

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2019)

6ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία»



Αξιοποίηση των ΤΠΕ στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών για τις πρώτες τάξεις του Δημοτικού: μία διδακτική πρόταση με χρήση προσομοιώσεων

Ευαγγελία Καρακωσταντάκη, Μιχαήλ Καλογιαννάκης

Βιβλιογραφική αναφορά:

Καρακωσταντάκη Ε., & Καλογιαννάκης Μ. (2022). Αξιοποίηση των ΤΠΕ στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών για τις πρώτες τάξεις του Δημοτικού: μία διδακτική πρόταση με χρήση προσομοιώσεων. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 802-807. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/3703>

Αξιοποίηση των ΤΠΕ στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών για τις πρώτες τάξεις του Δημοτικού: μία διδακτική πρόταση με χρήση προσομοιώσεων

Ευαγγελία Καρακωσταντάκη, Μιχαήλ Καλογιαννάκης
eva_karakw@hotmail.com, mkalogian@edc.uoc.gr
Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Περίληψη

Για τα φαινόμενα και τις έννοιες από το χώρο του μακρόκοσμου όπως το διάστημα, τους πλανήτες και την κίνηση τους γύρω από τον Ήλιο δείχνουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον οι μαθητές/τριες κυρίως των πρώτων σχολικών τάξεων. Ο μακρόκοσμος περιλαμβάνει έννοιες που δεν είναι τόσο προσιτές στις αισθήσεις των παιδιών με αποτέλεσμα να εμφανίζονται εννοιολογικά εμπόδια στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν πώς λειτουργεί ο κόσμος και να δεχθούν μοντέλα συμβατά με την επιστημονική γνώση. Η χρήση προσομοιώσεων βοηθάει στην κατανόηση εννοιών του μακρόκοσμου και η παρούσα μελέτη αποτελεί μία διδακτική πρόταση με την βοήθεια δύο λογισμικών για το διάστημα και τον πλανήτη Γη. Η πρώτη προσομοίωση η οποία έχει δημιουργηθεί με το Scratch - βάσει των αντιλήψεων των μαθητών/τριών για θέματα από το μακρόκοσμο - παρουσιάζει τις τροχιές των πλανητών. Επιπρόσθετα, στη μελέτη μας προτείνουμε ένα εκπαιδευτικό ψηφιακό σενάριο που αναφέρεται στην κίνηση της Γης και την εναλλαγή μέρας-νύχτας με χρήση του προγράμματος Stellarium. Τα συγκεκριμένα εκπαιδευτικά λογισμικά – Scratch και Stellarium και το εκπαιδευτικό μας σενάριο προτείνονται για μαθητές/τριες των δύο πρώτων τάξεων του Δημοτικού σχολείου.

Λέξεις κλειδιά: Φυσικές επιστήμες, ΤΠΕ, Scratch, Stellarium, Μικρά παιδιά

Εισαγωγή

Στις μέρες μας, οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) ενσωματώνονται στην εκπαιδευτική διαδικασία ως ένα πολυσύνθετο εργαλείο. Ο εκπαιδευτικός με τη βοήθεια των ΤΠΕ μπορεί να επεξηγήσει πολύπλοκες έννοιες, όπως αυτές που υπάρχουν στο χώρο των φυσικών επιστημών (da Silva et al., 2014). Για τη διδακτική των φυσικών επιστημών οι προσομοιώσεις και οι μοντελοποιήσεις χρησιμοποιούνται με επιτυχία εδώ και αρκετά χρόνια. Τα περισσότερα συστήματα προσομοιώσεων εμπεριέχουν δυναμικές αναπαραστάσεις που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη μάθηση φαινομένων και εννοιών από το χώρο των φυσικών επιστημών (Βλιώρα, Μουζάκης, & Καλογιαννάκης, 2014; Çelik et al., 2015).

Οι Rutten, Van Joolingen & Van der Veen (2012) διαπίστωσαν ότι η όλο και αυξανόμενη διαθεσιμότητα υπολογιστών και κατάλληλου εξοπλισμού, όπως οι έξυπνοι πίνακες, οι κινητές συσκευές, καθώς και το γεγονός ότι οι προσομοιώσεις έχουν καταστεί διαθέσιμες για ένα μεγάλο φάσμα επιστημονικών θεμάτων τις κάνουν αναπόσπαστο μέρος πολλών αναλυτικών προγραμμάτων. Ουσιαστικά, τα αποτελέσματα της χρήσης προσομοιώσεων φανερώνουν ότι έχουν κερδίσει μια βασική θέση στην αίθουσα διδασκαλίας, ως ένα σημαντικό εργαλείο των εκπαιδευτικών για τη διδασκαλία θεμάτων από το χώρο των φυσικών επιστημών (Lindgren & Schwartz, 2009; Zacharia & Olymπίου, 2011).

Οι προσομοιώσεις οι οποίες βασίζονται σε εκπαιδευτικά λογισμικά, μπορούν να επεξηγήσουν πολύπλοκες έννοιες και να κάνουν προσιτά πειράματα, που δεν είναι εύκολα υλοποιήσιμα σε μία αίθουσα διδασκαλίας (Gilbert & Terna, 2000). Δίνοντας έμφαση στο

μαθητή/τρια ως ενεργό παράγοντα στη διαδικασία απόκτησης γνώσης οι προσομοιώσεις μπορούν να οδηγήσουν σταδιακά τα παιδιά να συμπεράνουν τα χαρακτηριστικά του εννοιολογικού μοντέλου της προσομοίωσης (Rutten et al., 2012). Ο σχεδιασμός μιας προσομοίωσης πρέπει να είναι σαφής, να έχει σωστή δομή και να μην αποκλίνει από το στόχο της εκάστοτε δραστηριότητας. Μέσα από το διαδραστικό περιβάλλον της προσομοίωσης ο/η μαθητής/τρια παρατηρεί τι συμβαίνει και μπορεί να κατανοήσει πιο εύκολα ένα φαινόμενο σε αντίθεση με μία απλή περιγραφή του (Lindgren & Schwartz, 2009; Olympiou, Zacharia, & de Jong, 2013).

Με βάση τις παραπάνω αρχές δημιουργήσαμε μία προσομοίωση για τις τροχιές των πλανητών κατά το Ηλιοκεντρικό σύστημα με το λογισμικό Scratch. Στη συνέχεια, του κειμένου μας παρουσιάζουμε ένα εκπαιδευτικό ψηφιακό σενάριο απευθυνόμενο στους/ις μαθητές/τριες των δύο πρώτων τάξεων του δημοτικού σχολείου για την κίνηση της Γης και την εναλλαγή μέρας-νύχτας μέσω του λογισμικού Stellarium.

Κίνηση της Γης και εναλλαγή μέρας-νύχτας: αντιλήψεις μαθητών/τριών

Το διάστημα περιλαμβάνει φαινόμενα που δεν είναι προσιτά στις ανθρώπινες αισθήσεις. Τα παιδιά δείχνουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για θέματα από το μακρόκοσμο όμως συχνά εμφανίζονται εννοιολογικά εμπόδια στην προσπάθειά τους να κατανοήσουν πώς λειτουργεί ο κόσμος του σύμπαντος και να δεχθούν μοντέλα συμβατά με την επιστημονική γνώση.

Οι μαθητές/τριες έχουν ποικίλες ιδέες και αντιλήψεις για τις έννοιες των φυσικών επιστημών και προσπαθούν να δώσουν νόημα στον κόσμο μέσα στον οποίο ζουν. Οι ιδέες τους για το ηλιακό σύστημα, παρουσιάζουν ενδιαφέρον αφού αντιμετωπίζουν αρκετές δυσκολίες στην κατανόησή του. Από μικρή ηλικία τα παιδιά είναι ικανά να οικοδομήσουν ένα επιστημονικά αποδεκτό μοντέλο για το ηλιακό σύστημα, καθώς συζητούν, προβληματίζονται, παρατηρούν και μπορούν να κάνουν συγκρίσεις και να δεχθούν τη καινούργια μάθηση (Χαλκιά, 2006) και μεγαλώνοντας καλούνται να αναδομήσουν το αρχικό νοητικό μοντέλο τους.

Οι Vosniadou & Brewer (1992) διαπίστωσαν ότι τα νοητικά μοντέλα που χρησιμοποιούν οι μαθητές/τριες στην αρχή βασίζονται σε εμπειρίες της καθημερινής τους ζωής, λόγω χάριν ότι η γη είναι επίπεδη. Στη συνέχεια, χρησιμοποιούν συνθετικά μοντέλα καθώς αλληλεπιδρά η ήδη υπάρχουσα γνώση του/ης μαθητή/τριας και η νέα επιστημονική μάθηση. Στη συνέχεια, από αυτά τα δύο νοητικά μοντέλα ακολουθεί η οικοδόμηση ενός επιστημονικά αποδεκτού μοντέλου συμβατό με τις επιστημονικές απόψεις.

Διάστημα και ο πλανήτης Γη, κίνηση της Γης και η εναλλαγή μέρας-νύχτας

Σύμφωνα με το ΔΕΠΠΣ (2003) μέσα από την διδασκαλία επιδιώκεται οι μαθητές/τριες να έρθουν σε επαφή με σύγχρονα θέματα από το χώρο των φυσικών επιστημών έχοντας προσαρμοστεί στο νοητικό επίπεδο ανάπτυξης των μαθητών/τριών που απευθύνονται. Στη σχολική τάξη, η χρήση των ψηφιακών τεχνολογιών διευκολύνει αυτή την προέγγιση.

Στο Σχήμα 1 παρουσιάζεται η προσομοίωση που δημιουργήσαμε στο Scratch (διαθέσιμη στη βιβλιοθήκη του προγράμματος) για τις τροχιές των πλανητών κατά το Ηλιοκεντρικό σύστημα, η οποία στοχεύει να βοηθήσει τους/τις μαθητές/τριες ηλικίας 6 έως 8 ετών να γνωρίσουν τους πλανήτες και την κίνηση τους γύρω από τον ήλιο και θα μάθουν να αναγνωρίζουν το σφαιρικό σχήμα, ως το καταλληλότερο για να απεικονίζουν τον πλανήτη Γη, τον Ήλιο και τους άλλους πλανήτες του ηλιακού συστήματος. Αναλυτικότερα, αυτό θα πραγματοποιηθεί μέσω της παρουσίασης των στοιχείων που θα κληθούν να συλλέξουν οι μαθητές/τριες από την προσομοίωση για το σχήμα των πλανητών, την απόσταση των

πλανητών από τον Ήλιο καθώς και ότι ο Ήλιος βρίσκεται στο κέντρο του ηλιακού συστήματος. Τα παιδιά καλούνται να δημιουργήσουν ομαδικές κατασκευές μοντέλων του ηλιακού συστήματος χρησιμοποιώντας διάφορα υλικά και συζητώντας για τη θέση του ήλιου, το μέγεθος και τη θέση των πλανητών, χρησιμοποιώντας ποιοτικά κριτήρια όπως πιο μικρός ή πιο μεγάλος πλανήτης, πιο κοντά ή πιο μακριά από τον Ήλιο.



Σχήμα 1. Οι τροχιές των πλανητών κατά το Ηλιοκεντρικό σύστημα

Στη συνέχεια, προτείνεται να εστιάσουν στον πλανήτη Γη, στον άξονα και στην περιστροφή του. Με αφορμή την προσομοίωση για τις τροχιές των πλανητών κατά το Ηλιοκεντρικό σύστημα θα βασιστεί το εκπαιδευτικό ψηφιακό σενάριο για το μάθημα της κίνησης της Γης και την εναλλαγή μέρας και νύχτας με τη βοήθεια του λογισμικού Stellarium. Αναλυτικότερα, γίνεται συστηματική προσπάθεια να συνδέσουν τις θέσεις του ήλιου στον ουρανό με την εναλλαγή μέρας και νύχτας, αφού πρώτα έχουν διδαχθεί τον άξονα «Ο άνθρωπος και ο χρόνος» με απαιτούμενο χρόνο τρεις διδακτικές ώρες.

Οι βασικοί διδακτικοί στόχοι του εκπαιδευτικού ψηφιακού σεναρίου είναι η γνωριμία και η κατανόηση του φαινομένου. Στόχοι της 1^{ης} φάσης είναι οι μαθητές/τριες να είναι ικανοί να το παρατηρούν και να το αποτυπώνουν καθώς και να διατυπώνουν τις ιδέες τους για την εναλλαγή μέρας-νύχτας. Στην 2^η φάση υλοποιείται η διερεύνηση και ο εντοπισμός του φαινομένου από τους μαθητές/τριες. Ως στόχοι της 2^{ης} φάσης είναι οι μαθητές/τριες να εμπλακούν με τη διερευνητική μάθηση και να κατακτήσουν γνώσεις μέσα από την επιστημονική παρατήρηση. Στην 3^η φάση στοχεύουμε στη συνεργασία των μαθητών/τριών και στόχος της είναι οι μαθητές/τριες να κάνουν υποθέσεις και να τις απορρίπτουν ή να τις επαληθεύουν σε σχέση με το θέμα με τους συμμαθητές/τριες τους. Η 4^η και τελευταία φάση αποτελεί η εμπέδωση ώστε οι μαθητές/τριες να χρησιμοποιούν μοντέλα αναπαράστασης της Γης σε σχέση με τον Ήλιο και της κίνησης της γύρω από τον εαυτό της για να περιγράψουν την εναλλαγή μέρας-νύχτας.

Διδασκαλία για την εναλλαγή ημέρας-νύχτας μέσα από το Stellarium

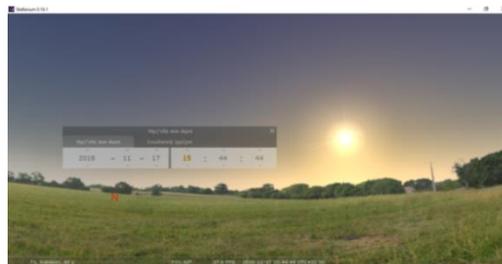
Αρχικά θα υλοποιηθεί η αναζήτηση των πρότερων γνώσεων και διερεύνηση για την κίνηση της Γης και της εναλλαγής ημέρας-νύχτας. Ο/η εκπαιδευτικός θα τοποθετήσει μία υδρόγειο σφαίρα στη μέση της τάξης και θα ρωτήσει τα παιδιά τι είναι, τι γνωρίζουν, αν τους θυμίζει κάτι καθώς και τι απεικονίζει. Έπειτα, προτείνεται να διατυπώσει μερικούς προβληματισμούς ή να βοηθήσει να αναδυθούν μέσα από τα παιδιά όπως γιατί έχουμε μέρα και νύχτα καθώς και όταν είναι μέρα στην Ελλάδα, είναι μέρα σε όλες τις χώρες; Από τις απαντήσεις των παιδιών δημιουργείται ένα ιστόγραμμα με τις βασικές υποθέσεις παιδιών.

Μέσα από το Stellarium τα παιδιά μπορούν να αναζητήσουν απαντήσεις στα ερωτήματα τους και εντός του σχολείου καθώς δεν είναι εφικτό να παρατηρήσουν τον νυχτερινό ουρανό

κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας και να βρεθούν σε διαφορετικές ηπείρους και χώρες. Αυτό μπορεί να υλοποιηθεί καθώς στο Stellarium τα παιδιά μπορούν να αλλάξουν την ώρα και την τοποθεσία με καθοδηγούμενη ανακάλυψη από σχετικό φύλλο εργασίας και την βοήθεια του εκπαιδευτικού. Αρχικά, τα παιδιά θα αλλάξουν μόνο την ώρα έτσι ώστε να παρατηρήσουν την αλλαγή της θέσης του Ήλιου κατά την κίνηση της Γης γύρω από τον εαυτό της και απέναντι από τον Ήλιο. Στο Σχήμα 2 απεικονίζεται η θέση του Ήλιου στις 9:32 π.μ. και στο Σχήμα 3 απεικονίζεται η θέση του Ήλιου το μεσημέρι στις 15:44 στο Ηράκλειο Κρήτης. Αν «πατήσουν» πάνω στον Ήλιο παρέχονται βασικές πληροφορίες για τον Ήλιο.



Σχήμα 2. Η θέση του Ήλιου στις 9:32 π.μ. στο Ηράκλειο Κρήτης



Σχήμα 3. Η θέση του Ήλιου το μεσημέρι στις 15:44 στο Ηράκλειο Κρήτης

Στο Σχήμα 4 στις 18:26 μ.μ. έχει ήδη σκοτεινιάσει και εμφανίζονται η Σελήνη, ο Άρης και ο Κρόνος, όπου με γυμνό μάτι δεν φαίνονται.



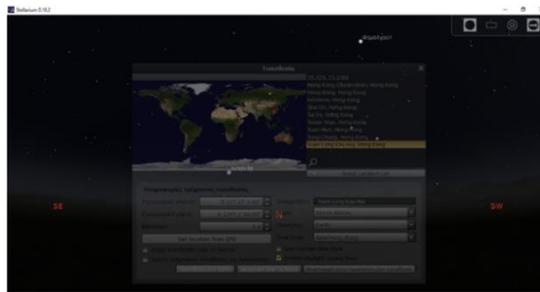
Σχήμα 4. Στις 18:26 μ.μ. στο Ηράκλειο Κρήτης έχει σκοτεινιάσει

Στη συνέχεια, τα παιδιά θα αλλάξουν την τοποθεσία, καθώς το Stellarium παρέχει τη δυνατότητα ο ουρανός να γίνει όπως τη νύχτα και να γίνει αλλαγή στην τοποθεσία και από την Κρήτη να «βρεθούν» σε άλλη χώρα. Στο Σχήμα 5 και στο Σχήμα 6 απεικονίζεται η αλλαγή

τοποθεσίας για να μελετήσουν τα παιδιά εάν οι χώρες που επιλέγουν έχουν και οι δύο μέρα ή μέρα και νύχτα.



Σχήμα 5. Στις 14:15 μ.μ. ώρα Ελλάδος, στην τοποθεσία Ηράκλειο Κρήτης στην Ελλάδα.



Σχήμα 6. Στις 14:15 μ.μ. ώρα Ελλάδος, στην τοποθεσία Χονγκ Κονγκ στη Κίνα.

Στην Ελλάδα είναι ημέρα και στην Κίνα νύχτα. Είναι νύχτα στην Κίνα επειδή εκείνη την στιγμή η πλευρά της Γης δεν φωτίζεται από τον Ήλιο. Ακόμη, μπορούν να αλλάξουν τοποθεσία και να δουν αν οι χώρες που επιλέγουν, έχουν και οι δύο μέρα ή μέρα και νύχτα και να παρατηρούν, παραδειγματός χάριν, ανά λεπτό, μισή, μία ώρα την θέση του ήλιου πάνω στον ουρανό από την ανατολή μέχρι την δύση του. Τα παιδιά προτείνεται να χωριστούν σε μικρές ομάδες, θα καταγράφουν με όποιο τρόπο επιθυμούν και θα φωτογραφίζουν ότι βλέπουν με την επιλογή του στιγμιότυπου οθόνης που είναι διαθέσιμο στον υπολογιστή αλλά και σε ταμπλέτες. Θα αναδυθεί λοιπόν το θέμα για την εναλλαγή μέρας-νύχτας στον πλανήτη Γη ενώ κατά τη διάρκεια που θα παρατηρούν την εναλλαγή μέρας-νύχτας στο λογισμικό, ο εκπαιδευτικός εξηγεί το φαινόμενο.

Εμπέδωση του φαινομένου - Αξιολόγηση

Σε μία από τις προτεινόμενες δραστηριότητες του ψηφιακού σεναρίου μας ζητάμε από τα παιδιά σε ζευγάρια να πάνονται με τα χέρια «πλάτη με πλάτη». Κάθε ζευγάρι αναπαριστά τον πλανήτη Γη και ένας άλλος μαθητής/τρια τοποθετείται σε ένα κεντρικό σημείο και αναπαριστά τον Ήλιο. Έπειτα, «ζητάμε» από τον «πλανήτη Γη» να περιστρέφεται γύρω από τον εαυτό του και σε κάποια χρονική στιγμή ο εκπαιδευτικός χτυπάει τα χέρια και η Γη ακινητοποιείται. Τα υπόλοιπα πρέπει να απαντήσουν από ποια πλευρά έχει ημέρα και από ποια νύχτα. Έτσι, το παιδί από το ζευγάρι που θα κοιτάει τον ήλιο θα έχει μέρα και το παιδί που δεν θα βλέπει το Ήλιο-συμαθητή/τρια του νύχτα. Στη συνέχεια, τα παιδιά καλούνται να κατασκευάσουν μακέτες, αφού πρώτα επιλέξουν υλικά (πορτοκάλια, πλαστελίνη,

πλαστικά μπαλάκια, οδοντογλυφίδες, καλαμάκια από σουβλάκια και χρώματα), που αναπαριστούν την περιστροφή της Γης γύρω από τον άξονά της δείχνοντας τη μέρα και τη νύχτα. Όταν τα παιδιά ολοκληρώσουν τις μακέτες τους, τις εκθέτουν στην τάξη και συζητούν. Επιπρόσθετα, προτείνεται να εξετάσουν τις αρχικές τους υποθέσεις. Το υπό μελέτη φαινόμενο είναι αρκετά σύνθετο, απαιτεί αφαιρετική σκέψη και προτείνεται ο/η εκπαιδευτικός να εστιαστεί στο χειρισμό από τα παιδιά του μοντέλου, που περιλαμβάνει βασικά στοιχεία του φαινομένου και όχι στο φαινόμενο αυτό καθαυτό, ώστε να διευκολυνθεί κυρίως η απόκτηση μαθησιακών εμπειριών από τα μικρά παιδιά.

Προοπτικές

Στις μέρες μας, το σύγχρονο περιβάλλον διδασκαλίας το οποίο βασίζεται στην τεχνολογία προσφέρει κατάλληλες προσομοιώσεις που παρέχουν την ευκαιρία στους/ις μαθητές/τριες να κατανοήσουν ποικίλα θέματα από το χώρο των φυσικών επιστημών. Η χρήση των προσομοιώσεων στην εκπαίδευση ενισχύει τη μάθηση που έχει νόημα όταν ενσωματωθεί με κατάλληλες εκπαιδευτικές δραστηριότητες. Η παρούσα εργασία – η οποία αποτελεί ουσιαστικά μία διδακτική πρόταση για τις πρώτες τάξεις του Δημοτικού σχολείου – είναι σε εξέλιξη και ιδιαίτερο ενδιαφέρον αναμένονται να έχουν τα πρώτα αποτελέσματα από τη συστηματική εφαρμογή της στο άμεσο μέλλον.

Αναφορές

- Celik, H., Sari, U., & Harwanto, U. N. (2015). Developing and evaluating physics teaching material with Algodoo (Phun) in virtual environment: Archimedes' Principle. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education (formerly CAL-laborate International)*, 23(4), 178–183.
- da Silva, S. L., da Silva, R. L., Junior, J. T., Gonçalves, E., Viana, E. R., & Wyatt, J. B. (2014). Animation with Algodoo: A simple tool for teaching and learning physics. *Exatas Online*, 5, 2839.
- Gilbert, N., & Terna, P. (2000). How to build and use agent-based models in social science. *Mind & Society*, 1(1), 57–72.
- Lindgren, R., & Schwartz, D. L. (2009). Spatial learning and computer simulations in science. *International Journal of Science Education*, 31(3), 419–438.
- Olympiou, G., Zacharia, Z., & de Jong, T. (2013). Making the Invisible Visible: Enhancing Students' Conceptual Understanding by Introducing Representations of Abstract Objects in a Simulation. *Instruction Science*, 41, 575–596.
- Rutten, N., Van Joolingen, W. R., & Van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58(1), 136–153.
- Vosniadou, S., & Brewer, W. F. (1994). Mental Models of the day/night cycle. *Cognitive Science*, 18, 123–183.
- Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning & Instruction*, 21(3), 317–331.
- Βλώρα, Ε., Μουζάκης, Χ., & Καλογιαννάκης, Μ. (2014). Αξιοποίηση του Λογισμικού Algodoo στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Μελέτη Περίπτωσης για τη Διδασκαλία της Διάθλασης του Φωτός. *Διδακταλία των Φυσικών Επιστημών - Έρευνα και Πράξη*, 50/51, 7–21.
- ΔΕΠΠΣ (2003). *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών*. Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Ανακτήθηκε στις 17 Νοεμβρίου 2018 από <http://www.pi-schools.gr/programs/deppts>
- Χαλκιά, Κρ. (2006). *Το Ηλιακό Σύστημα μέσα στο Σύμπαν: Η διαδρομή από την επιστημονική γνώση στη σχολική γνώση*. Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.