές σε περιβάλλον AR που όμως αντιμετωπίστηκαν με επιτυχία. Για τον εντοπισμό των τυχόν προβλημάτων χρησιμοποιήθηκαν διαμορφωτικά για τη μέθοδο ερωτηματολόγια τα οποία χρησιμοποιήθηκαν και στο τέλος προκειμένου να διαπιστωθεί αν τα προβλήματα ξεπεράστηκαν. Τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν ήταν τα ακόλουθα: Α) κάποιοι

μαθητές σχολίασαν ότι δεν μπορούσαν να δουν την εικόνα «να βγαίνει από την οθόνη», αλλά αντίθετα έβλεπαν ταυτόχρονα μια μπλε και μια κόκκινη εικόνα, γεγονός που τους ζάλιζε. Οι περισσότεροι από αυτούς κάθονταν αρκετά πλάγια σε σχέση με την οθόνη προβολής και για αυτούς το πρόβλημα λύθηκε όταν πλησίασαν προς το κέντρο. Κάποιοι όμως εξακολουθούσαν να αντιμετωπίζουν πρόβλημα (που οφειλόταν στη διαφορετική εστιακή απόσταση των οφθαλμών τους), οπότε άλλαξαν οι παράμετροι στο λογισμικό που ρυθμίζουν τη γωνία μεταξύ κόκκινων και μπλε ευθειών. Στους ελάχιστους που εξακολούθησαν να παραπονούνται, δόθηκαν άλλα γυαλιά BR, αντί των χάρτινων που τους είχαν δοθεί αρχικά. Β) Υπήρξε ένας αρχικός ενθουσιασμός των μαθητών για τη διαφορετικότητα του μαθήματος, γεγονός που τους απέσπασε αρχικώς την προσοχή και προκάλεσε ελαφρά φασαρία. Το πρόβλημα λύθηκε με τη σοβαρή στάση του εκπαιδευτικού και την επιμονή του για προσήλωση στο στόχο. Γ) Παρατηρήθηκε πρόβλημα με τον ήχο, καθώς η ακουστική από μια άδεια αίθουσα (όπου έγιναν οι δοκιμές) σε μια γεμάτη διαφέρει. Χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικά ηχεία και άλλαξε η θέση τους.

2. Το Θεωρητικό Πλαίσιο

2.1 Η Χωρική Νοημοσύνη

Σύμφωνα με τη Θεωρία Πολλαπλής Νοημοσύνης (Gardner, 1983), η νοημοσύνη χωρίζεται σε τομείς, από τους οποίους στη σχολική εκπαίδευση αναπτύσσονται κυρίως η λεκτική/γλωσσική νοημοσύνη και η Λογικομαθηματική. Καθώς όμως κάθε μαθητής διαφέρει από τους άλλους ως προς τα είδη νοημοσύνης που έχει αναπτύξει περισσότερο, κρίνεται σημαντικό η σχολική εκπαίδευση να αφορά και στα υπόλοιπα είδη νοημοσύνης. Η χωρική νοημοσύνη μας καθιστά ικανούς να αναπαραστήσουμε στο μυαλό μας το χώρο που βλέπουμε. Περιλαμβάνει την ικανότητα του χειρισμού των εικόνων (χωρική οπτικοποίηση), της δραστηκής φαντασίας της τοποθέτησης των αντικειμένων στο χώρο (χωρική αντίληψη), του προσανατολισμού στο χώρο, της γνώσης της σχέσης που έχουν μεταξύ τους τα αντικείμενα (όπως π.χ. η απόσταση), και της νοητής περιστροφής των αντικειμένων (Maier PH, 1994).

2.2 Στερεομετρία και Χωρική Νοημοσύνη

Το μάθημα της στερεομετρίας δυσκολεύει τους μαθητές ιδιαίτερα διότι οι μαθηματικές έννοιες είναι αφηρημένες, ενώ υπάρχει και η δυσκολία της αναπαράστασης τρισδιάστατων αντικειμένων στις δύο διαστάσεις (Κοντογούρη & Κοτρέτσου, 2017). Για την αντιμετώπιση της δυσκολίας αυτής, προτείνονται πολλοί τρόποι αναπαράστασής τους όπως η χρήση τρισδιάστατων απτών μοντέλων, ή μοντέλων ψηφιακού τύπου (Αντώνογλου κ.α., 2011) που κάνουν τη στερεομετρία να προσφέρεται για την ανάπτυξη της χωρικής νοημοσύνης, και ιδιαίτερα της χωρικής αντίληψης, οπτικοποίησης και νοητής περιστροφής.

2.3 Επαυξημένη Πραγματικότητα

Οι τεχνολογίες AR δίνουν στο χρήστη τη δυνατότητα να βλέπει εικονικά τρισδιάστατα αντικείμενα μέσα στον πραγματικό χώρο και ενδεχομένως να αλληλεπιδρά με αυτά ή να γίνεται γνώστης επιπλέον πληροφοριών. Η ουσιαστική διαφορά της AR από την εικονική πραγματικότητα (Virtual Reality -VR) είναι ότι στη VR ο χρήστης δεν έχει αίσθηση του πραγματικού χώρου και κόσμου, καθώς είναι «βυθισμένος» στον εικονικό (Azuma, R., 1997).

Έρευνες (Osberg, 1997 και πολλοί άλλοι) έχουν δείξει εδώ και πολλά χρόνια ότι το περιβάλλον επαυξημένης πραγματικότητας δίνει στον μαθητή τη δυνατότητα να αναπτύξει σημαντικά χωρικές δεξιότητες και κυρίως της οπτικοποίησης και της χωρικής αντίληψης. Έτσι, έχουν αναπτυχθεί διάφορες εφαρμογές AR προς χρήση στο μάθημα της γεωμετρίας (Salinas et al, 2013; Kaufmann, 2009), πολλές από τις οποίες αρκετά χρόνια πριν. Μερικές κυκλοφορούν στο διαδίκτυο και είναι επί πληρωμή, οι περισσότερες με συγκεκριμένα και προσχεδιασμένα αντικείμενα, αλλά υπάρχουν και ελεύθερα λογισμικά με τα οποία ο εκπαιδευτικός μπορεί να σχεδιάσει κατά βούληση τα αντικείμενα που επιθυμεί να μελετηθούν (π.χ. το GeoGebra).

2.4 Τεχνολογία BR γυαλιών

Η 3D τεχνολογία χρησιμοποιεί δυο επικαλυπτόμενες εικόνες, η μια για το δεξί μάτι και η άλλη για το αριστερό με σκοπό να κάνει προσομοίωση της στερεοσκοπικής όρασης. Στην ανάγλυφη απεικόνιση η οποία χρησιμοποιείται ευρέως λόγω του μικρού κόστους η δεξιά και η αριστερή εικόνα είναι επάλληλες και ξεχωρίζουν μεταξύ τους με χρωματικές διαφορές ενώ ο θεατής φοράει γυαλιά με χρωματικούς φακούς (παραδοσιακά κόκκινο με κυανό). Αυτό αναγκάζει την όραση να διαφοροποιηθεί μεταξύ των δυο εικόνων έτσι ώστε να δημιουργήσει στο θεατή την αντίληψη του βάθους (Γεωργιάδης, 2014). Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκαν στα τμήματα της ομάδας Α' γυαλιά με πλαστικό σκελετό και πλαστικούς φακούς και στην ομάδα Β' με χάρτινο σκελετό και χρωματιστή ζελατίνη στους φακούς αρχικά και εν συνεχεία, σε όσους μαθητές είχαν πρόβλημα, γυαλιά σαν αυτά της ομάδας Α'.

3. Η Διδασκαλία

Οι διδασκαλίες συνοπτικά και ανά μάθημα διάρκειας 45 λεπτών είχαν ως ακολούθως:

Στο 1^ο μάθημα, αρχικά, παρουσιάστηκε η εισαγωγή στη στερεομετρία, όπως αυτή αναπτύσσεται στο σχολικό εγχειρίδιο με τη βοήθεια κινούμενων τρισδιάστατων σχημάτων με χρήση PowerPoint. Στη συνέχεια, οι μαθητές φορώντας BR γυαλιά παρακολούθησαν βίντεο με τα τέσσερα πρώτα αξιώματα της παραγράφου 12.2 «Η έννοια του επιπέδου και ο καθορισμός του» σε περιβάλλον AR, καθώς έβλεπαν τα σχήματα να ξεπηδούν από την οθόνη και τις ευθείες ή τα επίπεδα να τους «πλησιάζουν». Τα τελευταία 20 λεπτά του μαθήματος, οι μαθητές της ομάδας Β'

έμαθαν να κατασκευάζουν στο GeoGebra σημεία, ευθείες και επίπεδα στον τρισδιάστατο χώρο. Έν συνεχεία, βρήκαν πώς μεταβαίνουν από την απλή τρισδιάστατη προβολή («ορθογραφική») στην προβολή για BR γυαλιά. Ακόμη, ανακάλυψαν τον τρόπο να βλέπουν υπό οποιαδήποτε οπτική γωνία τα σχήματα που είχαν δημιουργήσει, καθώς και το πώς παράγεται μια περιστρεφόμενη εικόνα.

Στο 2ο μάθημα, έγινε μια επανάληψη των αξιωμάτων και κατόπιν ολοκληρώθηκε η ενότητα 12.2 με την απόδειξη των προτάσεων και του πορίσματος του σχολικού βιβλίου. Είναι σημαντικό, εδώ να αναφερθεί ότι η χρήση της τεχνολογίας παρείχε επιπλέον δυνατότητες (πέραν της επαυξημένης πραγματικότητας) που δεν παρέχονται στον πίνακα και αυξάνουν, όπως παρατηρήθηκε, τα επίπεδα κατανόησης. Για παράδειγμα, την απόκρυψη και επανεμφάνιση επιπέδων, την επιλογή της οπτικής γωνίας και τη δυνατότητα “flashback”. Ακόμη, μας έδωσε τη δυνατότητα πολλαπλής αναπαράστασης επιπέδων στις περιπτώσεις που αυτά ταυτίζονται (π.χ. ενιαίο επίπεδο, πλέγμα κ.λπ.), χωρίς σπατάλη χρόνου, όπως θα απαιτούσε μια αντίστοιχη οπτικοποιημένη διδασκαλία στον πίνακα.

Στο τελευταίο μισάωρο, ζητήθηκε από τους μαθητές να απαντήσουν στις ερωτήσεις κατανόησης της παραγράφου. Στα τμήματα της ομάδας Α' οι μαθητές δεν χρησιμοποίησαν το λογισμικό και οι ασκήσεις λύθηκαν με καθαρά νοητές διεργασίες. Οι μαθητές της ομάδας Β' χρησιμοποίησαν το λογισμικό προκειμένου να δημιουργήσουν εποπτεία του σχήματος και να προβούν σε διερεύνηση των ιδιοτήτων του και εικασία της απάντησης. Στη συντριπτική τους πλειοψηφία, μελέτησαν τα σχήματα σε περιβάλλον AR φορώντας τα BR γυαλιά.

Στο 3^ο μάθημα, οι μαθητές και των δύο ομάδων διδάχθηκαν την παράγραφο 12.3 σε περιβάλλον AR και παρατηρήθηκε ότι ήταν σε θέση να απαντήσουν στις ερωτήσεις κατανόησης και να επιλύσουν ασκήσεις εμπέδωσης με ευκολία. Οι μαθητές της ομάδας Β' δεν αισθάνονταν πλέον την ανάγκη να καταφύγουν στη βοήθεια του λογισμικού, πράγμα που απετέλεσε αρχική ισχυρή ένδειξη (που επαληθεύτηκε στη συνέχεια) ότι η γνώση ήταν καλά εγκατεστημένη, και ότι αναπτύχθηκαν χωρικές δεξιότητες. Στον υπόλοιπο χρόνο οι μαθητές συμπλήρωσαν τεστ αξιολόγησης για το σύνολο των εννοιών της στερεομετρίας που είχαν διδαχθεί καθώς και το ερωτηματολόγιο που θα παρουσιαστεί παρακάτω.

4. Η Έρευνα

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας στην οποία συμμετείχαν οι μαθητές των δύο παραπάνω ομάδων τμημάτων.

Το δείγμα αποτελείτο από 32 μαθητές της ομάδας Α' και 38 της ομάδας Β' που συμπλήρωσαν τα τεστ αξιολόγησης, 16 μαθητές από τις δύο ομάδες που συμπλήρωσαν το διαμορφωτικό για τη μέθοδο ερωτηματολόγιο και 21 μαθητές της ομάδας Β' που συμπλήρωσαν το ίδιο ερωτηματολόγιο, μετά από τις διορθωτικές

παρεμβάσεις. Η επιλογή των μαθητών έγινε τυχαία. Στις συνεντεύξεις συμμετείχαν όλοι οι μαθητές και των δύο ομάδων.

Τα ερευνητικά ερωτήματα αφορούσαν Α) στην αποτελεσματικότητα της μεθόδου (απλή έκθεση ή διάδραση σε περιβάλλον AR) ως προς i) την επίτευξη των στόχων του Αναλυτικού Προγράμματος, ii) την καλλιέργεια χωρικών δεξιοτήτων και iii) τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της διδασκαλίας μέσω τρισδιάστατων σχημάτων με χρήση ΤΠΕ σε περιβάλλον AR ανάλογα με το χρόνο έκθεσης των μαθητών σε αυτό ή/και ανεξάρτητα από αυτόν, Β) τον βαθμό κατανόησης του μαθήματος σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία, και Γ) το βαθμό εμπλοκής των μαθητών με το μάθημα.

Τα εργαλεία έρευνας και ανάλυσης ήταν: α) Το διαμορφωτικό για τη μέθοδο ερωτηματολόγιο το οποίο συμπληρώθηκε ενδιάμεσα, αλλά και στο τέλος, μετά από τις διορθωτικές παρεμβάσεις, β) ένα τεστ αξιολόγησης που περιλάμβανε ερωτήσεις ανοιχτού και κλειστού τύπου και έλεγχε το βαθμό στον οποίο οι μαθητές γνώριζαν τα αξιώματα και τις βασικές προτάσεις που είχαν διδαχθεί (π.χ. «με ποιους τρόπους μπορεί να οριστεί κατά μοναδικό τρόπο ένα επίπεδο;»), τον βαθμό κατανόησης και την ικανότητα εφαρμογής σε απλά προβλήματα του χώρου και τη μελέτη του βαθμού ανάπτυξης της χωρικής αντίληψης των μαθητών (π.χ. «επίπεδο περιέχει ευθεία ϵ και σημείο Α που δεν ανήκει σε αυτήν. Τι είναι σε σχέση με την ϵ μια ευθεία η που διέρχεται από το Α και δεν περιέχεται στο επίπεδο;»), γ) η ημιδομημένη συνέντευξη (Ζητήθηκε από τους μαθητές να αναφέρουν πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα στη χρήση βίντεο στη διδασκαλία της στερεομετρίας, η άποψή τους για τη χρήση 3D γυαλιών στο μάθημα, οι γενικότερες προτάσεις τους και επιχειρήθηκε να διευκρινιστούν απαντήσεις από τα τελικά ερωτηματολόγια αξιολόγησης) και δ) τα ημερολόγια αναστοχασμού τα οποία συμπληρώνονταν από τους εκπαιδευτικούς με το πέρας κάθε διδακτικής ώρας όπου καταγράφονταν α) οι τυχόν παρεκκλίσεις από τον αρχικό σχεδιασμό, β) οι δυσκολίες που παρουσιάζονταν, γ) ο χρόνος που ξοδεύτηκε σε κάθε δραστηριότητα, δ) οι επιδόσεις των μαθητών και ε) οτιδήποτε αξιοσημείωτο ή μη αναμενόμενο. Η καταχώρηση και επεξεργασία των δεδομένων των ερωτηματολογίων και των τεστ αξιολόγησης έγινε με τη βοήθεια του SPSS.

5. Βασικά Αποτελέσματα – Παρουσίαση, Ανάλυση και Ερμηνεία

Αν και το δείγμα είναι μικρό για να γίνει γενίκευση, στην παρούσα έρευνα προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα.

Τα τεστ αξιολόγησης που συμπληρώθηκαν από τα τμήματα της ομάδας Α' έδωσαν - με άριστα το 20- μέσο όρο (μ.ο.) 10 με τυπική απόκλιση (τ.α.) 3,835. Τα τμήματα της ομάδας Β' (των οποίων οι μαθητές πειραματίστηκαν με το εκπαιδευτικό λογισμικό σε περιβάλλον AR) έδωσαν μ.ο. 13,58 με τ.α. 4,117. Το δε υποσύνολο του δείγματος αυτού που οι μαθητές διέθεσαν 20 περισσότερα λεπτά στον πειραματισμό, είχε μ.ο. 14,72 με τ.α. 2,697. Έτσι, οι ποσοστιαίες αυξήσεις του βαθμού επίδοσης σε σχέση με

την ομάδα Α' είναι 17,9% και 23,6% αντίστοιχα. Ένα διάγραμμα με τα ζεύγη τιμών (χρόνος έκθεσης σε περιβάλλον AR– βαθμός επίδοσης) μπορεί εύκολα να δείξει ότι οι δύο μεταβλητές μάλλον δε σχετίζονται γραμμικά, αφού τα αντίστοιχα σημεία αποκλίνουν σημαντικά της ευθείας.

Για να μελετηθεί η επίδραση της διάδρασης σε σχέση με την απλή έκθεση σε περιβάλλον AR, εκτιμήθηκαν επίσης, για κάθε ομάδα, οι μέσοι βαθμοί στα ερωτήματα που είχαν να κάνουν με την ικανότητα ανάκλησης θεωρίας (βασικών προτάσεων και αξιωμάτων), την ανάπτυξη χωρικών δεξιοτήτων και της συνολικής επίδοσης (Πίνακας 1). Με τον έλεγχο Kolmogorov – Smirnov διαπιστώθηκε ότι ο βαθμός επίδοσης δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή σε κανένα από τα δύο δείγματα, ενώ οι άλλες μεταβλητές την ακολουθούν, με μέγιστη πιθανότητα να μη συμβαίνει αυτό μικρότερη του 3% (Asymp.Sig. (2-tailed) < 0.03). Έτσι, για να ελεγχθεί εάν η απόκλιση των μ.ο. των βαθμών επίδοσης για τις δύο ομάδες θεωρείται στατιστικά σημαντική, χρησιμοποιήθηκε ο έλεγχος U Mann-Whitney, ενώ για τις άλλες μεταβλητές ο μη συσχετισμένος έλεγχος t. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι ο μέσος βαθμός επίδοσης στη Β' ομάδα είναι στατιστικά σημαντικά υψηλότερος από αυτόν της Α' (U= 312,5, N1=32, N2=38, 2-tailed p<0,001). Το ίδιο συμβαίνει και με την ικανότητα χωρικής οπτικοποίησης (t = -2,047, df=68, 2-tailed p=0,044) και με την ικανότητα ανάκλησης θεωρίας (t = -3,737, df=68, 2-tailed p<0,001). Τέλος η πιθανότητα να είναι τυχαίο το ότι οι μαθητές της ομάδας Β' παρουσιάζουν αυξημένες χωρικές δεξιότητες σε σχέση με τους μαθητές της ομάδας Α' είναι μικρότερη του 8% (2-tailed p = 0,079).

Πίνακας 1. Μέσοι όροι και τυπικές αποκλίσεις

	Δείγμα ομάδας Α'		Δείγμα ομάδας Β'	
	μ.ο.	τ.α.	μ.ο.	τ.α.
βαθμός επίδοσης (άριστα: 20)	10,00	3,835	13,58	4,117
χωρική αντίληψη (άριστα: 3)	2,37	,942	2,58	,826
χωρική οπτικοποίηση (άριστα: 3)	2,19	,748	2,53	,647
χωρικές δεξιότητες (άριστα: 8)	6,08	1,791	6,81	1,604
αξιώματα-προτάσεις (άριστα: 8)	2,72	1,988	5,21	2,133

Προκειμένου να μελετηθεί αν η τυχόν σχέση μεταξύ της ανάπτυξης των χωρικών δεξιοτήτων και της ικανότητας ανάκλησης θεωρίας επηρεάζεται από την διάδραση σε περιβάλλον AR, καθώς και αν ο βαθμός επίδοσης επηρεάζεται περισσότερο από την ικανότητα ανάκλησης θεωρίας ή την ανάπτυξη χωρικών δεξιοτήτων (για τον βαθμό επίδοσης στο συγκεκριμένο τεστ συμμετείχαν εξίσου οι δύο αυτές μεταβλητές), μελετήθηκαν οι μεταξύ τους συσχετίσεις και παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Παρατηρήθηκε ότι η διάδραση σε περιβάλλον AR αυξάνει τη συσχέτιση μεταξύ χωρικών δεξιοτήτων και ανάκλησης θεωρίας, χωρίς όμως η συσχέτιση αυτή να είναι ισχυρή (συντ. συσχ. Pearson < 0,6) και ότι ο βαθμός επίδοσης σχετίζεται λίγο

περισσότερο με την ανάκληση θεωρίας. Σημειώνεται ότι για τη συσχέτιση του βαθμού επίδοσης με τις άλλες μεταβλητές χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης Spearman διότι δεν ακολουθεί την κανονική κατανομή ενώ για τις άλλες δύο μεταβλητές μεταξύ τους (που ακολουθούν την κανονική κατανομή) χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης Pearson. Όσο περισσότερο πλησιάζουν οι συντελεστές αυτοί την μονάδα τόσο πιο ισχυρή είναι η θετική συσχέτιση δηλαδή τόσο πιο πιθανό είναι όταν αυξάνεται η μία μεταβλητή να αυξάνεται και η άλλη. Το δε επίπεδο σημαντικότητας (2 - tailed) 0,01 και 0,05 σημαίνει ότι η πιθανότητα να μην είναι σωστό το συμπέρασμα είναι 1% και 5% αντίστοιχα.

Πίνακας 2. Συσχετίσεις για το δείγμα των ομάδων Α' και Β'

		Ομάδα Α'			Ομάδα Β'		
		Βαθ. επίδ.	Χωρ. δεξιότ.	Ανάκλ. θεωρίας	Βαθ. επίδ.	Χωρ. δεξιότ.	Ανάκλ. θεωρίας
βαθμός επίδ.	Spearman's rho Sig. (2-tailed)	1	,644** ,000	,788** ,000	1	,675** ,000	,880** ,000
χωρικές δεξιότ.	Pearson Cor. Sig. (2-tailed)		1	,376*		1	,549* ,000
** . Η συσχέτιση είναι σημαντική με επίπεδο σημαντικότητας 0.01 (2-tailed).							
* . Η συσχέτιση είναι σημαντική με επίπεδο σημαντικότητας 0.05 (2-tailed).							

Στα ερωτηματολόγια τα διαμορφωτικά για τη μέθοδο προέκυψε ότι οι μισοί περίπου μαθητές προτιμούσαν το απλό τρισδιάστατο βίντεο, από το περιβάλλον AR και αυτό οφειλόταν στα προβλήματα που αναφέρθηκαν στην παράγραφο 1.3. Προκειμένου να ελεγχθεί η αποτελεσματικότητα της μεθόδου, καθώς αυτή δεν εξαρτάται από τα αρχικά εμπόδια τα οποία και ξεπεράστηκαν, παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από τα ίδια ερωτηματολόγια που δόθηκαν και στο τέλος. Ζητήθηκε από τους μαθητές να βαθμολογήσουν (στην κλίμακα 1-5, με το 1 να αντιστοιχεί στη χαμηλότερη βαθμολογία), τις παρακάτω φράσεις. Σε παρένθεση βρίσκεται η επικρατούσα τιμή.

1. Η Στερεομετρία είναι κατανοητή με τον παραδοσιακό τρόπο (2), 2. Η Στερεομετρία είναι κατανοητή με χρήση βίντεο (5), 3. Καταλαβαίνω καλύτερα τη Στερεομετρία με τον παραδοσιακό τρόπο σε σχέση με το βίντεο (1), 4. Καταλαβαίνω καλύτερα τη Στερεομετρία με το 3D βίντεο σε σχέση με τον παραδοσιακό τρόπο (5), 5. Προτιμώ τα 3D γυαλιά από το απλό βίντεο για τη Στερεομετρία (3), 6. Με τη χρήση 3D βίντεο αυξήθηκε η εμπλοκή μου στο μάθημα (3), 7. Με τη χρήση τρισδιάστατης εικόνας παρακινήθηκε το ενδιαφέρον μου για τη Γεωμετρία (3 και 4 - δικόρυφη)

Εξήγηση στο μη αναμενόμενο από τους ερευνητές αποτέλεσμα της παραπάνω ερώτησης 5 έδωσε η συνέντευξη, όπου φάνηκε ότι κάποιοι μαθητές αναφέρονταν στα αρχικά προβλήματα πριν τις διορθωτικές παρεμβάσεις. Όλοι πλην ενός θεώρησαν ότι στο τέλος τα εμπόδια αυτά ξεπεράστηκαν. Στο ερώτημα ποια είναι η άποψή τους για τη χρήση BR γυαλιών στο μάθημα της στερεομετρίας όλοι πλην ενός απάντησαν ότι

το μάθημα γίνεται πιο κατανοητό και περισσότερο ενδιαφέρον. Στις δε προτάσεις τους, όσοι απάντησαν στο ερώτημα, προτείνουν να εφαρμόζεται πιο συχνά αντίστοιχη μέθοδος και σε άλλα μαθήματα αλλά και σε άλλα σχολεία.

Τέλος, από τα ημερολόγια αναστοχασμού, φάνηκε επίσης ότι οι μαθητές: α) που εργάστηκαν με το λογισμικό επέλεξαν να περιέλθουν σε περιβάλλον AR, ενώ είχαν τη δυνατότητα να εργασθούν και σε απλό περιβάλλον 3D απεικόνισης, β) το είδαν ως κάτι ξεχωριστό, γ) ενεπλάκησαν περισσότερο με τη μέθοδο, ανεξάρτητα από το γνωστικό τους υπόβαθρο. Στο τρίτο μάθημα, οι μαθητές της περίπτωσης (α) δε χρειάστηκε (αν και είχαν τη δυνατότητα) να καταφύγουν στο λογισμικό για την επίλυση των ασκήσεων, η οποία έγινε αποκλειστικά με νοητές διεργασίες. Ακόμη, παρατηρήθηκε ότι η ύλη βγήκε όχι μόνο πιο εύκολα, αλλά και πολύ πιο γρήγορα.

6. Συμπεράσματα – Συζήτηση - Προτάσεις

Από τις απαντήσεις του τελικού ερωτηματολογίου και τις συνεντεύξεις βλέπουμε ότι η Στερεομετρία είναι σημαντικά περισσότερο κατανοητή με χρήση τρισδιάστατου βίντεο. Όσον αφορά στην εμπλοκή των μαθητών με το μάθημα, αυτή αυξήθηκε κατά 64,25% (το διάστημα 3-4 που έδωσε μέση βαθμολόγηση 3,57 αντιστοιχεί στο 50%-75%), πράγμα που είναι σύμφωνο και με ευρήματα άλλων ερευνών (Salinas et al., 2013; Dunleavy et al., 2009; Estapa & Nadolny, 2015) ενώ το ενδιαφέρον για το μάθημα γενικότερα αυξήθηκε περίπου κατά το ήμισυ. Από τα παραπάνω, φαίνεται ότι η χρήση της τεχνολογίας και η ένταξη σε περιβάλλον AR κατέστησε τους μαθητές ικανούς να επιλύουν προβλήματα του χώρου στηριζόμενοι αποκλειστικά σε νοητικές διεργασίες. Ακόμη, απέκτησαν ικανότητα ανάκλησης γνώσεων περί των αντικειμένων που μελετήθηκαν χωρίς να είναι εξαρτημένοι από το περιβάλλον AR. Επίσης, από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι οι χωρικές δεξιότητες δε σχετίζονται ισχυρά με τη γνώση της θεωρίας και αναπτύσσονται περισσότερο όταν ο χρήστης λειτουργεί διαδραστικά και όχι παθητικά σε περιβάλλον AR, που σημαίνει ότι η διάδραση σε περιβάλλον AR επιφέρει καλύτερα αποτελέσματα αναφορικά με τους στόχους του αναλυτικού προγράμματος. Άλλωστε η αξία της διάδρασης των μαθητών με το λογισμικό αναφέρεται σε πληθώρα ερευνών (πχ Ahn et. al., 2015). Ακόμη, από την παρούσα έρευνα υπάρχουν ενδείξεις ότι ο χρόνος έκθεσης σε περιβάλλον AR δε σχετίζεται γραμμικά με την αύξηση του βαθμού επίδοσης. Έτσι, θα ήταν χρήσιμο να μελετηθεί στο μέλλον ποια ακριβώς είναι η σχέση που συνδέει τις δύο μεταβλητές, ώστε να μπορέσουμε να εκμεταλλευτούμε όσο το δυνατόν πιο αποτελεσματικά τις δυνατότητες που παρέχει στη μάθηση η AR (Kaufmann, 2003).

Τα περισσότερα από τα προβλήματα που παρουσιάστηκαν και αναφέρθηκαν στην παράγραφο 1.3 ήταν αναμενόμενα από παλαιότερες έρευνες (Dunleavy et al., 2009; Kaufmann & Schmalstieg, 2003).

Οι εκπαιδευτικοί ωφελήθηκαν επίσης, αφού η διδασκαλία διεκπεραιώθηκε πιο εύκολα, και πιο γρήγορα. Άλλωστε, η έρευνα (Deliyiannis et al., 2008) έχει δείξει ότι,

στα μαθηματικά, το εικονικό εκπαιδευτικό περιβάλλον κάνει την εκπαιδευτική/διδασκτική διαδικασία πιο αποτελεσματική, τόσο για τον εκπαιδευτικό, όσο και για τον μαθητή.

Αναφορές

- Ahn, H. S., & Choi, Y. M. (2015). Analysis on the Effects of the Augmented Reality-Based STEAM Program on Education. *Advanced Science and Technology Letters*, 92(Education 2015), 125-130.
- Azuma, R. (1997). A survey of augmented reality. Presence: *Teleoperators and Virtual Environments*,6(4), 355-385.
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S. & Kinshuk D. (2014). Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. *Educational Technology & Society*, 17 (4), 133–149.
- Deliyiannis, I., Floros, A., Vlamos, P., Arvanitis, M. & Tsiridou, T. (2008). Bringing Digital Multimedia in Mathematics Education. In D. Remenyi (Ed.), *Proceedings of the 7th European Conference on e-Learning* (pp. 290-296). Agia Napa, Cyprus.
- Dunleavy, M., Dede, C. & Mitchell, R. (2009). Affordances and limitations of immersive participatory Augmented Reality. *Journal of Science Education and Technology*, 18,7-22.
- Estapa, A. & Nadolny, L. (2015). The effect of an Augmented Reality Enhanced Mathematics lesson on student achievement and motivation. *Journal of STEM Education*,16(3), 40-47.
- Gardner, H. (1983). *Frames of Mind: The theory of multiple Intelligences*. New York: Basic Books.
- Kaufmann, H. (2003). Collaborative Augmented Reality in Education. *Proceedings of Imagina Conference* (pp. 1-4). Monaco Medias, Monaco.
- Kaufmann, H. & Schmalstieg, D. (2003). Mathematics and Geometry Education with collaborative Augmented Reality. *Computer and Graphics*, 27, 339-345.
- Kaufmann, H. (2009). Virtual Environments for Mathematics and Geometry Education. *Themes in Science and Technology Education, special issue*, 131-152.

Maier PH., (1994). *Räumliches Vorstellungsvermögen*. Peter Lang GmbH, Europäische Hochschulschriften: Reihe 6, Bd. 493, Frankfurt am Main.

Osberg K., (1997) *Spatial Cognition in the Virtual Environment*, *Technical R-97-18*. Seattle: Human Interface Technology Lab.

Salinas, P., Gonzalez-Mendivil, E., Quintero, E., Rios, H. & Ramirez, H. (2013). The development of a didactic prototype for the learning of Mathematics through Augmented Reality. *Procedia Computer Science*, 25, 62-70.

Αντόνογλου, Λ., Χαριστός, Ν. & Σιγάλας, Μ. (2011). Διερεύνηση της δεξιότητας της νοητικής μεταφοράς ανάμεσα σε τρισδιάστατες και δισδιάστατες συμβολικές αναπαραστάσεις της τετραεδρικής μοριακής δομής από φοιτητές χημείας. *Πρακτικά 7^ο Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών-Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες, Τόμος Γ*, 863-870. Αλεξανδρούπολη.

Γεωργιάδης, Χ. (2014). *Ανάλυση και αξιοποίηση μεθόδων και τεχνολογιών λήψης, επεξεργασίας, αποθήκευσης και προβολής τρισδιάστατων βίντεο (Διπλωματική Εργασία)*. ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.

Κοντογούρη, Ε. & Κοτρέτσου, Σ. (2017). Το τετράεδρο και οι υδρογονάνθρακες. Μια διαθεματική/ διεπιστημονική διδακτική προσέγγιση σε τάξη μικτών ικανοτήτων. Στο Χ. Τσιχουρίδης, Δ. Κολοκοτρώνης, Δ. Λιόβας, Μ. Μπατσίλα, Κ. Σταθόπουλος, Α. Κοντογεωργίου, Η. Λιάκος & Ζ. Καρασίμος (Επιμ.), *3^ο Διεθνές Συνέδριο για την προώθηση της εκπαιδευτικής καινοτομίας* (σσ. 254-265). Λάρισα: Ε.Ε.Π.Ε.Κ.

Abstract

The article deals with the study of the results of a method of teaching stereometry (case study involving entire school classes) through 3D representations by using ICT. The method was applied to students of the 2nd grade of Upper High School. The students were introduced to Stereometry lessons through 3D videos built with the help of the GeoGebra educational software. Wearing Blue-Red (BR) glasses they got acquainted with the elements and the properties of the space in Augmented Reality (AR) environment. Then, experimenting in a dynamic geometry AR environment, they learned to construct and study 3D mathematical objects from any angle. They became able to solve three-dimensional space problems and use the software to verify the correctness of their solutions.

Keywords: stereometry, augmented reality in education, ICT in education, GeoGebra, ICT and Maths, BR glasses in education.