

Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 1 (2019)

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



Φυσικές Επιστήμες και ΤΠΕ: μία διδακτική πρόταση για τη διδασκαλία της διάθλασης του φωτός με την χρήση ΤΠΕ

*Ευαγγελία Τζαγκουρνή, Μιχαήλ Καλογιαννάκης,
Νικόλαος Ζαράνης*

Βιβλιογραφική αναφορά:

Τζαγκουρνή Ε., Καλογιαννάκης Μ., & Ζαράνης Ν. (2022). Φυσικές Επιστήμες και ΤΠΕ: μία διδακτική πρόταση για τη διδασκαλία της διάθλασης του φωτός με την χρήση ΤΠΕ. *Συνέδρια της Ελληνικής Επιστημονικής Ένωσης Τεχνολογιών Πληροφορίας & Επικοινωνιών στην Εκπαίδευση*, 1, 790–795. ανακτήθηκε από <https://eproceedings.epublishing.ekt.gr/index.php/cetpe/article/view/3701>

Φυσικές Επιστήμες και ΤΠΕ: μία διδακτική πρόταση για τη διδασκαλία της διάθλασης του φωτός με την χρήση ΤΠΕ

Ευαγγελία Τζαγκουρνή, Μιχαήλ Καλογιαννάκης, Νικόλαος Ζαράνης
evitatzakik@gmail.com, mkalogian@edc.uoc.gr, nzaranis@edc.uoc.gr
Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Περίληψη

Στην παρούσα διδακτική πρόταση προτείνουμε την εισαγωγή των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ) για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών και ειδικότερα της έννοιας της διάθλασης του φωτός στην Στ' τάξη του Δημοτικού. Αναλυτικότερα, παρουσιάζουμε μία τρίωρη πρόταση διδασκαλίας η οποία αποτελεί έναν συνδυασμό των προτάσεων του σχολικού εγχειριδίου για τη σχετική διδακτική ενότητα, με χρήση ψηφιακών εργαλείων όπως βίντεο, εφαρμογές δημιουργίας προσομοιώσεων (Algodoo) καθώς και άλλα σύγχρονα εργαλεία των ΤΠΕ.

Λέξεις κλειδιά: Φυσικές επιστήμες, Προσομοιώσεις, Διάθλαση, Algodoo, Web 2.0

Εισαγωγικά στοιχεία - Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και χρήση των προσομοιώσεων

Με την ραγδαία διάδοση των Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας (ΤΠΕ), εκπαιδευτικοί και ερευνητές προσπαθούν να τις εντάξουν στις σχολικές τάξεις διερευνώντας νέα πεδία εφαρμογής τους για τη διδακτική των φυσικών επιστημών με σκοπό τη βαθύτερη κατανόηση του κόσμου γύρω μας. Οι ΤΠΕ προσφέρουν ένα πλούσιο ερευνητικό περιβάλλον ικανό να ενισχύσει τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (Bozkurt & Plik, 2010; Βλιώρα, Μουζάκης, & Καλογιαννάκης, 2018) παρέχοντας ταυτόχρονα ευκαιρίες συνεργατικότητας και συμβάλλοντας παράλληλα στην ανάπτυξη της διαθεματικής κατανόησης επιστημονικών θεμάτων τα οποία συχνά παρουσιάζονται ως απομονωμένα επιστημονικά δεδομένα, ιδέες ή αρχές (Barab & Dede, 2007).

Τα τελευταία χρόνια συχνή είναι η αξιοποίηση μέσω ΤΠΕ ως μέσο ενδυνάμωσης και στήριξης της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών (Gunhaart & Srisawasdi, 2012). Πέρα από τη χρήση τους για συλλογή πληροφοριών, οι ΤΠΕ μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως μέσο διδασκαλίας και εξάσκησης, με σκοπό την υλοποίηση προσομοιώσεων για πειράματα που είναι δύσκολο να πραγματοποιηθούν σε συνθήκες εργαστηρίου (Bozkurt & Plik, 2010). Οι προσομοιώσεις στο περιβάλλον της τάξης διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο καθώς προσφέρουν στους μαθητές την ευκαιρία να μελετήσουν ποικίλα επιστημονικά φαινόμενα, να χειριστούν μεταβλητές και να λάβουν άμεσα αποτελέσματα, παρατηρώντας άμεσα την επιρροή των φαινομένων και καταλήγοντας στα δικά τους επιστημονικά συμπεράσματα (Kroothkaew & Srisawasdi, 2013).

Μαθητική εμπλοκή και διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών με χρήση προσομοιώσεων

Μαθητές όλων των ηλικιών διδάσκονται φυσικές επιστήμες έχοντας «ανεπίσημες ιδέες» και με μία αρχική κατανόηση του κόσμου που μας περιβάλλει, η οποία συνήθως στηρίζεται στις

εναλλακτικές αντιλήψεις τους (Gunhaart & Srisawasdi, 2012) και αρκετά συχνά δεν συμπίπτουν με τις επιστημονικές αποδεκτές απόψεις. Σύμφωνα με τους Sarabando et al. (2014), οι ΤΠΕ, μέσω προσομοιώσεων, διευκολύνουν τη διδασκαλία και μάθηση μέσω της οπτικοποίησης και αλληλεπίδρασης δυναμικών μοντέλων φυσικών φαινομένων.

Επιπρόσθετα, προσφέρουν εξιδανικευμένες, δυναμικές και οπτικές αναπαραστάσεις φυσικών φαινομένων και πειραμάτων τα οποία θα μπορούσαν να ήταν επικίνδυνα, να έχουν μεγάλο κόστος ή να μην είναι εφικτό να πραγματοποιηθούν στο σχολικό περιβάλλον. Οι μαθητές μπορούν να κάνουν υποθέσεις, να διερευνήσουν τα αρχικά αποτελέσματα, να αξιολογήσουν τις ιδέες τους, να αποκτήσουν διορατικότητα και κριτική σκέψη.

Διδασκαλία της διάθλασης του φωτός: εκπαιδευτική πρόταση με τη χρήση ΤΠΕ

Η διάθλαση του φωτός αποτελεί μία ιδιαίτερα σημαντική έννοια στην εκπαίδευση των φυσικών επιστημών. Οι έννοιες της πηγής του φωτός και της ευθύγραμμης διάδοσής του γίνονται πρόσκαιρα αποδεκτές από τους μαθητές και αρκετά συχνά παρατηρείται επιστροφή σε προηγούμενες, ανθεκτικές στην αλλαγή, ιδέες. Οι μαθητές, ανεξαρτήτως ηλικίας, είναι δύσκολο να αντιληφτούν την επιστημονική εξήγηση για το πώς γίνεται ορατό ένα αντικείμενο. Έτσι, παρουσιάζουν ασύμβατες επιστημονικά ιδέες. Αναφορά με το φως, θεωρούν ότι είναι «πανταχού παρόν» και δεν προέρχεται από συγκεκριμένη φωτεινή πηγή και συχνά δεν γίνεται αντιληπτό ότι αποτελεί μία ξεχωριστή οντότητα μεταξύ της πηγής και των αποτελεσμάτων της (Μπαμπάτσικου, Μπακάλη, Ασημόπουλος, & Τριανταφυλλίδης, 2017). Οι Kroothkaew & Srisawasdi (2013) υποστηρίζουν πως οι μαθητές θα πρέπει να έχουν ξεκάθαρους στόχους και ενδογενή κίνητρα ώστε να επιτύχουν τη διόρθωση λανθασμένων παρανοήσεων και οι προσομοιώσεις φαίνεται να αποτελούν ένα ιδιαίτερα χρήσιμο μαθησιακό εργαλείο. Σε αυτή την περίπτωση μπορούν να δώσουν στους μαθητές τη δυνατότητα να οπτικοποιήσουν τη διάθλαση φωτός και την αλληλεπίδρασή του με φακούς.

Η παρούσα εκπαιδευτική πρόταση προτείνεται να πραγματοποιηθεί σε τρεις διδακτικές ώρες και απευθύνεται σε μαθητές της ΣΤ΄ Δημοτικού στο πλαίσιο του μαθήματος «Φυσικά». Βασικοί στόχοι είναι να συνειδητοποιήσουν οι μαθητές τη διττή φύση του φωτός, σε ένα πρώιμο επίπεδο, όσο και τη ταχύτητα και ευθύγραμμη κατεύθυνσή του, να κατανοήσουν το φαινόμενο της διάθλασης του φωτός καθώς και τις δυο διαφορετικές κατηγορίες φακών με βάση το σχήμα τους. Όσον αφορά τις δεξιότητες, μετά την ολοκλήρωση της διδασκαλίας οι μαθητές θα μπορούν να σχεδιάσουν την πορεία των ακτίνων όπως προκύπτουν μετά την είσοδο των ακτίνων μέσα από ένα συγκλίνοντα ή αποκλίνοντα φακό και επιπλέον, μέσω της αλληλεπίδρασης τους με διαδραστικές εφαρμογές προσομοιώσεων θα εμπλακούν σε διαδικασίες παρατήρησης, διερεύνησης, πειραματισμού και αρχικής ερμηνείας του φαινομένου της διάθλασης του φωτός. Η διδακτική πρόταση χωρίζεται σε τρεις φάσεις, η καθεμία από τις οποίες προτείνεται να πραγματοποιηθεί σε μία διδακτική ώρα.

1η φάση: Έναυσμα ενδιαφέροντος - Εισαγωγή στην έννοια του φωτός

1^η Δραστηριότητα - Ανάκληση προηγούμενων γνώσεων - Προβληματισμοί

Ο εκπαιδευτικός αρχικά θέτει τον προβληματισμό στην ολομέλεια της τάξης ρωτώντας τι παρατηρούν όταν ανοίγουν την πόρτα από ένα φωτεινό σε ένα σκοτεινό δωμάτιο με σκοπό οι μαθητές να διατυπώσουν αρχικά την ιδέα της ευθύγραμμης διάχυσης των ακτίνων.

Οι ερωτήσεις αποσκοπούν στη ανάκληση προηγούμενων γνώσεων από την Ε΄ Δημοτικού. Στη συνέχεια, απεικονίζονται να τεθούν τα παρακάτω ερωτήματα/προβληματισμοί:

- Σε συνθήκες αμυδρού φωτός, πλησιάζοντας μία φωτεινή πηγή κοντά σε ένα βιβλίο, πώς βλέπω τα χρώματα και τα γράμματα;

- Σε συνθήκες αμυδρού φωτός, απομακρύνοντας μία φωτεινή πηγή μακριά από ένα βιβλίο, πώς βλέπω τα χρώματα και τα γράμματα;
- Ποια από τις δύο περιπτώσεις θα με βοηθήσει σε περίπτωση που θέλω να διαβάσω;

Επίσης, προτείνουμε, οι μαθητές να παρακολουθήσουν το βίντεο «*Τι είναι φως;*» έως το λεπτό 3'32" (διαθέσιμο στο <https://www.youtube.com/watch?v=WibxQmmopYc>). Στη συνέχεια, θα συζητηθεί στην τάξη τόσο η έννοια της ταχύτητας του φωτός όσο και η διττή του φύση, σε ένα πρωταρχικό στάδιο.

2η Δραστηριότητα: Ανάδειξη των ιδεών των μαθητών - Διατύπωση υποθέσεων

Στη συνέχεια, οι μαθητές καλούνται να αναρτήσουν τις ιδέες τους αρχικά ατομικά στο λογαριασμό τους στο εργαλείο web 2.0 Padlet (<https://padlet.com>), το οποίο αποτελεί ένα διαδικτυακό τοίχο στον οποίο οι χρήστες μπορούν να αναρτήσουν κείμενο, εικόνα ή βίντεο. Χρησιμοποιώντας το Padlet, που θα έχει διαμορφωθεί κατάλληλα από τον εκπαιδευτικό, οι μαθητές θα έχουν την ευκαιρία να διαμορφώσουν τη δική τους διαδικτυακή κοινότητα. Επιπλέον, θα έχουν τη δυνατότητα να αναρτήσουν συλλογισμούς και υποθέσεις αναφορικά με το φως, τη φύση του καθώς και το φαινόμενο της διάθλασης που πρωτοαναφέρθηκε στο βίντεο. Οι μαθητές θα κληθούν να επιστρέφουν στο Padlet καθ' όλη τη διάρκεια της διδασκαλίας και να επαναπροσδιορίζουν προηγούμενες υποθέσεις και συλλογισμούς τους.

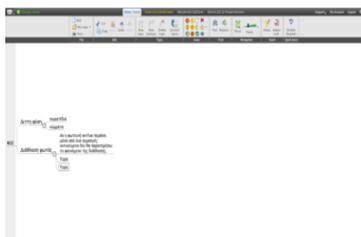
3η Δραστηριότητα -Εννοιολογική χαρτογράφηση

Για την επόμενη δραστηριότητα ο εκπαιδευτικός ρωτάει τους μαθητές για την περίπτωση των παραθύρων ή των γυαλιών μυωπίας. Σε αυτό το σημείο εισάγεται και επίσημα η έννοια της διάθλασης (Αποστολάκης κ.ά, 2009α; 2009β). Με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού, οι μαθητές κάνουν υποθέσεις για το τι θα συμβεί αν μία ακτίνω φως έρθει σε επαφή με μία διαφανή επιφάνεια και τι θα συμβεί αν η επιφάνεια είναι αδιαφανής ή τραχύς.

Στη συνέχεια, καλεί τους μαθητές να χρησιμοποιήσουν το comapping (Εικόνα 1), (<https://www.comapping.com/>) ώστε να δημιουργήσουν συνεργατικά το δικό τους εννοιολογικό χάρτη, σχετικά με τις έννοιες που παρουσιάζονται στη διδακτική ενότητα.

Παράλληλα, με τη χρήση του comapping, ο εκπαιδευτικός ανοίγει την προσομοίωση της διάθλασης του φωτός στο Algodoo με τίτλο «*Διάθλαση φωτός*» (Εικόνα 2), η οποία παρουσιάζει τρεις περιπτώσεις διάθλασης: σε γυαλί, νερό και πάγο. Το Algodoo είναι ένα λογισμικό σχεδιασμένο για την ενίσχυση της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών και διατίθεται δωρεάν στην επίσημη ιστοσελίδα του www.algodoo.com παρέχοντας ένα περιβάλλον εργασίας για τη δημιουργία διδασκαλίας προσομοιώσεων. Η προσομοίωση «*Διάθλαση φωτός*» (Εικόνα 2) που δημιουργήσαμε είναι διαθέσιμη στη βιβλιοθήκη του Algodoo και προτείνεται να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο διερευνητικής μάθησης.

Οι μαθητές καλούνται αρχικά να προσθέσουν τα χαρακτηριστικά που παρατηρούν, αναφορικά με το φαινόμενο στο comapping, αναφέροντας τις διαφορές που παρατηρούν αναφορικά με το υλικό διάθλασης, τη διαφοροποίηση στο βαθμό και γωνία ανάκλασης, κτλ. Αντίστοιχα με το padlet, οι μαθητές καλούνται να επισκεφθούν ξανά και το comapping, δημιουργώντας ιστογράμματα και για τους υπόλοιπους όρους τους οποίους θα διδαχτούν (φως, διάθλαση, φακοί, χρώμα φωτός, κτλ.). Μετά και το τέλος της διαμόρφωσης του ιστογράμματος, ο εκπαιδευτικός βοηθάει τους μαθητές να αναπτύξουν το παρακάτω σκεπτικό: όταν το φως που διαδίδεται σε ένα μέσο συναντήσει μια διαχωριστική επιφάνεια ανάμεσα στο μέσο αυτό και ένα άλλο διαφανές μέσο, ένα μέρος της φωτεινής ακτινοβολίας ανακλάται, ενώ ένα άλλο μέρος της συνεχίζει την πορεία του στο νέο μέσο, αλλάζοντας όμως διεύθυνση (Αποστολάκης, κ.ά, 2009α; 2009β).



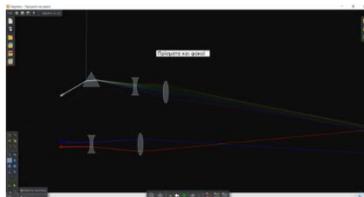
Εικόνες 1. Το περιβάλλον του Comapping



Εικόνα 2. Η προσομοίωση «Διάθλαση του Φωτός» στο Algodoo

2η φάση: Εισαγωγή νέας γνώσης - Πειραματισμός

Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει στους μαθητές τα είδη φακών που υπάρχουν και εξηγεί το σχήμα του καθενός καθώς και το γεγονός πως το όνομα τους προκύπτει από τον τρόπο με τον οποίο μεταχειρίζονται το φως που περνάει από μέσα τους. Στη συνέχεια, συνεχίζει με τη διεξαγωγή του πρώτου πειράματος του βιβλίου εργασιών των μαθητών (Αποστολάκης, κ.ά., 2009γ). Οι μαθητές χωρισμένοι σε ομάδες των 4 έως 5 ατόμων πρέπει να κόψουν ένα ορθογώνιο κομμάτι από το χαρτόνι ενός κουτιού από γάλα ή από χυμό και στη συνέχεια να ανοίξουν με το διατηρητικό μία τρύπα στην άκρη του χαρτονιού. Αφού προσθέσουν με το δάχτυλό τους μία σταγόνα νερό στην τρύπα που άνοιξαν, καλούνται να κοιτάξουν μέσα από την τρύπα μία εικόνα ή μία λέξη στο βιβλίο τους. Στη συνέχεια, μπορούν να δοκιμάσουν να κοιτάξουν μέσα από την τρύπα από διαφορετικές αποστάσεις από τα μάτια τους και από το βιβλίο και να καταγράψουν τι παρατηρούν. Στη συνέχεια, οι μαθητές έρχονται σε επαφή με τη προσομοίωση του Algodoo «Πρίσματα και φακοί» (Εικόνα 3) - η οποία έχει δημιουργηθεί από τους συγγραφείς του σεναρίου - αφού αρχικά προτείνουμε στα παιδιά να ομαδοποιήσουν τους συλλογισμούς τους χρησιμοποιώντας λογισμικό comapping.



Εικόνα 3. Η προσομοίωση στο Algodoo «Πρίσματα και φακοί»

Η παραπάνω προσομοίωση του Algodoo «Πρίσματα και φακοί» είναι διαθέσιμη στη βιβλιοθήκη του Algodoo και προτείνεται να χρησιμοποιηθεί ως εργαλείο διερευνητικής μάθησης. Με την ολοκλήρωση των πειραμάτων οι μαθητές θα πρέπει να καταλήξουν στο συμπέρασμα ότι διαφορετικά είδη φακών «μεταχειρίζονται» διαφορετικά τις ακτίνες φωτός και προτείνεται η εισαγωγή των όρων «συγκλίνων» και «αποκλίνων» φακός.

3η φάση: Εφαρμογή νέων ιδεών - Εμπέδωση - Γενίκευση

Για την 3^η διδακτική ώρα προαπαιτείται είτε χρήση του εργαστηρίου Πληροφορικής είτε η χρήση ατομικών κινητών συσκευών από τους μαθητές - μετά από σχετική άδεια - καθώς θα χρησιμοποιηθεί η εφαρμογή Quizlet (<https://quizlet.com/en-gb>) για την αξιολόγηση των στοιχείων τα οποία επεξεργάστηκαν οι μαθητές για τη διάθλαση του φωτός.

1η Δραστηριότητα - Παιχνίδια σε ομάδες

Οι μαθητές καλούνται να χωριστούν σε δύο «αντίπαλες» ομάδες και να συνταχτούν σε δύο παράλληλες γραμμές μπροστά από τον πίνακα της τάξης για ένα παιχνίδι σε ομάδες. Το πρώτο άτομο της κάθε σειράς προχωράει πιο μπροστά από τους άλλους και τοποθετεί την πλάτη του στον πίνακα, με τέτοιο τρόπο που να έχει μικρή απόσταση από τον επόμενο παίχτη και να έχουν βλεμματική επαφή. Έτσι, οι μαθητές είναι έτοιμοι να παίξουν το παιχνίδι “Charades”, μέσα από την εφαρμογή Quizlet, πατώντας την επιλογή Flashcards.

Κατά τη διάρκεια του παιχνιδιού, οι μαθητές καλούνται να τοποθετήσουν μία κινητή συσκευή στο μέτωπο τους, έτσι ώστε να φαίνεται ξεκάθαρα ο εκάστοτε όρος. Ο μαθητής που βρίσκεται πίσω από το μαθητή με τη κινητή συσκευή καλείται, περιγράφοντας ή δίνοντας τον ορισμό του εκάστοτε όρου, να βοηθήσει το συμμαθητή του να βρει τη λέξη στο μέτωπο του. Η κάθε ομάδα παίζει ανά 60 δευτερόλεπτα ώστε να αποφευχθεί η αναταραχή. Η ομάδα η οποία θα έχει βρει τις περισσότερες λέξεις μετά την ολοκλήρωση 5 γύρων, κερδίζει τη σχετική δοκιμασία.

2η Δραστηριότητα - Παιχνίδια σε ομάδες (συνέχεια)

Οι μαθητές καλούνται να διαλέξουν την επιλογή “Match” στο Quizlet. Αυτή η επιλογή παρέχει τη δυνατότητα στα παιδιά να αντιστοιχίσουν τους όρους της θεωρίας για τη διάθλαση του φωτός με τους ορισμούς ή/και τις επεξηγήσεις τους. Πραγματοποιούνται αναμετρήσεις ανάμεσα στους μαθητές ανά δύο άτομα και ο μαθητής που ταιριάζει τους όρους σε μικρότερο χρόνο είναι και ο νικητής της εκάστοτε «μονομαχίας». Το παιχνίδι συνεχίζεται μέχρι να βρεθεί ο γρηγορότερος της τάξης.

3η Δραστηριότητα - Αξιολόγηση

Οι μαθητές καλούνται να δώσουν ορισμούς και επεξηγήσεις για τον εκάστοτε όρο, να απαντήσουν σε ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής καθώς και σε ερωτήσεις σωστού ή λάθους μέσα από την εφαρμογή Quizlet, πατώντας την επιλογή Assessment. Η εφαρμογή παρέχει άμεση ανατροφοδότηση και δίνει την δυνατότητα επανάληψης της αξιολόγησης.

Επίλογος

Στις μέρες μας, ΤΠΕ βρίσκονται παντού γύρω μας και δίνονται να παρέχουν την ευκαιρία στους μαθητές να προσεγγίσουν πολυτροπικά ποικίλα θέματα από το χώρο των φυσικών επιστημών (Meng, 2016). Η χρήση των ΤΠΕ φαίνεται να αποτελεί κινητήριο δύναμη για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. Η αξιοποίηση τους φαίνεται να επιφέρει, πέρα από θετικά αποτελέσματα στην βελτίωση της κατανόησης και της αντίληψης των παιδιών, θετική αλλαγή της στάσης και της αντίληψης τους ως προς μαθήματα που άλλοτε φαινονταν δυσνόητα ή μονότονα (Clements & Sarama, 2013).

Προοπτικές

Η παρούσα εισήγηση αποτελεί μία διδακτική πρόταση με χρήση προσομοιώσεων που έχουμε δημιουργήσει με το λογισμικό Algoddo καθώς και εργαλείων web 2.0 είναι σε εξέλιξη για τη διδασκαλία της έννοιας διάθλασης του φωτός. Η γνωστική μετατόπιση που αναμένουμε από τους μαθητές για τη διάθλαση του φωτός θα αξιολογηθεί με χρήση κατάλληλα διαμορφωμένου ερωτηματολογίου (υπό δημιουργία). Με ιδιαίτερο ενδιαφέρον αναμένονται τα πρώτα αποτελέσματα από τη εφαρμογή της παρέμβασης στην τάξη.

Αναφορές

- Barab, S., & Dede, C. (2007). Games and immersive participatory simulations for science education: an emerging type of curricula. *Journal of Science Education and Technology*, 16(1), 1-3.
- Bozkurt, E., & Ilik, A. (2010). The effect of computer simulations over students' beliefs on physics and physics success. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 4587-4591.
- Clements, D. H., & Sarama, J. (2013). Rethinking early mathematics: What is research based curriculum for young children? In L. D. English & J. T. Mulligan (Eds.), *Reconceptualizing Early Mathematics Learning* (pp. 121-147). The Netherlands: Springer.
- Gunhaart, A., & Srisawasdi, N. (2012). Effect of Integrated Compute-based Laboratory Environment On Students' Physics Conceptual Learning of Sound Wave Properties. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 46, 5750-5755.
- Kroothkaew, S., & Srisawasdi, N. (2013). Teaching how light can be refracted using simulation-based inquiry with a dual-situated learning model. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 93, 2023-2027.
- Meng, X. (2016). *A Pedagogy of Multiliteracies into Practice: A Case Study in One Grade One Literacy Classroom* (Doctoral dissertation, The University of Western Ontario).
- Sarabando, C., Cravino, J. P., & Soares, A. A. (2014). Contribution of a computer simulation to students' learning of the physics concepts of weight and mass. *Procedia Technology*, 13, 112-121.
- Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας, Σ., Τσαγλιώτης, Ν., Μακρή, Β., Πανταζής, Γ., Πετρέα, Κ., Σωτηρίου, Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα, Α., & Καλκάνης, Γ. (2009α). «Φυσικά» ΣΤ' Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, Βιβλίο Δασκάλου. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων (Ο.Ε.Δ.Β.).
- Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας, Σ., Τσαγλιώτης, Ν., Μακρή, Β., Πανταζής, Γ., Πετρέα, Κ., Σωτηρίου, Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα, Α., & Καλκάνης, Γ. (2009β). «Φυσικά» ΣΤ' Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, Βιβλίο Μαθητή. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων (Ο.Ε.Δ.Β.).
- Αποστολάκης, Ε., Παναγοπούλου, Ε., Σάββας, Σ., Τσαγλιώτης, Ν., Μακρή, Β., Πανταζής, Γ., Πετρέα, Κ., Σωτηρίου, Σ., Τόλιας, Β., Τσαγκογέωργα, Α., & Καλκάνης, Γ. (2009γ). «Φυσικά» ΣΤ' Δημοτικού Ερευνώ και Ανακαλύπτω, Τετράδιο Εργασιών. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων (Ο.Ε.Δ.Β.).
- Βλιώρα, Ε., Μουζάκης, Χ., & Καλογιαννάκης, Μ. (2018). Διδασκαλία της Διάθλαση του Φωτός με τη Χρήση της Εφαρμογής Δισδιάστατης Απεικόνισης Algodoο. *Ανοικτή Εκπαίδευση: το περιοδικό για την Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση και την Εκπαιδευτική Τεχνολογία*, 14(2), 76-94.
- Μπαμπάτσικου, Γ., Μπακάλη, Β., Ασημόπουλος, Σ., & Τριανταφυλλίδης, Τ. (2017). Εννοιολογήσεις μαθητών και μαθητριών ΣΤ' Τάξης για την ευθύγραμμη διάδοση του φωτός και τις αναλογίες. Στο Δ. Σταύρου, Α. Μιχαηλίδη, Α. Κοκολάκη (Επιμ.), *Πρακτικά 10^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση της ΕΝΕΦΕΤ* (σσ. 591-598), 7-9 Απριλίου 2017.