

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/309952584>

Η εικονική πραγματικότητα στην εκπαίδευση. Αποτελέσματα από την πιλοτική διδασκαλία στοιχείων της εξερεύνησης του διαστήματος σε μαθητές Γυμνασίου

Article · January 2016

CITATION

1

READS

247

2 authors:



Emmanuel Fokides

University of the Aegean

205 PUBLICATIONS 991 CITATIONS

SEE PROFILE



Penelope Atsikpasi

University of the Aegean

39 PUBLICATIONS 265 CITATIONS

SEE PROFILE

Εμμανουήλ Φωκίδης, Πηνελόπη Ατσικπάση

Η εικονική πραγματικότητα στην εκπαίδευση. Αποτελέσματα από την πιλοτική διδασκαλία στοιχείων της εξερεύνησης του διαστήματος σε μαθητές Γυμνασίου

Περίληψη

Η μελέτη εξετάζει την ανάπτυξη και τη χρήση εφαρμογής εικονικής πραγματικότητας για τη διδασκαλία θεμάτων σχετικών με την εξερεύνηση του διαστήματος, σε μαθητές του Γυμνασίου. Το κίνητρο ήταν το γεγονός ότι οι μαθητές γνωρίζουν ελάχιστα σχετικά με Αστρονομία. Ο στόχος ήταν να μελετηθεί το εικονικό περιβάλλον από τεχνική και λειτουργική άποψη, καθώς και να εξεταστεί ο βαθμός επίτευξης των μαθησιακών στόχων. Ο εικονικός κόσμος αναπτύχθηκε χρησιμοποιώντας την ανοικτή πλατφόρμα λογισμικού ανάπτυξης τρισδιάστατων εικονικών περιβαλλόντων πολλών χρηστών Opensimulator. Δημιουργήθηκαν τρεις ομάδες τυχαία επιλεγμένων μαθητών από Γυμνάσια της Αθήνας. Μία ομάδα χρησιμοποίησε την εφαρμογή, μία άλλη διδάχθηκε το ίδιο γνωστικό αντικείμενο συμβατικά, ενώ μία τρίτη ομάδα αποτέλεσε την ομάδα ελέγχου. Το γενικό συμπέρασμα είναι ότι η εφαρμογή λειτούργησε αρκετά ικανοποιητικά και η ομάδα που τη χρησιμοποίησε πέτυχε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα σε σχέση με την ομάδα που διδάχθηκε συμβατικά.

Λέξεις-κλειδιά: εικονική πραγματικότητα, τρισδιάστατα εικονικά περιβάλλοντα, εξερεύνηση του διαστήματος, Opensimulator

Virtual Reality in Education. Results from the Pilot Implementation of an Application for Teaching Space Exploration Concepts and Facts to High School Students

Abstract

The study examines the development and use of a virtual reality application for teaching subjects related to space exploration, to high school students. The motivation was the fact that students know little about Astronomy. The aim was to study the virtual environment from a technical perspective, but also to examine to what extent the cognitive objectives were achieved. The virtual environment was developed using Opensimulator, an open source platform for the development of 3D multi-user virtual environments. Three groups of randomly selected students from high schools in Athens participated to the study. One team used the application, another was taught the same subject conventionally, while a third group was the control group. The overall conclusion is that the intervention had good results; the group of students which used the application showed significant progress in knowledge acquisition in comparison to the team that was taught conventionally.

Keywords: virtual reality, 3D virtual environments, space exploration, Opensimulator

1. Εισαγωγή

Ένα συχνό εύρημα σε διάφορες μελέτες ανάμεσα σε μαθητές και ενήλικες, είναι η έλλειψη στοιχειωδών γνώσεων, η ύπαρξη δυσκολιών και παρανοήσεων ακόμα και για βασικά στοιχεία της Αστρονομίας^{1 2}. Για παράδειγμα, οι μικροί μαθητές πιστεύουν ότι η Γη είναι επίπεδη, με βάση την εμπειρία τους ότι το έδαφος είναι επίπεδο. Αργότερα, όταν διδάσκονται ότι η γη είναι στρογγυλή (πολλές φορές από σφάλμα των εκπαιδευτικών που δεν αναφέρουν τον όρο "σφαιρική"), αλλάζουν το μοντέλο τους για τη Γη σε δίσκο³. Μεγαλύτεροι μαθητές δεν μπορούν να κατανοήσουν την περιστροφή της Γης και των άλλων πλανητών⁴. Τα αστρονομικά μεγέθη είναι πέρα από την κατανόηση και την αντιληπτική εμπειρία των περισσότερων ανθρώπων⁵. Έρευνα έχει δείξει επίσης ότι οι παρανοήσεις είναι επίμονες και πως η διδασκαλία δεν καταφέρνει πάντα να τις διορθώσει⁶. Επιπλέον, οι γνώσεις που σχετίζονται με Αστρονομία, δεν εμπλουτίζονται μετά τη λήξη του σχολικού βίου⁷.

Αφηρημένα και πολυδιάστατα φαινόμενα είναι δύσκολο να κατανοηθούν. Για να κατανοήσουμε αστρονομικά φαινόμενα, καθώς επίσης και άλλες επιστημονικές έννοιες, δημιουργούμε νοητικά μοντέλα⁸. Τα νοητικά μοντέλα προσπαθούν να εξηγήσουν αυτό που βλέπουμε, κατά τρόπο λογικοφανή και (ψευδο)επιστημονικό, και πολλές φορές η εξήγηση που δίνουμε είναι λανθασμένη. Υπάρχει επίσης η τάση να ενσωματώνουμε τις νέες πληροφορίες στο υπάρχον μοντέλο, αντί να το απορρίπτουμε⁹. Επιπρόσθετα, μόλις ένα μοντέλο ριζώσει, η τροποποίησή του είναι δύσκολη. Οι μαθητές συχνά θα διατηρήσουν τις παρανοήσεις τους πεισματικά, ειδικά στις έννοιες της φυσικής¹⁰. Οι καθηγητές πρέπει να έχουν επίγνωση των νοητικών μοντέλων των μαθητών τους, να κατανοήσουν τους λόγους που οδήγησαν σε αυτά και να προσαρμόσουν το πρόγραμμα σπουδών ώστε να αντιμετωπιστούν οι παρανοήσεις. Ένας τρόπος να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, είναι οι

¹ Gazit, E., Yair, Y., & Chen, D. (2005). Emerging conceptual understanding of complex astronomical phenomena by using a virtual solar system. *Journal of Science Education and Technology*, 14(5), p. 461.

² Barnett, M., Keating, T., Barab, S. A., & Hay, K. E. (2000). Conceptual change through building three-dimensional models. In B. J. Fishman & S. F. O'Connor (Eds.), *International Conference of the Learning Sciences*, pp. 139-142. Hillsdale, NJ: Erlbaum.

³ Vosniadou, S. (1991). Designing curricula for conceptual restructuring: Lessons from the study of knowledge acquisition in astronomy. *Journal of Curriculum Studies*, 23, pp. 222-223.

⁴ Ozsoy, S. (2012). Is the Earth flat or round? Primary school children's understandings of the planet earth: The case of Turkish children. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 4(2), pp. 410-412.

⁵ Vosniadou, S. (1991). Designing curricula for conceptual restructuring: Lessons from the study of knowledge acquisition in astronomy. *Journal of Curriculum Studies*, 23, pp. 230-231.

⁶ Stears, M., James, A., & Good, M. A. (2011). Teachers as learners: A case study of teachers' understanding of Astronomy concepts and processes in an ACE course. *South African Journal of Higher Education*, 25(3), p. 572.

⁷ Σμιτζόγλου, Σ. & Χαλκιά, Κ. (2007, March). Οι εναλλακτικές ιδέες των παιδιών για το ηλιακό σύστημα. Πρακτικά 5ο Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση Vol. II, Ιωάννινα, σ.σ. 821-822.

⁸ Barnett, M., Keating, T., Barab, S. A., & Hay, K. E. (2013, April). Conceptual change through building three-dimensional virtual models. In B. Fishman & S. O'Connor-Divelbiss (Eds.), *Fourth International Conference of the Learning Sciences*, pp. 139-140.

⁹ Duit, R. (2006). *Bibliography: Students' and teachers' conceptions and science education*. Kiel, Germany.

¹⁰ Casperson, J. M. & Linn, M. C. (2006). Using visualization to teach electrostatics. *American Journal of Physics*, 74 (4), pp. 322-323.

μαθητές να δυσαρεστηθούν με το αρχικό μοντέλο τους και το νέο μοντέλο να τούς είναι κατανοητό, ελκυστικό και πειστικό¹¹.

Το πρόβλημα με την Αστρονομία είναι ότι οι παραδοσιακές μέθοδοι διδασκαλίας δεν είναι κατάλληλες για την αντιμετώπιση των λανθασμένων αντιλήψεων. Η αποτελεσματικότητα των σχολικών βιβλίων, των γραφημάτων, των διαφανειών και των εικονογραφήσεων είναι αμφισβητήσιμη, επειδή είναι δύσκολο να γίνουν αντιληπτά τρισδιάστατα αντικείμενα χρησιμοποιώντας δισδιάστατες απεικονίσεις¹². Από την άλλη, πειράματα, προσομοιώσεις και εμπράγματα εμπειρίες, μπορούν να βοηθήσουν τους μαθητές να κάνουν τις συνδέσεις μεταξύ της γνωστικής ύλης και του πραγματικού κόσμου¹³. Στο πλαίσιο αυτό, η εικονική πραγματικότητα (ΕΠ) μπορεί να γίνει ένα απαραίτητο εργαλείο, δεδομένου ότι είναι μία τρισδιάστατη προσομοίωση που δίνει στους μαθητές την ευκαιρία να έρθουν σε επαφή με φανταστικά ή πραγματικά περιβάλλοντα, να ανακαλύψουν και να χρησιμοποιήσουν τις γνώσεις στο πραγματικό τους πλαίσιο¹⁴.

Από τεχνική άποψη, η ΕΠ είναι ένα σύνολο υλικού και λογισμικού με το οποίο οι άνθρωποι είναι σε θέση να απεικονίσουν και να αλληλεπιδράσουν με ιδιαίτερα σύνθετα δεδομένα σε ένα τρισδιάστατο περιβάλλον¹⁵. Η σημασία της ΕΠ στην εκπαίδευση έγκειται στο γεγονός ότι ενθαρρύνει τους εκπαιδευόμενους, μέσω της χρήσης εικονικών αντικειμένων, να εκφράσουν τις προσωπικές τους σκέψεις, να κατασκευάσουν τις γνώσεις τους¹⁶, και να συμμετέχουν ενεργά στη μαθησιακή διαδικασία¹⁷. Τα εικονικά περιβάλλοντα προσελκύουν το ενδιαφέρον των μαθητών και, σε συνδυασμό με την αίσθηση της παρουσίας και των δραστηριοτήτων στον εικονικό κόσμο, η εκπαιδευτική διαδικασία γίνεται περισσότερο αποτελεσματική¹⁸. Τέλος, οι εκπαιδευτικοί είναι σε θέση να προσαρμόζουν το διδακτικό υλικό στις ανάγκες του κάθε μαθητή, ώστε αυτοί να μπορούν να μάθουν με το δικό τους ρυθμό¹⁹.

2. Λογική και ανάπτυξη της εφαρμογής

Έχοντας κατά νου τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην κατανόηση θεμάτων που αφορούν την Αστρονομία, καθώς και το γεγονός ότι τα τρισδιάστατα εικονικά περιβάλλοντα διευκολύνουν την απόκτηση γνώσεων, όπως παρουσιάστηκε στην προηγούμενη ενότητα, αποφασίστηκε η ανάπτυξη εφαρμογής για τη διδασκαλία στοιχείων της εξερεύνησης του διαστήματος σε μαθητές Γυμνασίου. Αιτία για την επιλογή ως ομάδα-στόχου μαθητών αυτής της ηλικίας, αποτέλεσε το γεγονός ότι δεν διδάσκονται κάτι αντίστοιχο, παρότι λίγα στοιχεία έχουν διδαχθεί στις τελευταίες τάξεις του δημοτικού και στη συνέχεια θα διδαχθούν σχετικά αντικείμενα στη Β' λυκείου.

Για την κατασκευή της εφαρμογής χρησιμοποιήθηκε το OpenSimulator (<http://opensimulator.org/>). Το OpenSimulator είναι ένας διακομιστής ανοικτού κώδικα που επιτρέπει την ανάπτυξη και διαχείριση τρισδιάστατων εικονικών κόσμων πολλών χρηστών. Υποστηρίζει μία ποικιλία προγραμμάτων-πελατών και λόγω της ύπαρξης διαφόρων εκδόσεων, μπορεί να εκτελεστεί σε όλα τα λειτουργικά συστήματα.

Η συνολική εικονική έκταση ήταν 1024X1024 μέτρα. Συμπεριλήφθηκε μία πληθώρα από ιδιαίτερα λεπτομερή τρισδιάστατα μοντέλα, από τα πρώτα βήματα της ανάπτυξης πυραύλων, μέχρι το διαστημικό λεωφορείο, διαστημικές στολές, πυραυλοκινητήρες, οχήματα που χρησιμοποιήθηκαν στην εξερεύνηση της Σελήνης και του Άρη, καθώς επίσης και μια πλήρης πλατφόρμα εκτόξευσης του Apollo 11 (Εικόνα 1). Η εφαρμογή εμπλουτίστηκε με βίντεο, παρουσιάσεις και παραπομπές σε ιστοσελίδες, για την παροχή

¹¹ Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), pp. 217-218.

¹² Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11, pp. 509-511.

¹³ 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* 2nd ed. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. pp. 529-530.

¹⁴ Barnett, M. (2005). Using Virtual Reality Computer Models to Support Student Understanding of Astronomical Concepts. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 24(4), pp. 345-346.

¹⁵ Aukstakalnis, S., & Blatner, D. (1992). *Silicon Mirage; The art and science of Virtual Reality*. Peachpit Press.

¹⁶ Pan, Z., Cheok, A. D., Yang, H., Zhu, J., & Shi, J. (2006). Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments. *Computers & Education*, 30(1), p. 24.

¹⁷ Mikropoulos, T. A., & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999-2009). *Computers & Education*, 56(3), pp. 777-778.

¹⁸ Martin, S., Diaz, G., Sancristobal, E., Gil, R., Castro, M., & Peire, J. (2011). New Technology trends in education: Seven years of forecasts and convergence. *Computers & Education*, 57(3), pp. 1893-1895.

¹⁹ Lee, E. A-L., & Wong, K. W. (2008). A Review of Using Virtual Reality for Learning. *Transactions on Edutainment I*, p. 235.

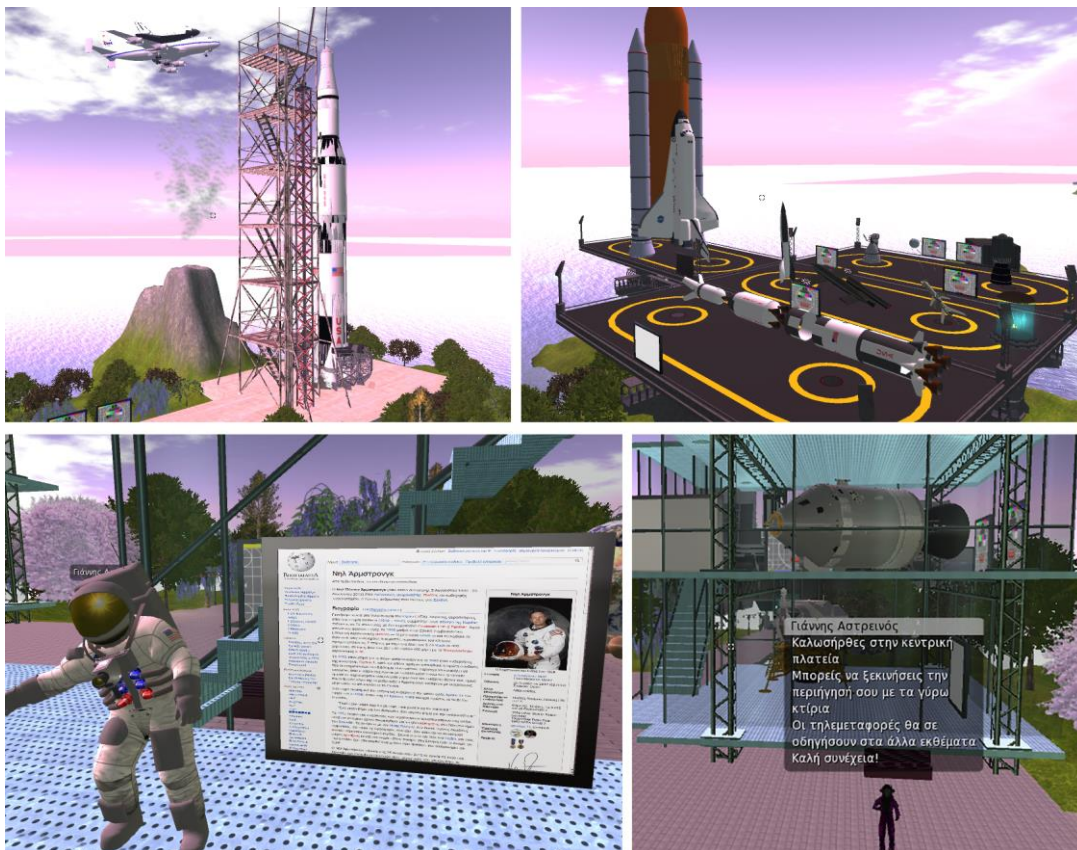
λεπτομερέστερων πληροφοριών. Στο τελικό της στάδιο, δόθηκε σε μία μικρή ομάδα μαθητών και με βάση τις παρατηρήσεις τους έγιναν διορθώσεις και προσαρμογές.

Το γνωστικό υλικό ήταν ομαδοποιημένο και συγκεντρωμένο σε 4 σημεία, δημιουργώντας κατά κάποιον τρόπο 4 διδακτικές ενότητες με τα εξής θέματα: (α) ιστορική εξέλιξη των πυραύλων, (β) τρόπος λειτουργίας των πυραύλων, (γ) τεχνητοί δορυφόροι, και (δ) αποστολές στη Σελήνη, τον Άρη και στο ηλιακό σύστημα. Παρόλα αυτά, ο χρήστης/μαθητής είχε τον έλεγχο της μαθησιακής πορείας. Αυτό γιατί μπορούσε να περιηγηθεί ελεύθερα σε όλο τον εικονικό κόσμο και να μελετήσει με όποια σειρά ήθελε και για όσο χρόνο ήθελε τις πληροφορίες που περιλαμβάνονταν σε αυτόν.

Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει το χρόνο που απαιτήθηκε για την ανάπτυξη της εφαρμογής. Όπως μπορεί να παρατηρήσει κάποιος, η πιο χρονοβόρα διαδικασία, εκτός από την ανάπτυξη του κόσμου, ήταν η συγκέντρωση του γνωστικού υλικού και στη συνέχεια η προσθήκη του στην εφαρμογή. Η προσθήκη αλληλεπιδράσεων μέσω προγραμματισμού, ολοκληρώθηκε σε σύντομο σχετικά χρονικό διάστημα, επειδή χρησιμοποιήθηκαν έτοιμα scripts. Η ανάπτυξη ενός εικονικού περιβάλλοντος είναι αρκετά χρονοβόρα διαδικασία. Θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι το κόστος για την ανάπτυξη αυτού του είδους των εφαρμογών (από άποψη ωρών) είναι υψηλό, σε σύγκριση με άλλους τύπους εφαρμογών, για παράδειγμα πολυμέσων. Από την άλλη πλευρά όμως, θα μπορούσε να υποστηριχθεί ότι τα μαθησιακά αποτελέσματα ενδέχεται να είναι τέτοια ώστε να αξίζουν την επιπλέον προσπάθεια.

Παράλληλα με την ανάπτυξη της εφαρμογής, δημιουργήθηκε και μία δεύτερη σειρά μαθημάτων με παρουσιάσεις. Οι παρουσιάσεις είχαν ακριβώς το ίδιο γνωστικό αντικείμενο με την εφαρμογή, το ίδιο περιεχόμενο, στοιχεία, βίντεο, και ιστοσελίδες. Σκοπός τους ήταν να χρησιμοποιηθούν από άλλη ομάδα μαθητών, που όμως θα διδασκόταν με συμβατικό τρόπο.

Εικόνα 1. Στιγμιότυπα από την εφαρμογή



Πίνακας 1. Χρόνος που απαιτήθηκε για την ανάπτυξη της εφαρμογής

Στάδια ανάπτυξης (σε ώρες)	
Συλλογή γνωστικού υλικού	20
Ανάπτυξη εικονικού κόσμου	50
Προσθήκη εικόνων, βίντεο, ιστοσελίδων	10
Σενάρια-αλληλεπιδράσεις	15
Ποιοτικός έλεγχος	4
Ήσσονος σημασίας προσαρμογές-βελτιώσεις	6
Σύνολο	105

3. Σχεδιασμός και υλοποίηση της έρευνας

Το δείγμα της παρούσας μελέτης αποτέλεσαν 60 μαθητές της Β' τάξης από τρία γειτονικά γυμνάσια της Αθήνας, χωρισμένοι σε 3 ομάδες των 20. Η πρώτη ομάδα αποτελούσε την ομάδα ελέγχου και δεν επρόκειτο να διδαχθεί κάτι. Η δεύτερη ομάδα επρόκειτο να διδαχθεί με συμβατικό τρόπο, χρησιμοποιώντας τις παρουσιάσεις που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα. Τέλος, η τρίτη ομάδα θα χρησιμοποιούσε την εφαρμογή. Αξίζει να σημειωθεί ότι η εφαρμογή εγκαταστάθηκε σε ηλεκτρονικό υπολογιστή του σχολικού εργαστηρίου. Κατά αυτό τον τρόπο, αποφεύχθηκε ένα σημαντικό πρόβλημα στις εφαρμογές εικονικών κόσμων, αυτό της καθυστέρησης στη διακίνηση των δεδομένων από και προς απομακρυσμένους εξυπηρετητές. Έχοντας τον εξυπηρετητή στο σχολικό εργαστήριο, όλη η διακίνηση των δεδομένων ήταν περιορισμένη στο τοπικό δίκτυο, το οποίο εξ ορισμού προσφέρει πολύ υψηλότερες ταχύτητες (100Mbps) σε σχέση με την ταχύτητα σύνδεσης των σχολείων στο Διαδίκτυο (μέγιστο 24Mbps).

Για τη συλλογή δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν 2 ερωτηματολόγια:

- Ερωτηματολόγιο 1, κοινό και για τις 3 ομάδες. Περιείχε 4 ερωτήσεις σχετικές με δημογραφικά δεδομένα και 24 ερωτήσεις σχετικές με την εξερεύνηση του διαστήματος. Οι ερωτήσεις ήταν χωρισμένες σε 2 ομάδες (από 12 ερωτήσεις σε κάθε ομάδα). Το επίκεντρο της πρώτης ομάδας ήταν η κατανόηση εννοιών, ενώ η δεύτερη περιείχε καθαρά γνωστικές ερωτήσεις (Πίνακας 2).
- Ερωτηματολόγιο 2, μόνο για την ομάδα που θα χρησιμοποιούσε την εφαρμογή. Ο σκοπός του ήταν η τεχνική και λειτουργική αξιολόγηση της εφαρμογής, καθώς επίσης και η καταγραφή των απόψεων των μαθητών σχετικά με τις εμπειρίες τους κατά τη χρήση της. Περιλάμβανε 15 ερωτήσεις τόσο ανοιχτού τύπου όσο και τύπου Likert, σε 5-βάθμια κλίμακα (από διαφωνώ απόλυτα ως συμφωνώ απόλυτα).

Πίνακας 2. Ομάδες ερωτήσεων στο 1^ο ερωτηματολόγιο

Ομάδες ερωτήσεων	Υπο-ομάδες των ερωτήσεων
Ερωτήσεις κατανόησης εννοιών	Πύραυλοι ιστορία, πώς εξελίχθηκαν, συγκρίσεις
	Τύποι πυραύλων, κινητήρες και στάδια. Τρόπος λειτουργίας.
	Τεχνητοί δορυφόροι, λειτουργία, τύποι, σκοπός
Γνωστικές ερωτήσεις	Αποστολές στη Σελήνη και τον Άρη
	Αποστολές στο υπόλοιπο ηλιακό σύστημα και πέρα από αυτό
	Περίεργα-ενδιαφέροντα στοιχεία σχετικά με πυραύλους και δορυφόρους

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 4 μαθήματα με τη χρήση της εφαρμογής και ίσος αριθμός μαθημάτων με τη χρήση των παρουσιάσεων, στο διάστημα μεταξύ 16 και 27 Μαρτίου 2015. Κάθε μάθημα είχε διάρκεια 2 ώρες. Πριν από τη χρήση της εφαρμογής, οι μαθητές είχαν τη δυνατότητα να εξοικειωθούν με το τρισδιάστατο περιβάλλον, σε θέματα λειτουργιών και πλοήγησης, χρησιμοποιώντας άλλη, μικρότερης έκτασης εφαρμογή, κατασκευασμένης αποκλειστικά για το σκοπό αυτό. Πρέπει να σημειωθεί ότι λόγω του περιορισμένου αριθμού ηλεκτρονικών υπολογιστών στο σχολικό εργαστήριο, οι μαθητές είχαν χωριστεί σε 2 ομάδες, έτσι ώστε ο καθένας να έχει τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσει το δικό του υπολογιστή. Αυτό όμως είχε ως συνέπεια να απαιτηθεί διπλάσιος αριθμός ωρών για την ολοκλήρωση του κάθε μαθήματος. Παρότι ο κάθε μαθητής χρησιμοποιούσε έναν υπολογιστή, εντούτοις ήταν όλοι ταυτόχρονα παρόντες στον εικονικό κόσμο. Κατά τη διάρκεια των μαθημάτων ο ερευνητής ήταν παρών και πρόσφερε τεχνική βοήθεια, αν κι όποτε αυτό κρινόταν

απαραίτητο. Επίσης, εξηγούσε σημεία στα οποία οι μαθητές είχαν απορίες, αλλά μόνο όταν του το ζητούσαν. Ο διάλογος μεταξύ των μαθητών ήταν ελεύθερος. Σε κάθε περίπτωση οι μαθητές αφέθηκαν ελεύθεροι να συνδιαλλαγούν, να καθορίσουν μόνοι τους πού να εστιάσουν το ενδιαφέρον τους και τότε να επισκεφθούν τα διάφορα σημεία του εικονικού κόσμου.

Η προαναφερθείσα διαδικασία είχε ως σκοπό να διερευνήσει τις παρακάτω υποθέσεις:

- Y1: Η χρήση μιας εφαρμογής ΕΠ σχετικά με την εξερεύνηση του διαστήματος, παράγει συνολικά στατιστικώς σημαντικά καλύτερα γνωστικά αποτελέσματα σε σύγκριση με συμβατική διδασκαλία με το ίδιο περιεχόμενο.
- Y1α: Τα αποτελέσματα αυτά είναι στατιστικώς σημαντικά καλύτερα στο επίπεδο της κατανόησης εννοιών.
- Y1β: Τα αποτελέσματα αυτά είναι στατιστικώς σημαντικά καλύτερα στο επίπεδο της απόκτησης γνώσεων.

4. Ανάλυση των αποτελεσμάτων

Όπως αναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, συνολικά 60 μαθητές συμμετείχαν στη μελέτη, χωρισμένοι σε 3 ομάδες των 20. Η κατανομή αγοριών-κοριτσιών και στις 3 ομάδες ήταν περίπου ίση. Επίσης, ένα 77% θεωρούσε τους εαυτούς τους ως "καλούς χρήστες υπολογιστών".

Για την ανάλυση των αποτελεσμάτων στο κοινό ερωτηματολόγιο, αυτό βαθμολογήθηκε με βάση των αριθμό των σωστών απαντήσεων. Υπολογίστηκε μία βαθμολογία για κάθε ομάδα ερωτήσεων ($min. = 0, max. = 12$) και μία συνολική ($min. = 0, max. = 24$). Στοιχεία για τη μέση βαθμολογία και για την τυπική απόκλιση, ανά ομάδα συμμετεχόντων και ανά ομάδα ερωτήσεων, παρουσιάζονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3. Ανάλυση αποτελεσμάτων 1^{ου} Ερωτηματολογίου

	Ομάδα μαθητών					
	Ελέγχου ($n = 20$)		Συμβατική ($n = 20$)		ΕΠ ($n = 20$)	
	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Ερωτήσεις κατανόησης (ΕΚ)	3.80	0.81	7.90	0.82	9.56	0.75
Γνωστικές ερωτήσεις (ΓΕ)	3.60	0.55	7.40	0.77	9.80	0.82
Συνολική βαθμολογία (ΣΒ)	7.40	1.12	15.30	1.64	19.36	1.48

4.1. Ανάλυση της συνολικής βαθμολογίας του 1^{ου} Ερωτηματολογίου

Ανάλυση διασποράς μίας κατεύθυνσης (One-way ANOVA) επρόκειτο να διεξαχθεί για να συγκριθεί η συνολική βαθμολογία των μαθητών στο Ερωτηματολόγιο 1 και με βάση τις 3 ομάδες που συμμετείχαν (ομάδα ελέγχου, συμβατική διδασκαλία και διδασκαλία με ΕΠ). Πριν γίνει η ανάλυση, ελέγχθηκε το κατά πόσο πληρούνται οι προϋποθέσεις για τη διεξαγωγή αυτού του είδους της ανάλυσης. Διαπιστώθηκε ότι: (α) όλες οι ομάδες είχαν τον ίδιο αριθμό συμμετεχόντων ($n = 20$), (β) δεν υπήρξαν ακραίες τιμές (outliers) και τα δεδομένα είχαν κανονική κατανομή, όπως αυτό εκτιμήθηκε από Q-Q γραφήματα και το Shapiro-Wilk test ($p > .05$ σε όλες τις περιπτώσεις), και (γ) η ομοιογένεια της διακύμανσης επίσης δεν παραβιάστηκε, όπως εκτιμήθηκε από το test Levene ($p = .68$). Δεδομένου ότι πληρούνταν όλες οι προϋποθέσεις, ήταν δυνατή η διεξαγωγή της ανάλυσης. Η ανάλυση έδειξε ότι η μέθοδος διδασκαλίας που χρησιμοποιήθηκε είχε επίδραση στις συνολικές βαθμολογίες των 3 ομάδων των μαθητών [$F(2, 57) = 358.45, p < .001$].

Post hoc συγκρίσεις χρησιμοποιώντας το Tukey HSD test διεξήχθησαν σε όλα τα πιθανά ζεύγη. Όλα τα ζεύγη διαπιστώθηκε ότι ήταν στατιστικώς σημαντικά διαφορετικά σε επίπεδο $p < .05$. Η μέση συνολική βαθμολογία για την ομάδα ΕΠ ($M = 19.36, SD = 1.48$) ήταν στατιστικώς σημαντικά υψηλότερη από εκείνη της συμβατικής ομάδας ($M = 15.30, SD = 1.64$), όπως επίσης, και οι δύο ομάδες είχαν στατιστικώς σημαντικά υψηλότερη βαθμολογία από εκείνη της ομάδας ελέγχου ($M = 7.40, SD = 1.12$).

Στο σύνολό τους, αυτά τα αποτελέσματα προτείνουν ότι η μέθοδος διδασκαλίας είχε στατιστικώς σημαντική επίδραση στην συνολική βαθμολογία του 1ου Ερωτηματολογίου. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση μιας εφαρμογής ΕΠ παράγει στατιστικώς σημαντικά καλύτερα γνωστικά αποτελέσματα σε σύγκριση με μια συμβατική διδασκαλία με το ίδιο περιεχόμενο. Ως εκ τούτου, η υπόθεση Y1 επιβεβαιώθηκε.

4.2. Ανάλυση των αποτελεσμάτων στις ερωτήσεις κατανόησης και στις γνωστικές ερωτήσεις

Πριν από τη διεξαγωγή της στατιστικής ανάλυσης των αποτελεσμάτων στις δύο ομάδες ερωτήσεων του 1^{ου} Ερωτηματολογίου, ελέγχθηκε εάν παραβιάζονται οι παραδοχές για την ανάλυση διασποράς μίας κατεύθυνσης. Διαπιστώθηκε ότι υπήρχαν ορισμένα ήσσονος σημασίας ζητήματα όσον αφορά την κανονικότητα των δεδομένων. Όπως άλλες παραμετρικές δοκιμές, η ανάλυση διασποράς υποθέτει ότι τα δεδομένα έχουν κανονική κατανομή. Από την άλλη πλευρά όμως, η βιβλιογραφία δείχνει ότι η ανάλυση διασποράς δεν είναι τόσο ευαίσθητη σε μέτριες αποκλίσεις από την κανονική κατανομή των δεδομένων^{20 21 22}, όπως στην προκειμένη περίπτωση.

Δεδομένου ότι δεν υπήρχαν ακραίες τιμές, οι απόλυτες τιμές της ασυμμετρίας και κυρτότητας των δεδομένων δεν ήταν περισσότερο από δύο φορές μεγαλύτερες από τα αντίστοιχα τυπικά σφάλματα²³ και η ομοιογένεια της διακύμανσης δεν είχε παραβιαστεί, όπως εκτιμήθηκε από το test Levene ($p = .63$ για τις ερωτήσεις ΕΚ και $p = .38$ για τις ερωτήσεις ΓΕ), αποφασίστηκε η διεξαγωγή της ανάλυσης. Η ανάλυση διακύμανσης έδειξε ότι ο τρόπος διδασκαλίας είχε στατιστικώς σημαντική επίπτωση στα αποτελέσματα των ερωτήσεων ΕΚ [$F(2, 57) = 256.45, p < .001$] και στα αποτελέσματα των ερωτήσεων ΓΕ [$F(2, 57) = 183.47, p < .001$].

Post hoc συγκρίσεις χρησιμοποιώντας το Tuckey HSD test διεξήχθησαν για όλα τα πιθανά ζεύγη. Όλα τα ζεύγη των ομάδων διαπιστώθηκε ότι ήταν στατιστικώς σημαντικά διαφορετικά σε επίπεδο $p < .05$:

- Η μέση βαθμολογία στις ερωτήσεις ΕΚ για την ομάδα ΕΠ ($M = 9.56, SD = 0.75$) ήταν στατιστικώς σημαντικά υψηλότερη από εκείνη της συμβατικής ομάδας ($M = 7.90, SD = 0.82$), όπως και οι δύο είχαν στατιστικώς σημαντικά υψηλότερη βαθμολογία από εκείνη της ομάδας ελέγχου ($M = 3.80, SD = 0.81$).
- Η μέση βαθμολογία στις ερωτήσεις ΓΕ για την ομάδα ΕΠ ($M = 9.80, SD = 0.82$) ήταν στατιστικώς σημαντικά υψηλότερη από εκείνη της συμβατικής ομάδας ($M = 7.40, SD = 0.77$), όπως και οι δύο είχαν στατιστικώς σημαντικά υψηλότερη βαθμολογία από εκείνη της ομάδας ελέγχου ($M = 3.60, SD = 0.55$).

Τα παραπάνω αποτελέσματα δείχνουν ότι η μέθοδος διδασκαλίας που χρησιμοποιήθηκε, είχε στατιστικώς σημαντική επίδραση στην βαθμολογία των συμμετεχόντων τόσο στην κατανόηση των εννοιών όσο και στην απόκτηση γνώσεων σχετικών με την εξερεύνηση του διαστήματος. Πιο συγκεκριμένα, η χρήση μιας εφαρμογής ΕΠ παράγει στατιστικώς σημαντικά καλύτερη κατανόηση σχετικά με τις έννοιες και καλύτερα αποτελέσματα στην απόκτηση γνώσεων, σε σύγκριση με μια συμβατική μέθοδο διδασκαλίας με το ίδιο περιεχόμενο. Ως εκ τούτου, οι υποθέσεις Υ1α και Υ1β επιβεβαιώθηκαν.

4.3. Ανάλυση αποτελεσμάτων του 2^{ου} Ερωτηματολογίου

Οι μαθητές της ομάδας ΕΠ έκαναν θετικά σχόλια σχετικά με τις εμπειρίες τους κατά τη χρήση της εφαρμογής. Ένα 75% δήλωσε ότι το πιο "ισχυρό" σημείο της ήταν η ρεαλιστική απεικόνιση του εικονικού κόσμου. Ένα 90% ισχυρίστηκε ότι βρήκε το γνωστικό υλικό πλήρες. Επιπλέον, οι μαθητές δήλωσαν ότι η εφαρμογή τους βοήθησε στο να έχουν μια καλύτερη κατανόηση των θεμάτων που σχετίζονται με την εξερεύνηση του διαστήματος (75%).

Από την άλλη πλευρά, ένα 25% των μαθητών δήλωσε ότι συνάντησε κάποιου είδους τεχνικά ή/και χρηστικά προβλήματα. Τα προβλήματα αυτά ήταν: (α) η ταχύτητα προβολής της εφαρμογής-μη ικανοποιητική εκτέλεση, λόγω χρήσης υπολογιστών ξεπερασμένης τεχνολογίας (5 περιπτώσεις), (β) προβλήματα προσανατολισμού (3 περιπτώσεις), και ο χειρισμός (3 περιπτώσεις). Πρέπει να σημειωθεί ότι οι μισοί ηλεκτρονικοί υπολογιστές του σχολικού εργαστηρίου ήταν όντως ξεπερασμένοι από τεχνολογική άποψη. Το πρόβλημα παρουσιάστηκε παρά τη μέριμνα που είχε ληφθεί κατά την ανάπτυξη της εφαρμογής για ισορροπία μεταξύ λεπτομερούς απεικόνισης του εικονικού περιβάλλοντος και ικανοποιητικής εκτέλεσής του. Αν και

²⁰ Glass, G. V., Peckham, P. D., & Sanders, J. R. (1972). Consequences of failure to meet assumptions underlying fixed effects analyses of variance and covariance. *Review of Educational Research*, 42, pp. 237-288.

²¹ Harwell, M. R., Rubinstein, E. N., Hayes, W. S., & Olds, C. C. (1992). Summarizing Monte Carlo results in methodological research: The one- and two-factor fixed effects ANOVA cases. *Journal of Statistics Education*, 17, pp. 334-335.

²² Lix, L. M., Keselman J. C., & Keselman H. J. (1996). Consequences of assumption violations revisited: A quantitative review of alternatives to the one-way analysis of variance F test. *Review of Educational Research*, 66, pp. 601-603.

²³ Lix, L. M., Keselman J. C., & Keselman H. J. (1996). Consequences of assumption violations revisited: A quantitative review of alternatives to the one-way analysis of variance F test. *Review of Educational Research*, 66, pp. 607-611.

αντιμετωπίστηκε τελικά με μείωση της ποιότητας απεικόνισης στους υπολογιστές που παρουσίαζαν πρόβλημα (τροποποιώντας την ανάλογη ρύθμιση στο πρόγραμμα-πελάτης που εκτελούσε την εφαρμογή), εντούτοις, το πρόβλημα αυτό τονίζει την ανάγκη εκσυγχρονισμού των σχολικών εργαστηρίων. Τέλος, τα προβλήματα χρήσης που ανέφεραν ορισμένοι μαθητές, ξεπεράστηκαν μετά το δεύτερο μάθημα.

5. Συζήτηση-Συμπεράσματα

Η μελέτη είχε ως σκοπό να διερευνήσει τα μαθησιακά αποτελέσματα μίας εκπαιδευτικής παρέμβασης με αντικείμενο την εξερεύνηση του διαστήματος. Το γνωστικό υλικό παρουσιάστηκε στους μαθητές τόσο με συμβατικό τρόπο όσο και μέσω μίας εφαρμογής ΕΠ και το επίπεδο δυσκολίας του μπορεί να χαρακτηριστεί ως μέτριο, μιας και δεν περιλάμβανε σύνθετες έννοιες (π.χ., μαύρες τρύπες) και δεν απαιτούσε βαθιά κατανόηση μαθηματικών και φυσικής. Αποφασίστηκε η χρήση της ΕΠ, γιατί θεωρείται ότι είναι μια τεχνολογία που διευκολύνει την απόκτηση γνώσεων, δεδομένου ότι επιτρέπει στους χρήστες να αντιλαμβάνονται αντικείμενα σε τρεις διαστάσεις, κάτι που πιθανώς βοηθά στην καλύτερη κατανόηση θεμάτων που σχετίζονται με την Αστρονομία²⁴.

Τα αποτελέσματα της μελέτης επιβεβαιώνουν τα ευρήματα προηγούμενων ερευνών σχετικά με το χαμηλό επίπεδο γνώσεων του γενικού πληθυσμού, αλλά και των μαθητών σε θέματα που σχετίζονται με την Αστρονομία^{25 26 27}. Αυτό γιατί η ομάδα ελέγχου είχε πολύ χαμηλή βαθμολογία (περίπου 7 σωστές απαντήσεις σε σύνολο 24).

Έχοντας ένα τόσο χαμηλό σημείο εκκίνησης, ήταν αναμενόμενο οποιοδήποτε είδος διδακτικής παρέμβασης να έχει καλά αποτελέσματα. Πράγματι, η πρόοδος ήταν εντυπωσιακή, όπως αυτό προκύπτει από τα αποτελέσματα και των δύο ομάδων που συμμετείχαν. Το ουσιαστικό ερώτημα λοιπόν ήταν ποια από τις δύο μεθόδους διδασκαλίας είχε καλύτερα αποτελέσματα. Η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι η εφαρμογή ΕΠ είχε καλύτερα μαθησιακά αποτελέσματα (συνολική επίδοση των μαθητών) σε σύγκριση με τη συμβατική διδασκαλία. Αυτό το γεγονός οδήγησε με τη σειρά του στην ανάγκη περαιτέρω διερεύνησης, εάν δηλαδή υπήρχαν διαφορετικά αποτελέσματα σε επίπεδο απόκτησης γνώσεων ή/και σε επίπεδο κατανόησης εννοιών. Για άλλη μία φορά, η στατιστική ανάλυση έδειξε ότι η εφαρμογή ΕΠ ξεπέρασε τη συμβατική διδασκαλία και στους δύο τομείς. Επομένως, συνάγεται το συμπέρασμα ότι, τουλάχιστον σε θέματα εξερεύνησης του διαστήματος, οι εφαρμογές ΕΠ μπορούν να παράγουν καλά μαθησιακά αποτελέσματα, τόσο σε περιπτώσεις που απαιτούν την απόκτηση γνώσεων όσο και σε περιπτώσεις που απαιτούν κατανόηση εννοιών. Αυτό θα μπορούσε να αποδοθεί στη δυνατότητα της ΕΠ να απεικονίζει καταστάσεις και έννοιες που στην πραγματική ζωή είναι πολύ δύσκολο να γίνει^{28 29}, όπως στη συγκεκριμένη περίπτωση.

Τα καλά αποτελέσματα όμως των εφαρμογών ΕΠ έχουν ένα κόστος. Η ανάπτυξή τους είναι πράγματι μία χρονοβόρα διαδικασία και ο χρήστης μπορεί να αντιμετωπίσει τεχνικά ή/και χρηστικά προβλήματα. Τα προβλήματα αυτά μπορεί να παρεμποδίσουν τη μαθησιακή διαδικασία και οι μαθητές μπορεί να χάσουν το ενδιαφέρον τους³⁰. Δεύτερον, το γνωστικό αντικείμενο πρέπει να επιλεγεί προσεκτικά, επειδή όλα τα θέματα δεν είναι κατάλληλα για τρισδιάστατη απεικόνιση. Από την άλλη πλευρά, τα θέματα Αστρονομίας είναι, κάτι που οδήγησε σε καλά αποτελέσματα. Ωστόσο, πρέπει να υπάρχει ισορροπία μεταξύ των αναμενόμενων αποτελεσμάτων και του κόστους για την επίτευξή τους.

Επίσης, κάποιος πρέπει να λάβει υπόψη του το σημείο εκκίνησης. Αν υπάρχει ήδη ένα καλό επίπεδο γνώσεων σε ένα αντικείμενο, οι εφαρμογές ΕΠ ενδέχεται να αποδειχθούν περιττές. Στην παρούσα μελέτη, η εφαρμογή ΕΠ αποδείχθηκε (στατιστικώς) σημαντικά καλύτερη από τη συμβατική διδασκαλία, αν και οι δύο

²⁴ Parker, J., & Heywood, D. (1998). The Earth and beyond: developing primary teachers' understanding of basic astronomical events. *International Journal of Science Education*, 20(5), p. 514.

²⁵ Gazit, E., Yair, Y., & Chen, D. (2005). Emerging conceptual understanding of complex astronomical phenomena by using a virtual solar system. *Journal of Science Education and Technology*, 14(5), p. 462.

²⁶ Barnett, M., Keating, T., Barab, S. A., & Hay, K. E. (2013, April). Conceptual change through building three-dimensional virtual models. In B. Fishman & S. O'Connor-Divelbiss (Eds.), *Fourth International Conference of the Learning Sciences*, p. 137.

²⁷ Sadler, P. M. (1998). Psychometric models of student conceptions in science: Reconciling qualitative studies and distractor-driven assessment instruments. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, pp. 278-279.

²⁸ diSessa. A. (2000). *Changing minds*. Cambridge: MIT Press.

²⁹ 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* 2nd ed. (pp. 536-540). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

³⁰ Coban, M., Karakus, T., Karaman, A., Gunay, F., & Goktas, Y. (2015). Technical Problems Experienced in the Transformation of Virtual Worlds into an Education Environment and Coping Strategies. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(1), pp. 40-43.

μέθοδοι είχαν πολύ καλά αποτελέσματα, λαμβάνοντας υπόψη το σημείο εκκίνησης. Είναι άγνωστο τι θα είχε συμβεί εάν οι συμμετέχοντες γνώριζαν ήδη πολλά για το θέμα που τους παρουσιάστηκε.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η μελέτη ήταν περιορισμένη μόνο σε μία μικρή ομάδα μαθητών. Αντίστοιχες μελέτες σε άλλες ομάδες μαθητών, μεγαλύτερης ή μικρότερης ηλικίας, θα μπορούσαν να επιβεβαιώσουν τα ευρήματά της ή να εντοπίσουν διαφορές. Τέλος, αν και είχαν ληφθεί όλες οι αναγκαίες προφυλάξεις, η ακρίβεια των απαντήσεων σε ερωτηματολόγια πρέπει πάντοτε να γίνεται δεκτή με επιφύλαξη.

Συμπερασματικά, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους περιορισμούς, φαίνεται ότι οι εκπαιδευτικές εφαρμογές ΕΠ έχουν ένα πολλά υποσχόμενο δυναμικό. Πρέπει να σημειωθεί ότι η έρευνα που παρουσιάστηκε είναι ένα έργο σε εξέλιξη. Στόχος είναι η περαιτέρω διερεύνηση διαφορετικών σεναρίων και κάτω από διαφορετικές συνθήκες. Εντούτοις, τα πειραματικά δεδομένα που προέκυψαν ενισχύουν την άποψη ότι τα εικονικά περιβάλλοντα μάθησης έχουν θετικό αντίκτυπο στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Βιβλιογραφία

Ελληνόγλωσση

Σιμιτζόγλου, Σ. & Χαλκιά, Κ. (2007). Οι εναλλακτικές ιδέες των παιδιών για το ηλιακό σύστημα. Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση Vol. II, Ιωάννινα, σ.σ. 820-827.

Ξενόγλωσση

- Aukstakalnis, S., & Blatner, D. (1992). *Silicon Mirage; The art and science of Virtual Reality*. Peachpit Press.
- Barnett, M., Keating, T., Barab, S. A., & Hay, K. E. (2000). Conceptual change through building three-dimensional models. In B. J. Fishman & S. F. O'Connor (Eds.), *International Conference of the Learning Sciences* (pp. 134-142). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Barnett, M. (2005). Using Virtual Reality Computer Models to Support Student Understanding of Astronomical Concepts. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 24(4), pp. 333-356.
- Barnett, M., Keating, T., Barab, S. A., & Hay, K. E. (2013, April). Conceptual change through building three-dimensional virtual models. In B. Fishman & S. O'Connor-Divelbiss (Eds.), *Fourth International Conference of the Learning Sciences*, pp. 134-141.
- Baxter, J. (1989). Children's understanding of familiar astronomical events. *International Journal of Science Education*, 11, pp. 502-513.
- Casperson, J. M. & Linn, M. C. (2006). Using visualization to teach electrostatics. *American Journal of Physics*, 74 (4), pp. 316-323.
- Coban, M., Karakus, T., Karaman, A., Gunay, F., & Goktas, Y. (2015). Technical Problems Experienced in the Transformation of Virtual Worlds into an Education Environment and Coping Strategies. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(1), pp. 37-49.
- diSessa, A. (2000). *Changing minds*. Cambridge: MIT Press.
- Duit, R. (2006). *Bibliography: Students' and teachers' conceptions and science education*. Kiel, Germany.
- Gazit, E., Yair, Y., & Chen, D. (2005). Emerging conceptual understanding of complex astronomical phenomena by using a virtual solar system. *Journal of Science Education and Technology*, 14(5), pp. 459-470.
- Glass, G. V., Peckham, P. D., & Sanders, J. R. (1972). Consequences of failure to meet assumptions underlying fixed effects analyses of variance and covariance. *Review of Educational Research*, 42, pp. 237-288.
- Harwell, M. R., Rubinstein, E. N., Hayes, W. S., & Olds, C. C. (1992). Summarizing Monte Carlo results in methodological research: The one- and two-factor fixed effects ANOVA cases. *Journal of Statistics Education*, 17, pp. 315-339.
- Lee, E. A-L., & Wong, K. W. (2008). A Review of Using Virtual Reality for Learning. *Transactions on Edutainment I*, pp. 231-241.
- 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 2nd ed.* (pp. 511-544). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Lix, L. M., Keselman J. C., & Keselman H. J. (1996). Consequences of assumption violations revisited: A quantitative review of alternatives to the one-way analysis of variance F test. *Review of Educational Research*, 66, pp. 579-619.

- Martin, S., Diaz, G., Sancristobal, E., Gil, R., Castro, M., & Peire, J. (2011). New Technology trends in education: Seven years of forecasts and convergence. *Computers & Education*, 57(3), pp. 1893-1906.
- Mikropoulos, T. A., & Natsis, A. (2011). Educational virtual environments: A ten-year review of empirical research (1999–2009). *Computers & Education*, 56(3), pp. 769-780.
- Ozsoy, S. (2012). Is the Earth flat or round? Primary school children's understandings of the planet earth: The case of Turkish children. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 4(2), pp. 407-415.
- Pan, Z., Cheok, A. D., Yang, H., Zhu, J., & Shi, J. (2006). Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments. *Computers & Education*, 30(1), pp. 20-28.
- Parker, J., & Heywood, D. (1998). The Earth and beyond: developing primary teachers' understanding of basic astronomical events. *International Journal of Science Education*, 20(5), pp. 503-520.
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), pp. 211-227.
- Sadler, P. M. (1998). Psychometric models of student conceptions in science: Reconciling qualitative studies and distractor-driven assessment instruments. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, pp. 265-296.
- Stears, M., James, A., & Good, M. A. (2011). Teachers as learners: A case study of teachers' understanding of Astronomy concepts and processes in an ACE course. *South African Journal of Higher Education*, 25(3), pp. 568-582.
- Vosniadou, S. (1991). Designing curricula for conceptual restructuring: Lessons from the study of knowledge acquisition in astronomy. *Journal of Curriculum Studies*, 23, pp. 219-237.

Βιογραφικά στοιχεία συγγραφέων

Ο **Εμμανουήλ Φωκίδης** είναι λέκτορας στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Τα μαθήματά του εστιάζουν στις εκπαιδευτικές χρήσεις της Εικονικής Πραγματικότητας και στα τρισδιάστατα εκπαιδευτικά παιχνίδια. Από το 1994 συμμετέχει σε ερευνητικά έργα που αφορούν την εξ αποστάσεως και δια βίου εκπαίδευση, τις εκπαιδευτικές χρήσεις του Διαδικτύου και της Εικονικής Πραγματικότητας.

Η **Πηνελόπη Ατσικιάση** είναι προπτυχιακή φοιτήτρια στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Αιγαίου. Στα ενδιαφέροντά της περιλαμβάνονται οι εκπαιδευτικές χρήσεις της Εικονικής και Επαυξημένης Πραγματικότητας, καθώς και η χρήση των tablets στην εκπαιδευτική διαδικασία