

Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση

Τόμ. 14 (2021)



Η Επαυξημένη Πραγματικότητα στη διδασκαλία: Η περίπτωση του Ηλιακού Συστήματος

Ελένη Ντρενογιάννη, Ευτυχία Ζέρβα

doi: [10.12681/thete.39956](https://doi.org/10.12681/thete.39956)

Βιβλιογραφική αναφορά:

Ντρενογιάννη Ε., & Ζέρβα Ε. (2021). Η Επαυξημένη Πραγματικότητα στη διδασκαλία: Η περίπτωση του Ηλιακού Συστήματος. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 14, 19–36.
<https://doi.org/10.12681/thete.39956>

Η Επαυξημένη Πραγματικότητα στη διδασκαλία: Η περίπτωση του Ηλιακού Συστήματος

Ελένη Ντρενογιάννη¹, Ευτυχία Ζέρβα²
edren@eled.auth.gr, zervaeftychia@gmail.com

¹ Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

² Εκπαιδευτικός Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης, 8^ο Δημοτικό Σχολείο Ελευσίνιας, Αθήνα

Περίληψη. Η παρούσα εργασία εστιάζει: (α) στον προσδιορισμό της επαύξησης των επιδόσεων μαθητών Δημοτικού σχολείου μετά τη χρήση προκατασκευασμένων εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας στη διδασκαλία θεμάτων σχετικών με το ηλιακό σύστημα και (β) στην περιγραφή των απόψεων των παιδιών για τη διδασκαλία μέσω των εργαλείων αυτών. Για την επιδίωξη των ερευνητικών στόχων υιοθετήθηκε η μικτή προσέγγιση και συγκεκριμένα ο συγκλίνων ερευνητικός σχεδιασμός, κατά τον οποίο συλλέγονται ταυτόχρονα και αναλύονται συνδυαστικά ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα. Με βάση τα αποτελέσματα η επίδραση μιας κατάλληλης διδασκαλίας στην οποία συνεισφέρει η χρήση περιβαλλόντων επαυξημένης πραγματικότητας ήταν βελτιωτική ως προς τις επιδόσεις των μαθητών που συμμετείχαν στην έρευνα. Παράλληλα, οι μαθητές υποστήριξαν ότι τα εν λόγω υλικά τους βοήθησαν να παραμείνουν προσηλωμένοι και να κατανοήσουν στοιχεία, έννοιες και φαινόμενα που αφορούσαν το ηλιακό σύστημα ενδυναμώνοντας τις «εμπειρίες» τους και επεκτείνοντας τον βαθμό αντίληψης και κατανόησης της κίνησης και των χαρακτηριστικών των ουράνιων σωμάτων.

Λέξεις κλειδιά: επαυξημένη πραγματικότητα, πρωτοβάθμια εκπαίδευση, ηλιακό σύστημα, αναθεωρημένη ταξινόμια διδακτικών στόχων, μαθησιακά αποτελέσματα

Εισαγωγή

Η δελεαστική ιδέα μιας «πραγματικότητας» παράλληλης και συμπληρωματικής προς την φυσική και αντικειμενική είναι αρκετά παλιά. Και όπως κάθε ενδιαφέρουσα και μεγαλειώδη ιδέα την συναντούμε αρχικά σε σενάρια βιβλίων φαντασίας, σαν τον «Μάγο του Όζ» (Peddie, 2017), σε φουτουριστικές περιγραφές για το μέλλον του κινηματογράφου (Heilig, 1955/1992) και σε πρωτόλειες πολύ-αισθητηριακές μηχανικές συσκευές, όπως το Sensorama (Berryman, 2012). Στις μέρες μας όμως η τεχνολογία της επαυξημένης πραγματικότητας θα μπορούσε να χαρακτηριστεί μάλλον συνηθισμένη.

Ο όρος «επαυξημένη πραγματικότητα» αξιοποιείται για πρώτη φορά στις αρχές του 1990 στον χώρο της αεροπλοήγησης, και λίγο αργότερα ορίζεται από τον Ronald Azuma (1997) ως η τεχνολογία που : (α) συνδυάζει πραγματικά και εικονικά αντικείμενα σε ένα ρεαλιστικό πλαίσιο, β) παρέχει ευκαιρίες αλληλεπίδρασης σε πραγματικό χρόνο και γ) παρουσιάζει μια ακριβή καταγραφή τρισδιάστατων εικονικών και πραγματικών αντικειμένων. Έκτοτε η εξέλιξη των συστημάτων και των εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας υπήρξε ραγδαία, με αποτέλεσμα σήμερα να χρησιμοποιούνται ευρύτατα σε κάθε πεδίο δράσης του ανθρώπου διαμορφώνοντας, μεταβάλλοντας και αναπροσαρμόζοντας πτυχές και διαστάσεις του κοινωνικού χώρου. Η επαύξηση και ο εμπλουτισμός του ρεαλιστικού περιβάλλοντος με ψηφιακά – εικονικά αντικείμενα που συνυπάρχουν με τα πραγματικά οπωσδήποτε επιτρέπει μια «νέα», εκτεταμένη και διαφορετική θέαση του κόσμου, από την οποία η εκπαίδευση, με βάση μάλιστα και τα συμπεράσματα αρκετών βιβλιογραφικών ανασκοπήσεων (Chen, et al., 2016· Bacca, et al., 2014· Radu, 2014· 2012· Τζόρτζογλου & Σοφός, 2017· Τσιαβός & Σοφός, 2020· Koutromanos, Sofos & Avramidou, 2015), μπορεί και πρέπει να ωφεληθεί.

Το εύρος και το μέγεθος της προσφοράς των εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας (στο εξής AR) στον χώρο της εκπαίδευσης δεν μπορεί ακόμη να προσδιοριστεί με οποιοδήποτε βαθμό ακρίβειας. Συνιστά ένα ανοιχτό ζήτημα, το οποίο λόγω της συνεχιζόμενης τεχνολογικής εξέλιξης, της αυξανόμενης διάχυσης της χρήσης τους, αλλά και της ανίχνευσης ολοένα νέων τρόπων χρήσης βρίσκεται υπό διαρκή διερεύνηση. Ωστόσο, στην τρέχουσα επιστημονική παραγωγή διαπιστώνεται ότι η αξιοποίηση εφαρμογών AR συνεισφέρει στην διδακτικο-μαθησιακή διαδικασία ποικιλότροπα, συχνά αυξάνοντας την κινητοποίηση και την ενεργοποίηση των μαθητών/τριών (Kerawalla et al., 2006· Τσιαβός & Σοφός, 2020), ενισχύοντας την κατανόηση (Chantzi et al., 2013· Mikropoulos et al., 2020), υποβοηθώντας τη συγκράτηση γεγονότων και πληροφοριών (Chiang et al., 2014· Dede, 2009· Lee, 2012· Νικολαΐδου, Μπέλλου & Μικρόπουλος, 2019), οπτικοποιώντας φαινόμενα, καταστάσεις και λειτουργίες (Shelton & Hedley, 2002· Fleck, Hachet & Bastien, 2015), διευρύνοντας τις δυνατότητες χωρικής αντίληψης (Martín-Gutiérrez et al., 2010), επεκτείνοντας τις προοπτικές συνεργατικής μάθησης (Billinghurst, 2002· Φωκίδης & Φωνιαδάκη, 2017) και εν τέλει επαυξάνοντας τα μαθησιακά αποτελέσματα (Νικολαΐδου, Μπέλλου & Μικρόπουλος, 2019· Pérez López & Contero, 2013· Τσιαβός & Σοφός, 2020). Παράλληλα, η αποκόμιση αυτών των ωφελειών δεν είναι πάντα αυτονόητη, αλλά συνυφίνεται με το πλαίσιο και τις συνθήκες αξιοποίησης των εφαρμογών. Πολύ δε συχνά και κατ' αναλογία με τα περιβάλλοντα προσομοίωσης ή μοντελοποίησης, συναρτάται με πλαίσια και περιστάσεις χρήσης κατά τις οποίες, άλλοτε μεμονωμένα και άλλοτε σε συνδυασμό:

α) επιδιώκεται η κατανόηση και η επεξεργασία δυσνόητων και αφηρημένων εννοιών, φαινομένων και διαδικασιών, που είναι δύσκολο να διδαχθούν με συμβατικούς τρόπους (Βρέλλης, κ.α., 2020· Bacca et al., 2014· Fleck, Hachet & Bastien, 2015· Shelton & Hedley, 2002· Sin & Zaman, 2010· Μπάκα, 2018).

β) το υπό επαύξηση περιεχόμενο μάθησης αφορά σε αντικείμενα, χώρους ή περιβάλλοντα που είναι πολύ απομακρυσμένα, μη ορατά, επικίνδυνα, δύσκολα προσβάσιμα, απροσπέλαστα ή πεπερασμένα (Yen, Tsai & Wu, 2013· Βρέλλης, κ.α., 2020· Κουτρομάνος & Μπουντέκας, 2020· Μπάκα, 2018· Klopfer & Squire, 2008).

γ) η κατανόηση και η επεξεργασία του περιεχομένου μάθησης απαιτεί ενδελεχή διερεύνηση και ικανό βαθμό αλληλεπίδρασης με το υπό εξέταση αντικείμενο, τον χώρο ή τη διαδικασία (Koutromanos, Sofos & Avramidou 2015· Κουτρομάνος & Μπουντέκας, 2020).

δ) η αξιοποίηση των εφαρμογών ενσωματώνεται με συστηματικό και στοχευμένο τρόπο σε ένα άρτια σχεδιασμένο σενάριο διδασκαλίας και συνδυάζεται με τη χρήση άλλων διδακτικών μέσων και υλικών μάθησης (Κουτρομάνος & Μπουντέκας, 2020· Τσιαβός & Σοφός, 2020).

Αρκετές είναι οι περιοχές του σχολικού προγράμματος σπουδών που πληρούν προϋποθέσεις όπως οι παραπάνω και των οποίων η διδασκαλία θα μπορούσε να εμπλουτισθεί και να αναβαθμιστεί μέσω της αξιοποίησης εφαρμογών και συστημάτων AR. Παρόλα αυτά, οι σχετικές ανασκοπήσεις (Τζόρτζογλου & Σοφός, 2017· Chen et al., 2016· Bacca et al., 2014· Radu, 2014) διαπιστώνουν ότι το μεγαλύτερο μέρος των ερευνών και των παρεμβάσεων εστιάζουν στον χώρο των θετικών και φυσικών επιστημών, στοχεύοντας σε αντικείμενα μάθησης που παρουσιάζουν δυσκολίες στην κατανόησή τους και αναφέρονται σε έννοιες και γνώσεις που ξεπερνούν την καθημερινή – βιωματική εμπειρία των παιδιών. Μια από τις πιο πρόσφορες περιοχές αφορά στη διδασκαλία θεμάτων Αστρονομίας.

Έχοντας ως σημείο αναφοράς τις προσωπικές τους εμπειρίες οι μαθητές αγνοούν ή δυσκολεύονται να κατανοήσουν την ύπαρξη, το μέγεθος και τις κινήσεις των ουράνιων σωμάτων μέσα στο σύμπαν και να συνδέσουν την αστρονομία με την καθημερινή τους ζωή (Mastrokourou & Fokides, 2015· Yair, Schur & Mintz, 2003). Η βιβλιογραφία σχετικά με τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές εξαιτίας ποικίλων εναλλακτικών αντιλήψεων για

το ηλιακό σύστημα είναι εκτενής και εντοπίζει μία σειρά από ανασταλτικούς παράγοντες (Χαλκιά, 2014· Φωκίδης & Λιανού, 2016· Σιμιτζόγλου & Χαλκιά, 2007). Αρκετοί από αυτούς φαίνεται να συνδέονται τόσο με την αξιοποίηση συμβατικών μεθόδων και μορφών διδασκαλίας, όσο και με τα διδακτικά μέσα που αναπαράγουν και προωθούν τη δημιουργία εσφαλμένων εντυπώσεων (Korur, 2015· Linn & Eylon, 2006). Στο πλαίσιο αυτό και με δεδομένη τη δυσκολία κατανόησης ποικίλων αστρονομικών φαινομένων εκ μέρους των μαθητών, αλλά και την διαπιστωμένη ανάγκη προσέγγισης αυτών των φαινομένων μέσω οπτικοποιήσεων, προσομοιώσεων και αλληλεπιδραστικών εμπειριών με εμπράγματο προσανατολισμό (Φωκίδης & Λιανού, 2016), αρκετές είναι οι μελέτες που έχουν εστιάσει στην εξέταση της αξιοποίησης εφαρμογών AR στη διδασκαλία θεμάτων αστρονομίας. Τα αποτελέσματα των σχετικών ερευνών καταγράφουν αποδόμηση διαφόρων εναλλακτικών αντιλήψεων και πραγματοποίηση εννοιολογικών αλλαγών (Shelton & Hedley, 2002· 2003· Shelton & Stevens, 2004), βελτιώσεις στην κατανόηση των σχέσεων, κινήσεων και αλληλεπιδράσεων μεταξύ ουράνιων σωμάτων (Fleck, et al., 2015· Liou et al., 2017· Kerawalla et al., 2006· Fleck & Simon, 2013), ανάπτυξη στην αντίληψη χωρικών σχέσεων και ικανοτήτων παρατήρησης (Zhang et al., 2014· Fleck et al., 2015) και αύξηση των επιδόσεων των μαθητών (Μπάκα, 2018· Yen et al., 2013· Lee, 2012· Chiang, et al., 2014). Παράλληλα, βελτιωμένα εμφανίζονται τα επίπεδα ενδιαφέροντος και ικανοποίησης των ίδιων των συμμετεχόντων μαθητών από τη χρήση εφαρμογών AR στη διδασκαλία (Patrício, Costa & Manso, 2019· Sirakaya & Kiliç Çakmak, 2018· Tarnig et al., 2016· Sin & Zaman, 2010).

Από την άλλη μεριά, η εξέταση των γενικών μεθοδολογικών και άλλων χαρακτηριστικών των συναφών με τη διδασκαλία της αστρονομίας ερευνών οδηγεί στη διαπίστωση ότι οι μελέτες που επικεντρώνονται στο πλαίσιο της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης είναι λίγες. Επιπρόσθετα, οι εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας που αξιοποιούνται είναι κυρίως αυτοσχέδιες και έχουν ερευνητικό-δοκιμαστικό χαρακτήρα, οι περισσότερες μελέτες είναι πειραματικές ή ημι-πειραματικές και ο τρόπος ένταξης και ενσωμάτωσης των υλικών AR στο συνολικό διδακτικό σχεδιασμό των διενεργούμενων παρεμβάσεων δεν αποσαφηνίζεται επαρκώς. Ύστερα, το γεγονός της ύπαρξης πάρα πολλών δωρεάν διαθέσιμων προκατασκευασμένων εφαρμογών AR για θέματα αστρονομίας σε εμπορικούς ιστότοπους δεν μπορεί να αγνοηθεί, ιδιαίτερα αν σκεφθεί κανείς ότι ο ενδιαφερόμενος μάχιμος εκπαιδευτικός θα ανατρέξει κυρίως σε αυτές τις πηγές άντλησης εκπαιδευτικού υλικού και όχι στις επιστημονικές δημοσιεύσεις ερευνητών. Υπό το πρίσμα των διαπιστώσεων αυτών, αλλά και το γεγονός της ελλιπούς παρουσίας συναφών ερευνών στην ελληνική πραγματικότητα, η εργασία αυτή εστιάζει: (α) στον προσδιορισμό της επαύξησης των επιδόσεων των μαθητών Δημοτικού σχολείου μετά τη χρήση προκατασκευασμένων εφαρμογών AR στη διδασκαλία θεμάτων σχετικών με το ηλιακό σύστημα και (β) στην περιγραφή των εντυπώσεων και των εκτιμήσεών τους για τη διδασκαλία μέσω των εργαλείων αυτών.

Μεθοδολογία

Για την επίτευξη του ερευνητικού σκοπού, ο οποίος αναφέρεται στη διερεύνηση της επίδρασης της χρήσης εφαρμογών AR στη διδασκαλία και τη μάθηση θεμάτων αστρονομίας, καταλληλότερη αναδείχθηκε η μεικτή ερευνητική στρατηγική και ειδικότερα ο ενσωματωμένος (embedded design - Bryman, 2017) ή συγκλίνων ερευνητικός σχεδιασμός (convergent design - Cresswell & Plano Clark, 2017) κατά τον οποίο ο ερευνητής συλλέγει ταυτόχρονα και αναλύει δύο ξεχωριστές βάσεις δεδομένων (ποιοτικά και ποσοτικά δεδομένα), τις οποίες, στη συνέχεια, συγχωνεύει με σκοπό τη σύγκριση και τον συνδυασμό της ανάλυσης των αποτελεσμάτων.

Πίνακας 1. Ταξινόμηση στόχων και δραστηριοτήτων της παρέμβασης κατά Anderson & Krathwohl (2001)

Διάσταση γνώσης	Διάσταση γνωστικής διαδικασίας					
	Θυμάμαι	Κατανοώ	Εφαρμόζω	Αναλύω	Αξιολογώ	Δημιουργώ
Γνώση Γεγονότων	Δραστ. 1	Δραστ. 2	Δραστ.4	Δραστ. 4	Δραστ.4	
Εννοιολογική γνώση	Δραστ. 1	Δραστ. 2	Δραστ. 3	Δραστ. 4	Δραστ. 3 & 4	
Διαδικαστική Γνώση		Δραστ. 2	Δραστ.3			
Μεταγνώση						
Επιδιωκόμενοι στόχοι ανά δραστηριότητα						
Δραστηριότητα 1						
Να ονομάζουν και να αναγνωρίζουν τους πλανήτες του ηλιακού συστήματος						
Να ονομάζουν και να αναγνωρίζουν τα ουράνια σώματα που αποτελούν το ηλιακό σύστημα						
Να αναφέρουν παραδείγματα πλανητών, αστεροειδών και δορυφόρων του ηλιακού συστήματος						
Δραστηριότητα 2						
Να εκτιμούν και να εξηγούν τη θερμοκρασία κάθε πλανήτη (σύνδεση με την απόστασή από τον Ήλιο)						
Να γνωρίζουν τους πλανήτες που έχουν δακτυλίους						
Να εξηγούν την ύπαρξη δακτυλίων στους πλανήτες						
Δραστηριότητα 3						
Να εκτιμούν και να υπολογίζουν την ηλικία τους σε άλλους πλανήτες						
Να κάνουν γενικεύσεις βασισμένες στην περιφορά των πλανητών γύρω από τον Ήλιο						
Δραστηριότητα 4						
Να διακρίνουν και να κατανοούν τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των πλανητών αξιολογώντας τις συνέπειές τους σε επίπεδο διαβίωσης						
Να πραγματοποιούν συγκρίσεις μεταξύ των πλανητών και να αξιοποιούν τα αποτελέσματα των συγκρίσεών τους στη λύση συγκεκριμένων προβλημάτων						

Ο σχεδιασμός της διδακτικής παρέμβασης

Το πρώτο βήμα για την υλοποίηση του σχεδίου έρευνας περιλάμβανε την αναζήτηση και εύρεση πρόσφορης και κατάλληλης ενότητας της αστρονομίας, η οποία θα επέτρεπε την υλοποίηση μιας διδασκαλίας που θα βασιζόταν στην χρήση των εφαρμογών AR. Η διαπιστωμένη έλλειψη άμεσης εμπειρίας και η δυσκολία διδακτικής επεξεργασίας (Χαλκιά, 2007) σε συνδυασμό με την ύπαρξη μεγάλης ποικιλίας σχετικών και δωρεάν εφαρμογών AR στο διαδίκτυο, οδήγησαν στην επιλογή της ενότητας «Το ηλιακό μας σύστημα» από το βιβλίο Γεωγραφίας της ΣΤ΄ Δημοτικού. Το επόμενο βήμα εστίασε στην διαμόρφωση ενός κατάλληλου διδακτικού σεναρίου, το οποίο θα μπορούσε δυνητικά να εμπλουτίσει και να βελτιώσει τη συμβατική διδασκαλία της εν λόγω ενότητας και στο οποίο, η αξιοποίηση των εφαρμογών AR θα έβρισκε πρόσφορο έδαφος εφαρμογής. Έτσι, σχεδιάστηκε ένα διδακτικό σενάριο με τεχνοκρατικό προσανατολισμό και δραστηριότητες (Πίνακας 1), οι οποίες δεν βασίζονταν στο σχολικό εγχειρίδιο, αλλά διαμορφώθηκαν σύμφωνα με την αναθεωρημένη ταξινόμηση του Bloom, την οποία ανέπτυξαν οι Anderson και Krathwohl (2001).

Στη συνέχεια ακολούθησε διεξοδική έρευνα σε ιστότοπους, όπως το Google Play Store και το APKPURE για την εύρεση κατάλληλης προκατασκευασμένης εφαρμογής AR, η οποία θα μπορούσε να αξιοποιηθεί για την υλοποίηση του διδακτικού σεναρίου. Η αρχική αναζήτηση στα ηλεκτρονικά καταστήματα επέστρεψε μία λίστα 45 περίπου εφαρμογών σχετικών με το ηλιακό σύστημα, οι οποίες αποτέλεσαν αντικείμενο εξέτασης. Κύριο αντικείμενο της επεξεργασίας τους ήταν η επιλογή της καταλληλότερης στη βάση προαποφασισμένων κριτηρίων. Τα κύρια κριτήρια που λήφθηκαν υπόψη ήταν τα εξής:

α) Η εφαρμογή να είναι λειτουργική από τεχνικής άποψης και να μπορεί να αξιοποιηθεί σε ποικίλες συσκευές με διαφοροποιημένα χαρακτηριστικά

- β) Η εφαρμογή να διατίθενται δωρεάν και να είναι εύκολα προσβάσιμη από κάθε ενδιαφερόμενο μαθητή ή/και εκπαιδευτικό
- γ) Το περιεχόμενο της σε επίπεδο πληροφοριών να είναι πλήρες και ακριβές, τα κινούμενα γραφικά και οι απεικονίσεις να προσεγγίζουν όσο το δυνατό επαρκέστερα και ακριβέστερα την επιστημονική γνώση
- δ) Το περιβάλλον διεπαφής να περιλαμβάνει στοιχεία διαδραστικότητας και να είναι εύχρηστο για τις ηλικίες 11-12 ετών, το δε περιεχόμενο της εφαρμογής να ανταποκρίνεται στο επίπεδο μαθησιακής ετοιμότητας των μαθητών/τριών της ΣΤ' Δημοτικού
- ε) Το περιεχόμενο της εφαρμογής να ανταποκρίνεται όσο το δυνατό επαρκέστερα στις απαιτήσεις των μαθησιακών στόχων του διδακτικού σεναρίου.

Με βάση τα αποτελέσματα της επεξεργασίας αυτής, καμία από τις 45 εφαρμογές δεν πληρούσε καθ' ολοκληρία τα κριτήρια που τέθηκαν και στον βαθμό που θα ήταν επιθυμητό για τις ανάγκες της μελέτης, γεγονός που φανερώνει την έλλειψη ποιοτικού εκπαιδευτικού υλικού AR στα καταστήματα εφαρμογών και έχει ήδη επισημανθεί σε πρόσφατη σχετική επισκόπηση για έναν μεγάλο αριθμό εμπορικά διαθέσιμων εφαρμογών AR (O'Shea, & Scapin, 2020). Στο πλαίσιο αυτό και μετά την απόρριψη της πλειονότητας των υλικών έγινε γρήγορα κατανοητό ότι: (1) η επιδίωξη των μαθησιακών στόχων και η υλοποίηση του διδακτικού σεναρίου δεν θα μπορούσε να βασισθεί σε μία συγκεκριμένη εφαρμογή AR, (2) πιθανότατα θα έπρεπε να χρησιμοποιηθούν στοιχεία από περισσότερες και διαφορετικού τύπου εφαρμογές, (3) ότι η χρήση των εφαρμογών AR θα έπρεπε να συνδυαστεί με τη χρήση άλλων συμβατικών ή/και ψηφιακών υλικών μάθησης και (4) ότι η αξιοποίηση των εφαρμογών AR θα έπρεπε να ενσωματωθεί σε συγκεκριμένες διδακτικές δραστηριότητες, των οποίων το περιεχόμενο συνταιριάζονταν με τις δυνατότητές τους. Υπό το πρίσμα αυτών των διαπιστώσεων, αποφασίστηκε η αξιοποίηση τριών προκατασκευασμένων εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας, που πληρούσαν κάποιες από τις προϋποθέσεις και τα κριτήρια που τοποθετήθηκαν και οι οποίες είτε παρουσίαζαν το ηλιακό σύστημα ως σύνολο, είτε εστίαζαν σε επιμέρους στοιχεία του:

α) Η εφαρμογή «iSolarSystem», (<https://www.hartinipoli.gr/el/paidika/epayximeni-pragmatikotita/iliako-systima>), η οποία συνοδεύεται από το βιβλίο 'Ηλιακό Σύστημα' (Εκδότης πρωτότυπου: Carlton Books Ltd - Ελληνική Έκδοση: Χάρτινη Πόλη), και πραγματοποιήθηκε με τη συνεργασία του Αμερικανικού Μουσείου Φυσικής Ιστορίας της Νέας Υόρκης. Η εφαρμογή δίνει τη δυνατότητα τρισδιάστατης αναπαράστασης και επεξεργασίας του Ήλιου, των πλανητών, της επιφάνειας του Άρη, της Σελήνης, των μεγαλύτερων δορυφόρων του Δία και ιδιαίτερα της Ευρώπης, του αστεροειδή Ιτοκάουα και διάφορων διαστημόπλοιων, αλλά και του Ηλιακού συστήματος ως σύνολο, το οποίο όμως περιλαμβάνει μόνο τον Ήλιο, τους πλανήτες και κάποιους από τους δορυφόρους, αγνοώντας τα υπόλοιπα ουράνια σώματα από τα οποία αποτελείται.

β) Η εφαρμογή «PlanetARy» (<https://www.lpi.usra.edu/AR/>) του Ινστιτούτου Σελήνης και Πλανητών (Lunar & Planetary Institution, Universities Space Research Association - NASA Partner). Η εφαρμογή συνοδεύεται από 6 διαδραστικές αφίσες οι οποίες λειτουργούν ως ερέθισμα για την προβολή της τρισδιάστατης εικόνας στο πραγματικό περιβάλλον. Μέσα από αυτή, ο χρήστης μπορεί να δει, να επεξεργαστεί και να περιηγηθεί στον Άρη, τον Κρόνο και τους δορυφόρους του, την Σελήνη, τον Πλούτωνα και τον δορυφόρο του Χάρων, την Ευρώπη και την επιφάνεια της Δήμητρας, να επεξεργαστεί έναν μετεωρίτη αλλά και να μεταφερθεί στο εσωτερικό του διαστημικού σταθμού Απόλλων 11.

γ) Η εφαρμογή «AR/VR SolarSystem», (<https://apkpure.com/ar-vr-solar-system/org.mobpage.ARSolarSystem>). Πρόκειται για ερασιτεχνική εφαρμογή, η οποία

λειτουργεί σε συνδυασμό με ειδική αφίσα-marker. Σε αντίθεση με παρόμοιες εφαρμογές, η συγκεκριμένη δίνει την δυνατότητα αναπαράστασης του ηλιακού μας συστήματος ως σύνολο μέσα στο οποίο υπάρχουν πέρα από τον Ήλιο, τους πλανήτες και τους δορυφόρους τους, οι ζώνες των αστεροειδών. Παράλληλα, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να μεγεθύνει, να μελετήσει αληθοφανείς κινήσεις περιφοράς και περιστροφής των πλανητών και να παρατηρήσει τους δακτυλίους Κρόνου και Ουρανού.

Όπως προειπώθηκε όλες οι επιλεγμένες εφαρμογές είχαν ενδιαφέροντα στοιχεία, αλλά και ελλείψεις ή αδυναμίες. Καμία δεν ήταν επιστημονικά τεκμηριωμένη ως προς την εκπαιδευτική της χρήση πέρα από το γεγονός ότι συχνά αναφέρονταν παραδειγματικά στο πλαίσιο ορισμένων συναφών δημοσιεύσεων (Debnath, Pathak & Badoni, 2021· Kasinathan et al., 2018· Cavas & Kulha, 2021). Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, η χρήση των επιλεγμένων εφαρμογών συνδέθηκε και συσχετίστηκε οργανικά με τις δραστηριότητες του σχεδίου διδασκαλίας, εμπλουτίστηκε με τη χρήση και άλλων πρόσθετων εκπαιδευτικών υλικών και μ' αυτό τον τρόπο ολοκληρώθηκε η σχεδίαση του διδακτικού σεναρίου.

Μέθοδοι συλλογής δεδομένων και στοιχεία ερευνητικής διαδικασίας

Με γνώμονα το περιεχόμενο των διδακτικών στόχων του σεναρίου διδασκαλίας και τη διατύπωσή τους με τη μορφή μαθησιακών αποτελεσμάτων (Πίνακας 1), σχεδιάστηκαν και ακολούθως διαμορφώθηκαν τα εργαλεία συλλογής ερευνητικών δεδομένων και οργανώθηκε το ερευνητικό πλαίσιο παρέμβασης. Στην έρευνα συμμετείχαν 15 μαθητές (5 αγόρια και 10 κορίτσια) ηλικίας 11-12 ετών που φοιτούσαν στην ΣΤ' τάξη ενός Δημοτικού σχολείου της Κατερίνης την εαρινή περίοδο του σχολικού έτους 2018-2019. Το δείγμα της μελέτης ήταν μη πιθανοτήτων και η δειγματοληψία που επιλέχθηκε ήταν βολική ή ευκαιριακή. Η σχεδιαζόμενη διδακτική παρέμβαση υλοποιήθηκε στο διάστημα 8-10 ωρών και τα ερευνητικά εργαλεία που αξιοποιήθηκαν ήταν τα εξής:

- **Διαγνωστικό τεστ προελέγχου γνώσεων και ικανοτήτων των μαθητών:** Το διαγνωστικό τεστ, δόθηκε στους μαθητές μετά από την πραγματοποίηση επαναληπτικού συμβατικού μαθήματος για το ηλιακό σύστημα και πριν την διδακτική παρέμβαση με εργαλεία AR και είχε ως στόχο την αξιολογική αποτίμηση ήδη κατακτημένων γνώσεων των μαθητών. Η εξέταση ήταν βασισμένη αποκλειστικά στο περιεχόμενο του κεφαλαίου «Ηλιακό σύστημα», έτσι όπως αυτό παρουσιάζεται στο βιβλίο και το τετράδιο εργασιών του μαθητή της Γεωγραφίας της ΣΤ' δημοτικού. Η διάρκεια της εξέτασης ανέρχονταν στα 45 περίπου λεπτά και εμπεριείχε 16 ερωτήσεις κλειστού τύπου, οι οποίες αναφέρονταν κυρίως στη «μνήμη γεγονότων» (Remembering Factual Knowledge).
- **Συμπληρωμένα φύλλα εργασίας διδακτικών δραστηριοτήτων:** Τα φύλλα εργασίας αντιστοιχούσαν στις 4 δραστηριότητες που υλοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης με εργαλεία AR. Απαντήθηκαν από τους μαθητές κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας και βοήθησαν στην αποτύπωση και περιγραφή της προόδου των μαθητών και του σκεπτικού τους κατά την εκπόνηση των δραστηριοτήτων.
- **Εξεταστική δοκιμασία μεταελέγχου γνώσεων και ικανοτήτων των μαθητών:** Η τελική εξεταστική δοκιμασία αναφέρονταν στην μέτρηση του βαθμού επαύξησης γνώσεων και δεξιοτήτων των μαθητών μετά την διδακτική παρέμβαση με τα εργαλεία AR, έτσι όπως αυτός μπορούσε να διαγνωσθεί μέσα από την σύγκριση των επιδόσεων των μαθητών στον προέλεγχο. Η εξέταση είχε διάρκεια 45 λεπτά και περιλάμβανε 19 ερωτήσεις ανοικτού και κλειστού τύπου, οι οποίες αναφέρονταν σε πολλαπλά επίπεδα της στοχοταξινομίας των Anderson και Krathwohl (2001).
- **Ερωτηματολόγιο καταγραφής αντιλήψεων και εκτιμήσεων των μαθητών:** Στόχος του ερωτηματολογίου ήταν να καταγραφούν οι απόψεις των μαθητών για τις εφαρμογές AR και να αποτυπωθούν οι εκτιμήσεις τους για τη διδακτική παρέμβαση και την

αποτελεσματικότητά της. Περιλάμβανε συνολικά 6 ερωτήσεις ανοιχτού και κλειστού τύπου (δικοτομικές, πολλαπλής επιλογής, ανοιχτές και τύπου Likert). Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου πραγματοποιήθηκε μετά την εξεταστική δοκιμασία μεταελέγχου και διήρκησε 30 λεπτά.

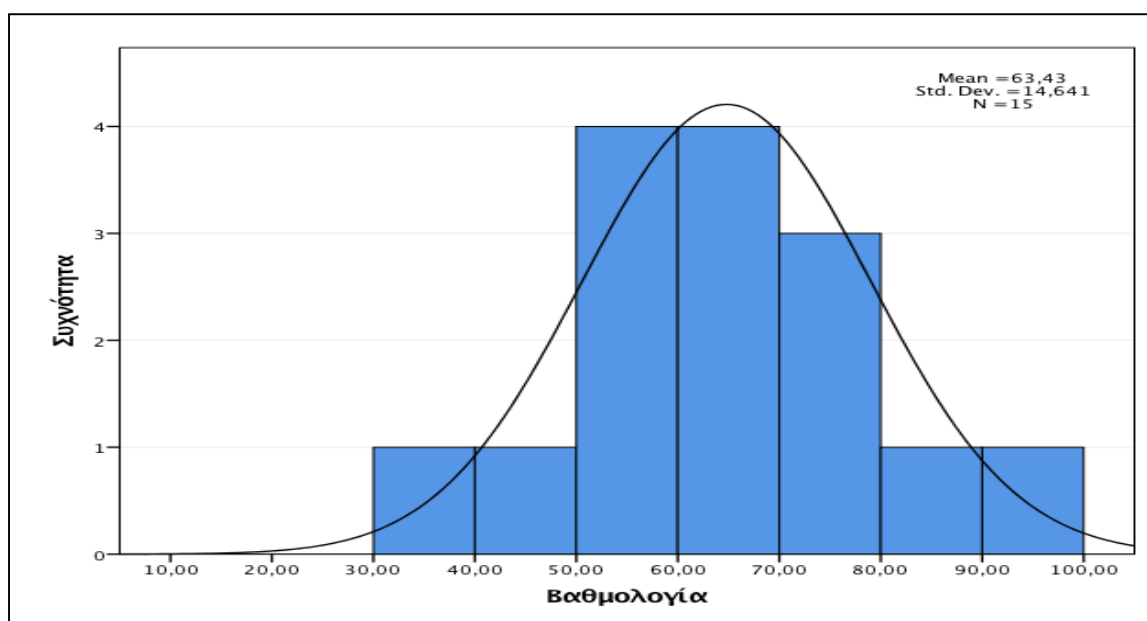
- Ημερολόγιο ερευνήτριας:** Το ημερολόγιο αξιοποιήθηκε για την περιγραφή των γεγονότων και των βιωμάτων της ερευνήτριας κατά τη διάρκεια της παρέμβασης αλλά και την καταγραφή των συναισθημάτων και των εκτιμήσεών της για τα γεγονότα και τα συμβάντα της παρέμβασης. Αποτύπωνε σύντομα και περιεκτικά τον τρόπο που πραγματοποιήθηκε η εναλλακτική διδασκαλία με τις εφαρμογές AR, ενώ περιείχε παρατηρήσεις σχετικά με το κλίμα, τις δυσκολίες, τα σχόλια, τα συναισθήματα, τις σκέψεις, τις εντυπώσεις και τα συμπεράσματά τόσο της ίδιας, όσο και των συμμετεχόντων μαθητών.

Συμπερασματικά, οι παραπάνω μέθοδοι συλλογής δεδομένων ήταν μεικτού τύπου, οδήγησαν στην συγκέντρωση ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων και τα δεδομένα συλλέχθηκαν ταυτόχρονα. Αν και δόθηκε προτεραιότητα στη συλλογή ποσοτικών δεδομένων, από την άλλη μεριά, τα ποιοτικά συμπλήρωσαν τα ποσοτικά, παρείχαν πρόσθετη και διαφορετικού επιπέδου πληροφόρηση και αναφέρονταν σε διαφορετικά σκέλη του ερευνητικού σκοπού. Με βάση τον συγκλίνοντα σχεδιασμό (Cresswell & Plano Clark, 2017), τα δύο σύνολα δεδομένων αναλύθηκαν μέσα από διαφορετικές διαδικασίες και στην συνέχεια συγχωνεύτηκαν με σκοπό την εύρεση συγκλίσεων στα αποτελέσματα.

Αποτελέσματα

Επιδόσεις των μαθητών κατά την αρχική εξεταστική δοκιμασία

Ο συνολικός μέσος όρος των επιδόσεων των μαθητών στην αρχική διαγνωστική δοκιμασία ανέρχονταν στο 63,4% της συνολικής βαθμολογίας, γεγονός που φανερώνει ένα μέτριο αποτέλεσμα ως προς τις επιδόσεις των παιδιών. Το χαμηλότερο σκορ που σημειώθηκε ήταν 37,5%, ενώ το μεγαλύτερο 87,5% (Σχήμα 1).



Σχήμα 1. Κατανομή των βαθμολογικών επιδόσεων των μαθητών στον προέλεγχο

Οι μαθητές δεν είχαν αφομοιώσει πλήρως όσα είχαν διδαχθεί για το ηλιακό σύστημα τόσο κατά την έναρξη του σχολικού έτους, όσο και κατά την επαναληπτική διδασκαλία της εν λόγω ενότητας που είχε πραγματοποιηθεί λίγο πριν την υλοποίηση της εξέτασης. Παρ' όλα αυτά, η μέτρια βαθμολογία στην δοκιμασία δεν αντικατοπτρίζονταν στις εκτιμήσεις των ίδιων των παιδιών για την εξέταση. Σύμφωνα με τα δεδομένα που προήλθαν από το ημερολόγιο της ερευνήτριας, οι μαθητές απάντησαν πολύ γρήγορα. Δεν εξέφρασαν καμία απορία ως προς το περιεχόμενο των ερωτήσεων ή τον τρόπο συμπλήρωσής τους, ενώ στην πλειονότητά τους έκριναν την δοκιμασία ως εξαιρετικά εύκολη για το επίπεδο των γνώσεων τους.

«Η εκπαιδευτικός της τάξης μοίρασε στους μαθητές την πρώτη εξεταστική δοκιμασία, την οποία συμπλήρωσαν πολύ γρήγορα δίχως να εκφράσουν απορίες για τις ερωτήσεις των ασκήσεων. Όπως επισήμαναν τα παιδιά, η εξέταση δεν τους δυσκόλεψε καθόλου καθώς, στις αρχές του σχολικού έτους, είχαν μιλήσει για το Ηλιακό σύστημα, επομένως γνώριζαν «όλες τις απαντήσεις των ερωτήσεων», οι οποίες τους φάνηκαν «πανεύκολες» και «ήταν παιχνιδάκι» για αυτούς. Μάλιστα, τα παιδιά είπαν πως περίμεναν ένα τεστ με πιο δύσκολες ερωτήσεις. Εξάιρεση αποτέλεσε μία μόνο μαθήτρια, η οποία εξέφρασε την δυσκολία που αντιμετώπισε στη συμπλήρωσή του...» (Απόσπασμα από το ημερολόγιο της ερευνήτριας)

Το γεγονός αυτό, φανερώνει πως οι μαθητές/τριες υπερεκτίμησαν τις δυνατότητές τους ως προς το περιεχόμενο της εξέτασης. Οι ερωτήσεις θεωρήθηκαν εύκολες από τους/τις μαθητές/τριες διότι πίστευαν πως γνώριζαν τις απαντήσεις. Ωστόσο, δεν κατάφεραν να απαντήσουν σωστά σε αρκετά ερωτήματα, γεγονός που αποτυπώθηκε στις μέτριες βαθμολογίες του τμήματος.

Δραστηριότητες διδακτικής παρέμβασης

Μετά την ολοκλήρωση της αρχικής εξεταστικής δοκιμασίας ακολούθησε η πραγματοποίηση της διδακτικής παρέμβασης, η οποία διέφερε σημαντικά από μία συνηθισμένη μετωπικού τύπου διδασκαλία με γνώμονα το σχολικό εγχειρίδιο και περιλάμβανε τέσσερις δραστηριότητες. Στην πρώτη δραστηριότητα, οι μαθητές/τριες ασχολήθηκαν με τα μέρη του ηλιακού συστήματος και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους. Οι ομάδες των παιδιών χρησιμοποιώντας τις εφαρμογές AR, παρατήρησαν από κοντά το Ηλιακό σύστημα, επισήμαναν και κατέγραψαν τα ιδιαίτερα γνωρίσματα των ουράνιων σωμάτων και πραγματοποίησαν προβλέψεις για ορισμένα από αυτά. Όπως υπογράμμισαν, αυτό που τους εντυπωσίασε περισσότερο ήταν η δυνατότητα απεικόνισής τους από πολύ κοντά, αλλά και το γεγονός ότι πολλά από τα ουράνια σώματα που συναποτελούν το ηλιακό σύστημα δεν παρουσιάζονται στο σχολικό βιβλίο.

«... αυτό που τους ενθουσίασε τους ήταν ότι μπόρεσαν να δουν την εσωτερική δομή των ουράνιων σωμάτων» (Απόσπασμα από το ημερολόγιο της ερευνήτριας)

Στη δεύτερη δραστηριότητα οι μαθητές κατάφεραν να εντοπίσουν τους θερμότερους και ψυχρότερους πλανήτες και στη συνέχεια να συνδέσουν την θερμοκρασία ενός πλανήτη με την απόστασή του από τον Ήλιο. Δυσκολίες αντιμετωπίστηκαν στον εντοπισμό των δακτυλίων του Ποσειδώνα, κυρίως λόγω της μη ευκρινούς αναπαράστασής τους στις εφαρμογές. Ωστόσο, όλοι εξεπλάγησαν όταν ανακάλυψαν ότι υπάρχουν περισσότεροι του ενός πλανήτες, οι οποίοι έχουν δακτυλίους, αλλά και όταν εξέτασαν τη σύσταση των δακτυλίων.

«... μεγάλη (ήταν η) απορία (τους) όταν ανακάλυψαν πως, εκτός από τον Κρόνο υπάρχουν, κι άλλοι πλανήτες που έχουν δακτυλίους. Επιπλέον, εντυπωσιάστηκαν από το γεγονός ότι ο δακτύλιος δεν είναι ένα σώμα αλλά μικρά σωματίδια τα οποία δεν είναι ενωμένα μεταξύ τους» (Απόσπασμα από το ημερολόγιο της ερευνήτριας)

Στην τρίτη δραστηριότητα οι μαθητές δυσκολεύτηκαν αρκετά, όχι όμως ως προς την πρόβλεψη της ηλικίας τους σε άλλους πλανήτες και την κατανόηση της περιφοράς των

πλανητών γύρω από τον Ήλιο. Οι μαθηματικές πράξεις που απαιτούνταν για τον υπολογισμό της ηλικίας ήταν αυτές που προσλήφθηκαν ως σύνθετες και κουραστικές. Με την παρέμβαση της ερευνήτριας κατάφεραν εν τέλει να ολοκληρώσουν με επιτυχία τις συγκεκριμένες ασκήσεις και να επεξεργαστούν ζητήματα σχετικά με τη ηλικία αλλά και τη διάρκεια της ζωής.

«... μέσα από τη χρήση του υλικού AR... μπόρεσαν να υπολογίσουν την ηλικία τους. Όταν, όμως, έπρεπε να χρησιμοποιήσουν τα μαθηματικά... πανικοβλήθηκαν. Αρχισαν να λένε πως «τα μαθηματικά είναι δύσκολα», πως «δεν είναι καλοί στα μαθηματικά» και πως οι πράξεις «είναι απίστευτα δύσκολες». Αφού εξήγησα αναλυτικά τις πράξεις που έπρεπε να κάνουν, έδειξα κάποια παραδείγματα στον πίνακα... έλυσαν τελικά την άσκηση» (Απόσπασμα από το ημερολόγιο της ερευνήτριας).

Στην τελευταία δραστηριότητα, παρά τις δυσκολίες που ενείχε η διατύπωση επιχειρημάτων για τη δημιουργία αποικίας στον πλανήτη Άρη, αλλά και τη διατύπωση προβλέψεων για τη καθημερινή ζωή στην αποικία, οι επιδόσεις των μαθητών ήταν εξαιρετικά υψηλές. Όλες οι ομάδες απάντησαν επιτυχώς στα ερωτήματα της δραστηριότητας καταγράφοντας σχετικά και σημαντικά στοιχεία, πραγματοποιώντας συγκρίσεις και κάνοντας υποθέσεις για το μέλλον. Στην εύρεση και διατύπωση των επιχειρημάτων τεκμηρίωσης της θέσης τους υποστηρίχθηκαν σημαντικά από τις πληροφορίες που προσφέρονταν μέσω των εφαρμογών AR. Όπως στην πρώτη δραστηριότητα, έτσι και εδώ, εκείνο που εντυπωσίασε τους μαθητές ήταν η δυνατότητα «άμεσης» επαφής με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των ουράνιων σωμάτων καθώς και η δυνατότητα αλληλεπίδρασης μαζί τους.

«Η τελευταία δραστηριότητα ενθουσίασε... Το γεγονός ότι μπορούσαν να δουν, να επεξεργαστούν και να προβάλλουν μέσα από τα υλικά το έδαφος και κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των πλανητών ενίσχυσε το ενδιαφέρον τους» (Απόσπασμα από το ημερολόγιο της ερευνήτριας)

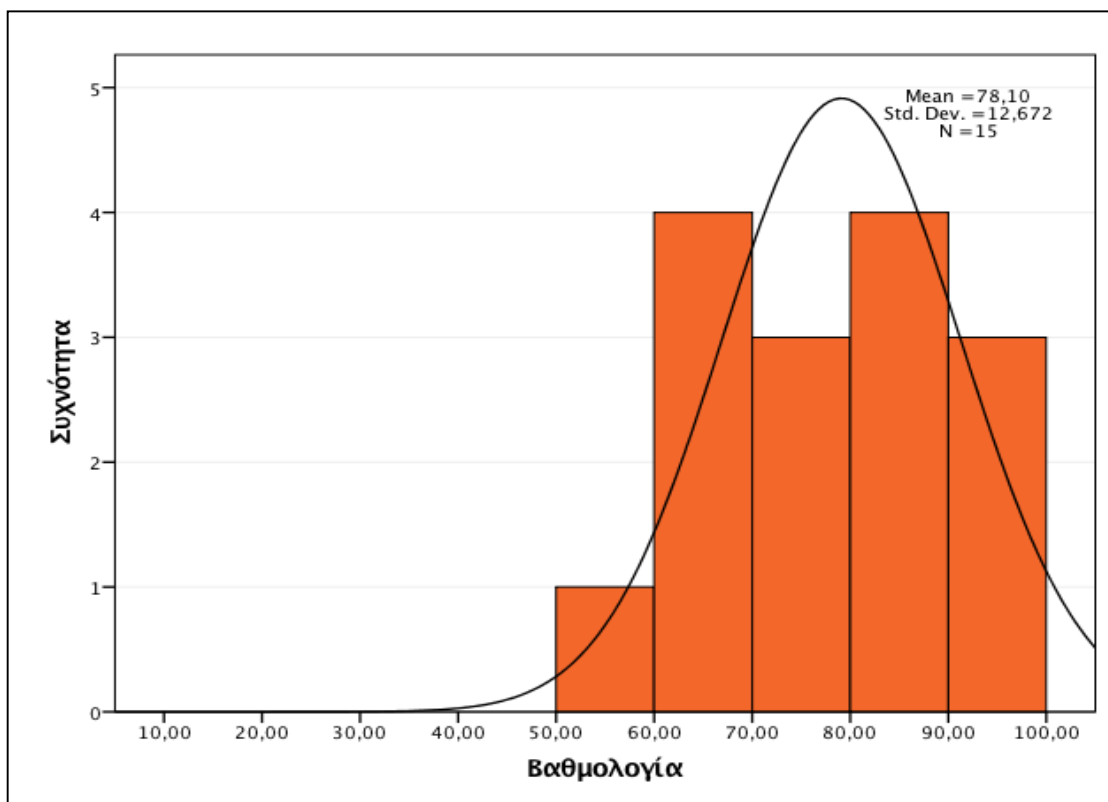
«...μπορούσαν να δουν τους πλανήτες και τα υπόλοιπα γνωστά ή άγνωστα ουράνια σώματα, που βρίσκονται πολύ μακριά, να ζωντανεύουν μπροστά τα μάτια τους με έναν μοναδικό τρόπο... όταν μία ομάδα τελείωνε νωρίτερα... συνέχιζε να χρησιμοποιεί τις εφαρμογές για να ανακαλύψει νέα στοιχεία» (Απόσπασμα από το ημερολόγιο της ερευνήτριας)

Συνοψίζοντας, οι επιδόσεις των μαθητών στις ερωτήσεις, τις ασκήσεις και τις δραστηριότητες των φύλλων εργασίας ήταν υψηλές. Η χρήση των υλικών AR εντυπωσίασε προσφέροντας με έμμεσο και αυθόρμητο τρόπο γνώσεις, οι οποίες αιφνιδίασαν, παραξένεψαν και εξέπληξαν. Ο συνδυασμός εικονικότητας και πραγματικότητας για αντικείμενα τα οποία βρίσκονται δεκάτομμυρια έτη φωτός μακριά προκάλεσε ενδιαφέρον και αύξησε την προσήλωση στο περιεχόμενο των δραστηριοτήτων. Σημαντικές επίσης ήταν η ενεργοποίηση των μαθητών και η διαρκής κίνηση και αλληλεπίδραση στην αίθουσα, οι συνομιλίες και οι συζητήσεις στο πλαίσιο της ομαδικής εργασίας.

Επιδόσεις κατά την τελική - συμπερασματική δοκιμασία

Στην εξεταστική δοκιμασία που πραγματοποιήθηκε μετά την διδακτική παρέμβαση, το μέσο ποσοστό επίδοσης του συνόλου των μαθητών σε όλες τις ερωτήσεις της δοκιμασίας ξεπέρασε το 78%. Πιο αναλυτικά, το μεγαλύτερο σκορ που σημειώθηκε ήταν το 94,5% (Σχήμα 2), ενώ το μικρότερο 57%, με τον πρώτο μαθητή να απαντάει σωστά στις 18 από τις 19 συνολικά ερωτήσεις του τεστ. Θετικό επίσης ήταν το γεγονός ότι κανείς από τους μαθητές δεν άγγιξε ποσοστό κάτω της βάσης του 50%. Οι επιδόσεις, λοιπόν, κινήθηκαν μεταξύ μίας καλής έως άριστης βαθμολογίας, η οποία πιθανολογούμε ότι οφείλονταν στην διδασκαλία που προηγήθηκε και στην οποία συνέβαλε η χρήση των εφαρμογών AR.

Αναφορικά με τη διαδικασία της εξέτασης, θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι μαθητές χρειάστηκαν περίπου μία ώρα για να απαντήσουν στο τεστ. Οι κλειστού τύπου ερωτήσεις συμπληρώθηκαν σχετικά γρήγορα και εύκολα. Δεν συνέβη όμως το ίδιο και με τις ανοιχτές ερωτήσεις, οι οποίες φάνηκε πως δυσκολεύουν.



Σχήμα 2. Κατανομή των βαθμολογικών επιδόσεων των μαθητών στον μετα-έλεγχο

«Μετά την συμπλήρωση της εξεταστικής δοκιμασίας τα παιδιά τόνισαν πως «το τεστ ήταν απαιτητικό», ωστόσο κατάφεραν να απαντήσουν σε όλες τις ερωτήσεις με εξαίρεση την ερώτηση 7» (Απόσπασμα από το ημερολόγιο της ερευνήτριας)

Αρκετοί διατύπωσαν απορίες σχετικά με το περιεχόμενο της απάντησής τους σε δύο εκ των ανοιχτών ασκήσεων της δοκιμασίας (Άσκηση 6: Διατύπωση επιχειρημάτων για την αδυναμία επιβίωσης στην Αφροδίτη και Άσκηση 8: Διατύπωση αξιολογικής κρίσης για τις δυνατότητες επιβίωσης στην Αφροδίτη και τον Ποσειδώνα) και αναρωτιόνταν αν υπάρχει μόνο μία σωστή απάντηση, ενώ σε μία ερώτηση που απαιτούσε την πραγματοποίηση μαθηματικών πράξεων για τον υπολογισμό της ηλικίας στον Δία, ορισμένοι παραπονέθηκαν και δεν ολοκλήρωσαν την προσπάθεια.

Σύγκριση επιδόσεων προελέγχου & μετα-ελέγχου

Για να εξεταστεί ο βαθμός διαφοροποίησης της επίδοσης των μαθητών ανάμεσα στην πρώτη και την δεύτερη εξέταση πραγματοποιήθηκε t-test για συσχετιζόμενα δείγματα (paired samples t-test). Προέκυψε, λοιπόν, ότι οι διαφορές μεταξύ προελέγχου και μεταελέγχου ήταν στατιστικά σημαντικές (Πίνακας 2). Οι μαθητές είχαν κατά μέσο όρο καλύτερη επίδοση στην εξέταση που πραγματοποιήθηκε αμέσως μετά την διδακτική παρέμβαση σε σχέση με την επίδοση που σημείωσαν στη διαδικασία προελέγχου. Ειδικότερα, κατάφεραν να συγκεντρώσουν 14,6 επιπλέον ποσοστιαίες μονάδες αυξάνοντας την μέση βαθμολογία τους από το 63,4% στο 78,1%. Στον προέλεγχο το μικρότερο σκορ που σημειώθηκε ήταν 38,5, ενώ στον μεταέλεγχο 57%. Μικρότερη ήταν η βελτίωση στο επίπεδο του μέγιστου βαθμού (από 90% στον προέλεγχο σε 94,5% στον μεταέλεγχο) δημιουργώντας την εντύπωση ότι η παρέμβαση ωφέλησε περισσότερο τους αδύναμους ή/και μέτριους μαθητές.

Πίνακας 2. Σύγκριση αποτελεσμάτων προελέγχου - μεταελέγχου

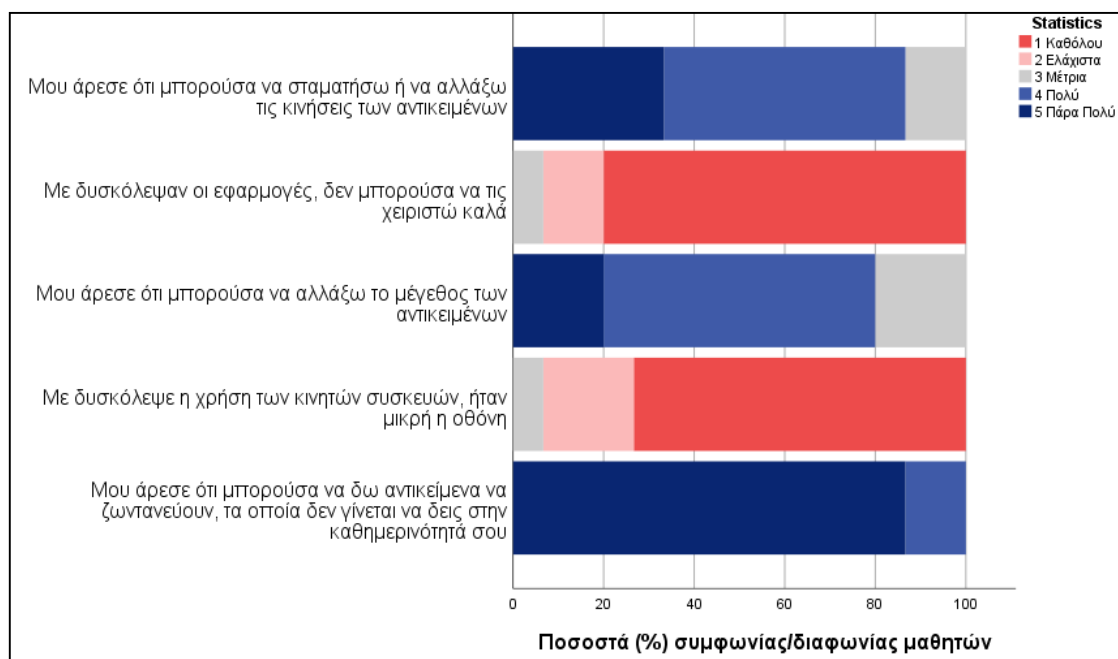
	Τεστ Κανονικότητας					
	Δοκιμασία Kolmogorov- Smirnov			Δοκιμασία Shapiro-Wilk		
	Τιμή τεστ	Βαθμοί Ελευθερίας	Τιμή p	Τιμή τεστ	Βαθμοί Ελευθερίας	Τιμή p
Γενική επίδοση προελέγχου	0.1	15	0.2	0.9	15	0.8
Γενική επίδοση μεταελέγχου	0.1	15	0.2	0.9	15	0.2
t-test για συσχετιζόμενα δείγματα						
	Μέση διαφορά	Τυπική απόκλιση	Τυπικό λάθος	Τιμή t	Βαθμοί Ελευθερίας	Τιμή p
Γενική επίδοση προελέγχου - μεταελέγχου	-14.6	12.3	1.1	-4.6	14	0.0

Σε κάθε περίπτωση η διαφορά μεταξύ των μέσων όρων των δοκιμασιών ήταν αυξημένη, ιδιαίτερα αν ληφθεί υπόψη ότι οι δοκιμασίες προελέγχου - μεταελέγχου δεν ήταν ισοδύναμες από την άποψη της δυσκολίας των ερωτήσεων που περιλάμβαναν. Καθότι η βελτίωση των επιδόσεων θεωρήθηκε εξαρχής δεδομένη, οι εξεταστικές δοκιμασίες κατασκευάστηκαν έτσι ώστε να είναι σκόπιμα άνισες στα επίπεδα δυσκολίας και περιπλοκότητας. Στο πλαίσιο αυτού του συλλογισμού, το τεστ μετά την παρέμβαση υπερέβαινε σημαντικά τις απαιτήσεις στόχων και περιεχομένου του σχολικού βιβλίου και στόχευε στην διάγνωση του βαθμού επαύξησης που μπορεί να προέλθει από τη χρήση των εφαρμογών AR και την ενσωμάτωση αυτής της χρήσης σε ένα διδακτικό σενάριο με απαιτητικότερους στόχους και σύνθετο περιεχόμενο. Κατά συνέπεια, η μέση διαφορά των 14,6 ποσοστιαίων μονάδων υπέρ της εξέτασης μετά την παρέμβαση είναι δηλωτική του επιπέδου κατανόησης και εν τέλει απόδοσης που μπορεί να επιτευχθεί, όταν η διδασκαλία σχεδιάζεται κατάλληλα και υποστηρίζεται από διδακτικά μέσα που εξυπηρετούν με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τον σκοπό της.

Οι απόψεις των μαθητών για τη διδασκαλία και τις εφαρμογές AR

Για τη διερεύνηση των αντιλήψεων των μαθητών σχετικά με τις εφαρμογές AR και τη διδασκαλία για το ηλιακό σύστημα αξιοποιήθηκε η συμπλήρωση ενός αυτοσχέδιου ερωτηματολογίου. Με βάση τις απαντήσεις που συλλέχθηκαν από τους μαθητές, οι 12 από τους 15 συνολικά (80%) δεν είχαν χρησιμοποιήσει ποτέ στο παρελθόν εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας. Κατά συνέπεια, οι περισσότεροι δεν γνώριζαν ούτε τί ήταν πριν την διδακτική παρέμβαση, ούτε και πώς λειτουργούσαν. Ως προς τις συγκεκριμένες εφαρμογές που χρησιμοποιήθηκαν στο μάθημα (iSolarSystem, ARSolarSystem και PlanetARy), η πλειονότητα των μαθητών (12/15 παιδιά - ποσοστό 80%) απάντησε ότι όλες ήταν εξίσου ικανοποιητικές. Εξαιρέση αποτέλεσαν 3 μαθητές της τάξης, οι οποίοι έδειξαν την προτίμησή τους προς την εφαρμογή iSolarSystem, η οποία λειτουργούσε σε συνδυασμό με τη χρήση έντυπου βιβλίου. Επιπρόσθετα, τόσο στα κλειστά όσο και στα ανοιχτά ερωτήματα του ερωτηματολογίου οι μαθητές σχολίασαν θετικά τις εφαρμογές και τα χαρακτηριστικά τους. Συγκεκριμένα, οι περισσότεροι εκτίμησαν θετικά τη δυνατότητα επεξεργασίας του μεγέθους των αντικειμένων που παρουσίαζαν οι εφαρμογές, καθώς και το ότι μπορούσαν να διαχειριστούν και να επεξεργαστούν τις κινήσεις των ουράνιων σωμάτων, ενώ δήλωσαν ότι τους άρεσε η δυνατότητα να ζωντανεύουν αντικείμενα τα οποία δεν μπορούσαν να δουν από κοντά στην καθημερινότητά τους. Ταυτόχρονα, τα παιδιά δήλωσαν πως μπόρεσαν να

διαχειριστούν καλά τις εφαρμογές AR δίχως να αντιμετωπίσουν σοβαρές δυσκολίες στη χρήση τους (Σχήμα 3 και Πίνακας 3).



Σχήμα 3. Οι εκτιμήσεις των μαθητών για τις εφαρμογές AR

Πίνακας 3. Μέσοι όροι δηλώσεων Likert σχετικών με τις εφαρμογές AR

Προτάσεις - Δηλώσεις Likert	Μέσος Όρος	Τυπική απόκλιση
Μου άρεσε ότι μπορούσα να δω αντικείμενα να ζωντανεύουν, τα οποία δεν γίνεται να δεις στην καθημερινότητά σου	4.8	0.3
Με δυσκόλεψε η χρήση των κινητών συσκευών, ήταν μικρή η οθόνη	1.3	0.6
Μου άρεσε ότι μπορούσα να αλλάξω το μέγεθος των αντικειμένων	4.0	0.6
Με δυσκόλεψαν οι εφαρμογές, δεν μπορούσα να τις χειριστώ καλά	1.2	0.5
Μου άρεσε ότι μπορούσα να σταματήσω ή να αλλάξω τις κινήσεις των αντικειμένων	4.2	0.6

Τα δεδομένα των κλειστών ερωτήσεων φαίνεται να επιβεβαιώνονται και από συγκεκριμένους σχολιασμούς ποιοτικού τύπου, οι οποίοι πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο των ανοιχτών ερωτήσεων. Σε αυτούς τους σχολιασμούς τα 2/3 των μαθητών αναφέρθηκαν στη χρήσιμη δυνατότητα τριοδιάστατης απεικόνισης του ηλιακού συστήματος, την αληθοφάνεια των απεικονίσεων και αναπαραστάσεων, καθώς και την επεξεργασία της εξωτερικής επιφάνειας και της εσωτερικής σύστασης και δομής των μετεωριτών και των υπόλοιπων ουράνιων σωμάτων.

«είδα τα χρώματα που έχουν οι πλανήτες»

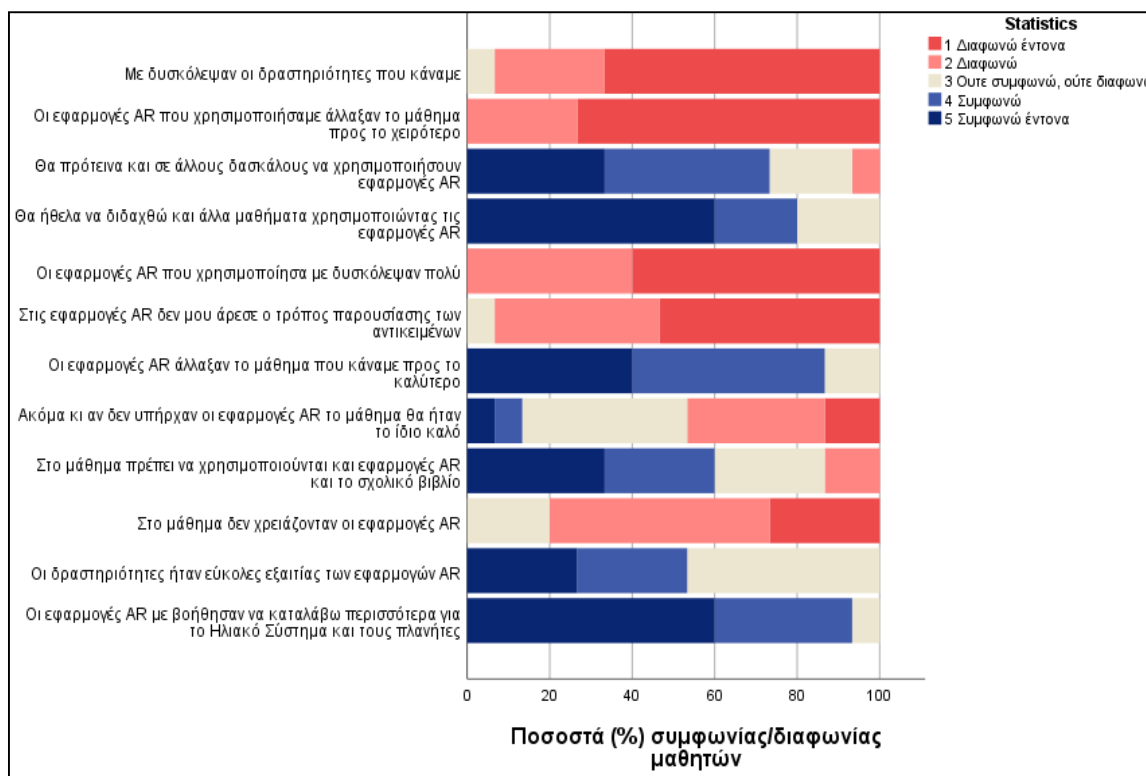
«...μπορούσες να κόψεις και να δεις πως είναι το εσωτερικό του... να δεις την επιφάνεια από τους μετεωρίτες»

«...μπορώ να το δω πιο αναλυτικά»

«μου άρεσε ότι μπορούσα να δω τον κάθε πλανήτη ξεχωριστά μαζί με τους δορυφόρους»

«οι πλανήτες φαίνονταν πολύ αληθινοί»

«...μπορούσες να πιάσεις τους πλανήτες»



Σχήμα 4. Οι εκτιμήσεις των μαθητών για την αξιοποίηση των υλικών AR στη διδασκαλία

Πίνακας 4. Μέσοι όροι δηλώσεων σχετικά με τη χρήση των εφαρμογών AR στη διδασκαλία

Προτάσεις - Δηλώσεις Likert	Μέση Τιμή	Τυπική απόκλιση
Οι εφαρμογές AR με βοήθησαν να καταλάβω περισσότερα για το Ηλιακό Σύστημα και τους πλανήτες	4.5	0.6
Οι εφαρμογές AR άλλαξαν το μάθημα που κάναμε προς το καλύτερο	4.2	0.7
Θα ήθελα να διδαχθώ και άλλα μαθήματα χρησιμοποιώντας τις εφαρμογές AR.	4.4	0.8
Θα πρότεινα και σε άλλους δασκάλους να χρησιμοποιήσουν εφαρμογές AR.	4.0	0.9
Οι εφαρμογές AR που χρησιμοποιήσαμε άλλαξαν το μάθημα προς το χειρότερο	1.2	0.4
Στο μάθημα δεν χρειάζονταν οι εφαρμογές AR.	1.9	0.7
Ακόμα κι αν δεν υπήρχαν οι εφαρμογές AR το μάθημα θα ήταν το ίδιο καλό.	2.6	1.0
Στο μάθημα πρέπει να χρησιμοποιούνται και εφαρμογές AR και το σχολικό βιβλίο.	3.8	1.0
Οι δραστηριότητες ήταν εύκολες εξαιτίας των εφαρμογών AR.	3.8	0.8
Με δυσκόλεψαν οι δραστηριότητες που κάναμε	1.4	0.6
Οι εφαρμογές AR που χρησιμοποίησα με δυσκόλεψαν πολύ.	1.4	0.5
Στις εφαρμογές AR δεν μου άρεσε ο τρόπος παρουσίασης των αντικειμένων.	1.5	0.6

Αναφορικά με τις απόψεις των μαθητών για την αξιοποίηση των εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας στη διδασκαλία και την προσφορά τους σε αυτήν, τα αποτελέσματα ήταν επίσης πολύ θετικά (Σχήμα 4 και Πίνακας 4). Στη συντριπτική τους πλειοψηφία οι μαθητές συμφώνησαν ότι τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν τους βοήθησαν να κατανοήσουν περισσότερα για το ηλιακό σύστημα και τους πλανήτες και ότι βελτίωσαν τη διδασκαλία. Θα ήθελαν μάλιστα να διδαχθούν και άλλα μαθήματα με τον ίδιο τρόπο.

Οι θετικές εκτιμήσεις των μαθητών επιβεβαιώθηκαν και από τα ελεύθερα σχόλια που διατυπώθηκαν σε ανοιχτές ερωτήσεις του ερωτηματολογίου. Σε πολλά από τα σχόλια αυτά η διδασκαλία χαρακτηρίστηκε «ενδιαφέρουσα», «μοναδική», «πρωτότυπη», «διασκεδαστική», «χρήσιμη» και κάποιοι επισήμαναν ότι ήταν «τέλεια εμπειρία», ότι «ήταν κάτι καινούργιο» και ότι «θα ήθελαν να το ξανακάνουν». Παράλληλα 22 από τους σχολιασμούς των παιδιών αναφέρονταν στην επίτευξη αυξημένων επιπέδων κατανόησης, καθώς και στη συνεργασία σε ομάδες.

«κατάλαβα καλύτερα το πως είναι οι πλανήτες»

«κατάλαβα καλύτερα την κίνησή τους, τις θερμοκρασίες τους γιατί μπορούσα να δω από κοντά»

«κατανόησα καλά την θέση και το μέγεθος των πλανητών»

«κατάλαβα πολύ καλά τις διαφορές των πλανητών»

«κατάλαβα πιο καλά την ζώνη των αστεροειδών και τα μέρη του ηλιακού συστήματος»

«έμαθα ποιοι άλλοι πλανήτες έχουν δακτυλίους»

«... μου άρεσαν πάρα πολύ... κάναμε διάφορες δραστηριότητες...»

«αυτά που κάναμε ήταν πολύ ενδιαφέροντα και μου άρεσαν πολύ, περάσαμε πολύ ωραία, συνεργαστήκαμε, παίξαμε»

«μου άρεσε που συνεργαστήκαμε με άλλα παιδιά»

Παρόλα αυτά, υπήρξαν μαθητές, οι οποίοι εκφράστηκαν με ημίμετρο ή αντιφατικό τρόπο. Ένας από αυτούς υποστήριξε ότι οι εφαρμογές AR δεν τον βοήθησαν ιδιαίτερα να κατανοήσει καθώς δεν χρησιμοποιήθηκαν σε μεγάλο βαθμό στην πραγματοποίηση των δραστηριοτήτων. Παρόμοια ουδέτεροι ή διφορούμενοι ήταν και οι σχολιασμοί άλλων δύο παιδιών.

«Δεν έχω κανένα σχόλιο»

«Αυτά που κάναμε ήταν αρκετά ενδιαφέροντα. Μου άρεσε αυτή η διδασκαλία, αλλά δεν πιστεύω πως είναι απόλυτα σωστή»

«Εγώ πιστεύω πως μας βοήθησαν οι εφαρμογές AR να καταλάβουμε και να δούμε τους πλανήτες. Αλλά και να μην τις χρησιμοποιούσαμε δεν θα είχα πρόβλημα»

Η ίδια αυτή ομάδα μαθητών απάντησε με αμφίσημο τρόπο και σε πολλά άλλα κλειστά ερωτήματα του ερωτηματολογίου, στα οποία οι μαθητές εμφανίζονται να είναι διστακτικοί ή αβέβαιοι, όπως στις δηλώσεις likert οι οποίες αναφέρονταν στο συνδυασμό εφαρμογών AR και σχολικού βιβλίου, αλλά και την αναγκαιότητα ή χρησιμότητα αξιοποίησης των υλικών AR στο μάθημα. Με βάση όμως τα δεδομένα που συλλέχθηκαν φάνηκε ότι η δυσαρέσκεια των παιδιών οφείλονταν στη δυσκολία συνεργασίας με τα υπόλοιπα μέλη της ομάδας τους και ιδιαίτερα στην «αρχηγό» της ομάδας, ένα πολύ δυναμικό κορίτσι με άριστες επιδόσεις, που μονοπωλούσε τη χρήση των εφαρμογών, δεν άφηνε τους υπόλοιπους να επεξεργαστούν τα υλικά και λειτουργούσε με ατομικά και ανταγωνιστικά κριτήρια.

Πέρα όμως από τις όποιες μικρές ή περιστασιακές ενστάσεις και αμφιθυμίες των παιδιών, θα πρέπει να επισημανθεί ότι στη συντριπτική τους πλειοψηφία οι μαθητές σχολίασαν θετικά και επαινετικά τόσο τις εφαρμογές επαυξημένης πραγματικότητας, όσο και τα χαρακτηριστικά της διδακτικής παρέμβασης. Η ποικιλία των σχολιασμών που συγκεντρώθηκαν ήταν ενδεικτική του επιπέδου κατανόησης που επιτεύχθηκε, αλλά και του γεγονότος ότι η κατανόηση αυτή δεν εστίασε αποκλειστικά σε ένα μέρος του μαθήματος αλλά ήταν ευρύτερη και συνολικότερη.

Συζήτηση - Συμπεράσματα

Η παρούσα έρευνα, παρότι μικρής κλίμακας, επιχειρήσε να εξετάσει την επίδραση της χρήσης προκατασκευασμένων εφαρμογών επαυξημένης πραγματικότητας στη διδασκαλία και τη μάθηση συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας της αστρονομίας. Η μελέτη που πραγματοποιήθηκε για την επίτευξη αυτού του σκοπού φαίνεται πως συνάδει με τα

αποτελέσματα άλλων σχετικών μελετών από την ελληνική, αλλά και τη διεθνή επιστημονική παραγωγή.

Αναφορικά με βελτίωση της απόδοσης τα ευρήματα της μελέτης φανέρωσαν ότι η επίδραση μιας κατάλληλης διδασκαλίας στην οποία συνεισφέρει η χρήση ψηφιακών περιβαλλόντων τύπου AR ήταν επαυξητική ως προς τις επιδόσεις των μαθητών που συμμετείχαν στην έρευνα. Στην ίδια κατεύθυνση συγκλίνουν και άλλες έρευνες (Chiang et al., 2014· Dede, 2009· Koutromanos et al., 2015· Lee, 2012), οι συμμετέχοντες των οποίων κατάφεραν να ενισχύσουν την απόδοσή τους σε σημαντικό βαθμό χάρη στην χρήση εργαλείων AR. Όπως αποδεικνύεται από τα ευρήματα της μελέτης, οι συμμετέχοντες μαθητές, οι οποίοι διδάχθηκαν την ενότητα του ηλιακού συστήματος με συμβατικά υλικά, όπως οι δισδιάστατες εικόνες και το σχολικό βιβλίο, παρουσίασαν χαμηλά και μέτρια ποσοστά επιτυχίας όταν κλήθηκαν να απαντήσουν σε ερωτήσεις εξεταστικού τύπου. Οι ίδιοι μαθητές αύξησαν την απόδοσή τους στην ίδια ενότητα μάθησης κατά 14,6 μονάδες, όταν διδάχθηκαν μέσω παρέμβασης τεχνοκρατικού τύπου στην οποία έμφαση αποδίδονταν στην αξιοποίηση υλικών επαυξημένης πραγματικότητας. Σε ευθυγράμμιση με τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται και τα συμπεράσματα πλήθους ερευνών, που επισημαίνουν τη θετική επίδραση των εφαρμογών AR στις επιδόσεις συγκριτικά με τη χρήση συμβατικών υλικών (Fleck & Simon, 2013· Shelton & Hedley, 2002· 2003· Shelton & Stevens, 2004· Sin & Zaman, 2010· Φωκίδης & Φωνιάδακη, 2017· Zhang et al., 2014). Η παραπάνω διαφορά ενισχύεται ακόμα περισσότερο από τον αυξημένο βαθμό δυσκολίας της εξεταστικής δοκιμασίας μεταελέγχου που πραγματοποιήθηκε μετά την υλοποίηση της προαναφερθείσας εναλλακτικής διδασκαλίας. Το επίπεδο δυσκολίας των ερωτήσεων της εξεταστικής δοκιμασίας μεταελέγχου ήταν εξαιρετικά υψηλότερο σε σχέση με αυτό των ερωτήσεων του προελέγχου, εντούτοις αυτό δεν εμπόδισε τα παιδιά να σημειώσουν υψηλές επιδόσεις.

Αναφορικά με τον βαθμό ικανοποίησης των μαθητών, τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι απόψεις τους για τη χρήση των εφαρμογών AR στη διδασκαλία ήταν θετικές. Οι μαθητές υποστήριξαν ότι τα εν λόγω υλικά τους βοήθησαν να παραμείνουν προσηλωμένοι στο μάθημα και να κατανοήσουν σε βάθος στοιχεία, έννοιες και φαινόμενα που αφορούσαν το ηλιακό μας σύστημα ενδυναμώνοντας τις «εμπειρίες» τους γι' αυτό. Αυτό μοιάζει να επιβεβαιώνεται μέσα από τα συμπεράσματα άλλων ερευνητών (Bacca et al., 2014· Elkoubaiti & Mrabet, 2018· Fleck et al., 2015· Shelton & Hedley, 2002· Sin & Zaman, 2010· Yen et al., 2013). Οι μαθητές επέκτειναν την αντίληψη και κατανόηση της σύστασης, των κινήσεων και των θερμοκρασιών των ουράνιων σωμάτων, της θέσης, του μεγέθους, των διαφορών, της περιστροφής και περιφοράς των πλανητών γύρω από τον Ήλιο, καθώς και της σύστασης των δακτυλίων. Στην ίδια κατεύθυνση προσανατολίζονται και τα αποτελέσματα πολλών ερευνητών (Bower et al., 2014· Fleck et al., 2015· Fleck & Simon, 2013· Klopfer & Yoon, 2005· Shelton & Hedley, 2002· 2003· Shelton & Stevens, 2004· Zhang et al., 2014), οι οποίοι υποστηρίζουν ότι ο συνδυασμός πραγματικότητας και εικονικότητας επιτρέπει στα παιδιά να γνωρίσουν καλύτερα τον κόσμο του διαστήματος, να κατανοήσουν σε βάθος τις χωρικές έννοιες και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ουράνιων σωμάτων και να αναπτύξουν γνωστικές δεξιότητες ανώτερου ταξινόμικού επιπέδου.

Στη βάση αυτών των ευρημάτων, εύλογα μπορεί κανείς να συμπεράνει ότι οι εφαρμογές AR συνιστούν ένα πρόσθετο ισχυρό μέσο της διδασκαλίας. Από την άλλη μεριά, δεν πρέπει να παραγνωρίζεται ότι ελάχιστες από τις προκατασκευασμένες εφαρμογές που κυκλοφορούν ελεύθερα στα διαδικτυακά καταστήματα εφαρμογών πληρούν συγκεκριμένα παιδαγωγικά κριτήρια που σχετίζονται με την επάρκεια, την ακρίβεια, τη διαδραστικότητα και την αξιοπιστία του περιεχομένου που παρουσιάζουν και απεικονίζουν. Η έλλειψη ποιοτικού, προσβάσιμου από όλους και επιστημονικά τεκμηριωμένου εκπαιδευτικού υλικού AR είναι εμφανής, γεγονός που δυσχεραίνει το έργο του εκάστοτε ενδιαφερόμενου εκπαιδευτικού και

λειτουργεί ανασταλτικά ως προς την προώθηση και διάχυση της εκπαιδευτικής αξιοποίησης υλικών AR. Δεν είναι τυχαίο ότι για τις ανάγκες της παρούσας παρέμβασης χρειάστηκε να αξιοποιηθούν στοιχεία από τρεις διαφορετικές προκατασκευασμένες εφαρμογές AR, ώστε να καλυφθεί το διδακτικό περιεχόμενο και να επιδιωχθούν στο μέτρο του εφικτού τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα. Παράλληλα, η χρήση των επιλεγμένων προκατασκευασμένων εφαρμογών AR καθεαυτών, δεν θα είχε κανένα αποτέλεσμα εάν δεν εντάσσονταν οργανικά σε ένα αποδοτικό σχέδιο διδασκαλίας, το οποίο θα μπορούσε να αναδείξει τον διευκολυντικό και επαυξητικό ρόλο τους ως εργαλείων μάθησης. Με βάση άλλωστε τα συμπεράσματα πρόσφατης έκθεσης του ΟΟΣΑ (OECD, 2015· Hattie, 2013) η επίδραση της χρήσης των ΤΠΕ στην μάθηση φαίνεται πως είναι μηδενική, στην περίπτωση κατά την οποία τα νέα μέσα χρησιμοποιούνται απλά για να αντικαταστήσουν άλλα παρόμοια αποτελεσματικά, αλλά συμβατικά εργαλεία μάθησης. Αντίστοιχα, η επίδραση της χρήσης ΤΠΕ μοιάζει να είναι θετικότερη και ευκρινέστερη υπό συγκεκριμένες συνθήκες της διδακτικο-μαθησιακής διαδικασίας, κατά την οποία η αξιοποίηση ψηφιακών μέσων αυξάνει το ενδιαφέρον των μαθητών, ενεργοποιεί τη συμμετοχή τους στο μάθημα, ενισχύει την συνεργασία και βελτιώνει την εννοιολογική κατανόηση (Condie & Munro, 2007· Higgins, Xiao & Katsipataki, 2012). Κατά συνέπεια, η παιδαγωγική συλλογιστική πάνω στην οποία βασίζεται ο σχεδιασμός της διδασκαλίας, και η οποία επηρεάζει τον τρόπο με τον οποίο θα αξιοποιηθούν τα ψηφιακά μέσα, αποτελεί τον σημαντικότερο παράγοντα στην διαμόρφωση του μαθησιακού αποτελέσματος. Το διδακτικό περιεχόμενο του μαθήματος, η καθοδηγούμενη διδασκαλία που πραγματοποιήθηκε καθώς και η οργανική σύνδεση των δραστηριοτήτων με τη χρήση των εργαλείων AR αποτέλεσαν, κατά τη γνώμη μας, τα κλειδιά για την επίτευξη ενός θετικού αποτελέσματος.

Αναφορές

- Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. White Plains, NY: Longman.
- Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Augmented Reality trends in education: A systematic review of research and Applications. *Educational Technology & Society*, 17(4), 133-149.
- Berryman, D. R. (2012). Augmented reality: a review. *Medical Reference Services Quarterly*, 31(2), 212-218.
- Billinghamurst, M. (2002). Augmented reality in education. *New Horizons for Learning*, 12(5), 1-5.
- Bower, M., Howe, C., McCredie, N., Robinson, A., & Grover, D. (2014). Augmented Reality in education—cases, places and potentials. *Educational Media International*, 51(1), 1-15.
- Bryman, A. (2017). *Μέθοδοι κοινωνικής έρευνας*. Π. Σακελλαρίου (μτφ.). Αθήνα: Gutenberg
- Cavas, P., & Culha, Y. (2021). The implementation of augmented reality in science education: an example of a lesson plan. In O. Zahal & N. Demirbilek (eds.), *Theory and Research in Educational Sciences* (pp. 191-212). Ankara: Gece Publishing.
- Chantzi, E., Plessa, C., Chatziparadeisis Gkanas, I., Tsakalidis, A., & Tsolis, D. (2013). An innovative augmented reality educational platform using gamification to enhance lifelong learning and cultural education. *Proceedings of the International Conference on Information, Intelligence, Systems and Applications* (pp. 1-5). Piraeus, Greece: IEEE. DOI: 10.1109/IISA.2013.6623724.
- Chen, P., Liu, X., Cheng, W., Huang, R. (2016). A review of using Augmented Reality in education from 2011 to 2016. In E. Popescu et al. (eds.), *Innovations in Smart Learning*, (pp. 13-18). Singapore: Springer.
- Chiang, T. H. C., Yang, S. J., & Hwang, G. J. (2014). An augmented reality-based mobile learning system to improve students' learning achievements and motivations in natural science inquiry activities. *Educational Technology & Society*, 17(4), 352-365.
- Condie, R., & Munro, R. (2007). *The impact of ICT in schools—a landscape review*. Coventry: BECTA.
- Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2017). *Designing and Conducting Mixed Methods Research*. Sage Publications.
- Debnath, A., Pathak, U., & Badoni, P. (2021) An Augmented Reality application to teach human anatomy to secondary school students. In A. Chakrabarti, R. Poovaiyah, P. Bokil & V. Kant (eds.), *Design for Tomorrow – Volume 2* (pp. 865-878). Singapore: Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-16-0119-4_70
- Dede, C. (2009). Immersive interfaces for engagement and learning. *Science*, 323, 66-69.

- Elkoubaiti, H., & Mrabet, R. (2018). A Survey of pedagogical affordances of Augmented and Virtual Realities technologies in IoT-based classroom. *Proceedings of the 2018 IEEE 5th International Congress on Information Science and Technology* (pp. 334-341). IEEE.
- Fleck, S., & Simon, G. (2013). An Augmented Reality environment for astronomy learning in elementary grades: an exploratory study. *Proceedings of the 25th Conference on l'Interaction Homme-Machine* (pp. 14-22). Bordeaux, France: ACM.
- Fleck, S., Hachet, M., & Bastien, J. M. (2015). Marker-based augmented reality: Instructional-design to improve children interactions with astronomical concepts. *Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children* (pp. 21-28). Medford, MA, USA: ACM.
- Hattie, J. (2013). *Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement*. United Kingdom: Routledge.
- Heilig, M. L. (1992). El cinema del futuro: The cinema of the future. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 1(3), 279-294.
- Higgins, S., Xiao, Z., & Katsipataki, M. (2012). *The impact of digital technology on learning: A summary for the education endowment foundation*. Durham, UK: Education Endowment Foundation and Durham University.
- Kasinathan, V., Mustapha, A., Hasibuan, M. A., & Abidin, A. Z. Z. (2018). First discovery: Augmented Reality for learning solar systems. *International Journal of Integrated Engineering*, 10(6), 149-154.
- Kerawalla, L., Luckin, R., Seljeflot, S., & Woolard, A. (2006). "Making it real": Exploring the potential of augmented reality for teaching primary school science. *Virtual Reality*, 10(3-4), 163-174.
- Klopfer, E., & Squire, K. (2008). Environmental Detectives – the development of an augmented reality platform for environmental simulations. *Educational Technology Research and Development*, 56(2), 203-228.
- Klopfer, E., & Yoon, S. (2005). Developing games and simulations for today and tomorrow's tech savvy youth. *TechTrends*, 49(3), 33-41.
- Korur, F. (2015). Exploring seventh-grade students' and pre-service science teachers' misconceptions in astronomical concepts. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 11(5), 1041-1060.
- Koutromanos, G., Sofos, A., & Avramidou, L. (2015): The use of augmented reality games in education: a review of the literature. *Educational Media International*, 52(4), 253-271.
- Lee, K. (2012). Augmented reality in education and training. *TechTrends*, 56(2), 13-21.
- Linn, M. C., & Eylon, B. S. (2006). Science education: Integrating views of learning and instruction. In P.A. Alexander & P. H. Winne (eds.), *Handbook of Educational Psychology* (pp. 511-544). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Liou, H. H., Yang, S. J., Chen, S. Y., & Tarng, W. (2017). The influences of the 2D image-based augmented reality and virtual reality on student learning. *Journal of Educational Technology & Society*, 20(3), 110-121.
- Martín-Gutiérrez, J., Saorín, J.L., Contero, M., Alcañiz, M., Pérez-López, D.C., & Ortega, M. (2010). Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students. *Computers & Graphics*, 34(1), 77-91.
- Mastrokoulou, A., & Fokides, E. (2015). Development and evaluation of a 3D virtual environment for teaching solar system's concepts. *Proceedings from the 3rd International Symposium on New Issues on Teacher Education, Volume 2*, (pp. 176-184). Volos, Greece: University of Thessaly.
- Mikropoulos, T.A., Delimitros, M., Gaintatzis, P., Iatraki, G., Stergiouli, A., Tsiara A., & Kalyvioti, K. (2020). Acceptance and user experience of an augmented reality system for the simulation of sensory overload in children with autism. In D. Economou et al. (eds.), *Proceedings of the 6th International Conference of the Immersive Learning Research Network-iLRN 2020* (pp. 86-92). Immersive Learning Research Network, IEEE.
- OECD (2015). *Students, computers and learning: Making the connection*. Paris: OECD Publishing.
- O'Shea, P., & Scapin, T. (2020). A review of commercially available educational Augmented Reality apps. In T. Bastiaens & G. Marks (eds.), *Proceedings of Innovate Learning Summit 2020* (pp. 251-261). Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Patrício, J. M., Costa, M. C., & Manso, A. (2019). A gamified mobile Augmented Reality system for the teaching of astronomical concepts. *Proceedings of the 14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)* (pp. 1-5). IEEE.
- Peddie, J. (2017). *Augmented Reality: where we will all live*. Springer: Tiburon, CA, USA.
- Pérez-López, D., & Contero, M. (2013). Delivering educational multimedia contents through an augmented reality application: a case study on its impact on knowledge acquisition and retention. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 12(4), 19-28.
- Radu, I. (2012, November). Why should my students use AR? A comparative review of the educational impacts of augmented-reality. *Proceedings of the 2012 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)* (pp. 313-314). IEEE.
- Radu, I. (2014). Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1533-1543.
- Shelton, B. E., & Hedley, N. R. (2003). Exploring a cognitive basis for learning spatial relationships with augmented reality. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 1(4), 323-357.

- Shelton, B. E., & Hedley, N. R. (2002). Using augmented reality for teaching earth-sun relationships to undergraduate geography students. *Proceedings of the First IEEE International Workshop Augmented Reality Toolkit*. Darmstadt, Germany: IEEE. DOI: 10.1109/ART.2002.1106948.
- Shelton, B., Stevens, R. (2004). Using coordination classes to interpret conceptual change in astronomical thinking. In Kafai, Y., Sandoval, W., Enyedy, N., Nixon, A., Herrera, F. (eds.), *Proceedings of the 6th International Conference for the Learning Sciences* (pp. 634-634). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Sin, A. K., & Zaman, H. B. (2010). Live Solar System (LSS): Evaluation of an Augmented Reality book-based educational tool. *Proceedings of the 2010 International Symposium on Information Technology* (pp. 1-6). IEEE. DOI: 10.1109/ITSIM.2010.5561320.
- Sirakaya, M., & Kiliç Çakmak, E. (2018). Investigating student attitudes toward Augmented Reality. *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 6(1), 30-44
- Tarng, W., Lin, Y. S., Lin, C. P., & Ou, K. L. (2016). Development of a lunar-phase observation system based on augmented reality and mobile learning technologies. *Mobile Information Systems*, Article ID 8352791, <https://doi.org/10.1155/2016/8352791>.
- Yair, Y., Schur, Y., & Mintz, R. (2003). A “thinking journey” to the planets using scientific visualization technologies: implications to astronomy education. *Journal of Science Education and Technology*, 12(1), 43-49.
- Yen, J. C., Tsai, C. H., & Wu, M. (2013). Augmented reality in the higher education: Students’ science concept learning and academic achievement in astronomy. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 103, 165-173.
- Zhang, J., Sung, Y. T., Hou, H. T., & Chang, K. E. (2014). The development and evaluation of an augmented reality-based armillary sphere for astronomical observation instruction. *Computers & Education*, 73, 178-188.
- Βρέλλης, Ι., Γκαϊντατζής, Π., Δελημήτρος, Μ., Ιατράκη, Γ., Μικρόπουλος, Α., Μπέλλου, Ι., Στεργιούλη, Α., Τσιάρρα, Α., & Χαλκή, Π. (2020). Βιώνοντας το αόρατο και το διαφορετικό: Επαύξηση της πραγματικότητας στη γενική και στην ειδική εκπαίδευση. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 13(1/2), 49-62.
- Κουτρυμάνος, Γ., & Μπουρντέκας, Κ. (2020). Αξιοποίηση της Επαυξημένης Πραγματικότητας για τη διδασκαλία της Ιστορίας σε αρχαιολογικό χώρο. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 13(1/2), 63-81.
- Μπάκκα, Μ. Ι. (2018). *Επαυξημένη πραγματικότητα και εκπαίδευση: Διερεύνηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων σε μαθητές της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης στο πλαίσιο διδασκαλίας για το Ηλιακό Σύστημα*. Αδημοσίευτη Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης και Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Διαθέσιμη από το ΙΚΕΕ-ΑΠΘ, Κωδ. GRI-2018-21616.
- Νικολαΐδου, Ι., Μπέλλου, Ι., & Μικρόπουλος, Α. (2019). Η συνεισφορά των πολυμεσικών στοιχείων στην επαυξημένη πραγματικότητα: Μια εφαρμογή στη Μελέτη Περιβάλλοντος. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 12(1), 15-25.
- Σιμιτζόγλου, Σ., & Χαλκιά, Κ. (2007). Οι εναλλακτικές ιδέες των παιδιών για το ηλιακό σύστημα. *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου «Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση», Τόμος Β’* (σ. 820-827). Ιωάννινα.
- Τζόρτζογλου, Φ., & Σοφός, Α. (2017). Η επαυξημένη πραγματικότητα στην εκπαίδευση: βιβλιογραφική ανασκόπηση ερευνών και προοπτικές. *Τόμος Υποψηφίων διδασκόντων ΠΤΔΕ Ρόδου*. Ανακτήθηκε στις 4/2/2021, από http://www.pre.aegean.gr/wp-content/uploads/2017/02/14.Tzortzoglou_PTDE_PhD_2017.pdf.
- Τσιαβός, Π., & Σοφός, Α. (2020). «Η χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας στην εκπαίδευση: Ανάπτυξη και χρήση εφαρμογής για το μάθημα «Φυσικά - Ερευνώ και Ανακαλύπτω» της Ε΄ τάξης του Δημοτικού σχολείου». *Ανοικτή Εκπαίδευση: το περιοδικό για την Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση και την Εκπαιδευτική Τεχνολογία*, 15(2), 38-53.
- Φωκίδης, Ε., & Φωνιαδάκη, Ι. (2017). Tablets, επαυξημένη πραγματικότητα και γεωγραφία στο δημοτικό σχολείο. *e-Περιοδικό Επιστήμης & Τεχνολογίας*, 12(3), 7-23
- Φωκίδης, Ε., & Λιανού, Π. (2016). Τα πολυμέσα στην εκπαίδευση. Ανάπτυξη και αξιολόγηση εφαρμογής για τη διδασκαλία στοιχείων Αστρονομίας σε μαθητές της Στ΄ δημοτικού. *Παιδαγωγικά Ρεύματα στο Αιγαίο*, 9-10, 90-101.
- Χαλκιά, Κ. (2014). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες: Θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις*. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.

Αναφορά στο άρθρο ως: Ντρενογιάννη, Ε., & Ζέρβα, Ε. (2021). Η Επαυξημένη Πραγματικότητα στη διδασκαλία: Η περίπτωση του Ηλιακού Συστήματος. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 14, 19-36.

<http://earthlab.uoi.gr/thete/index.php/thete>