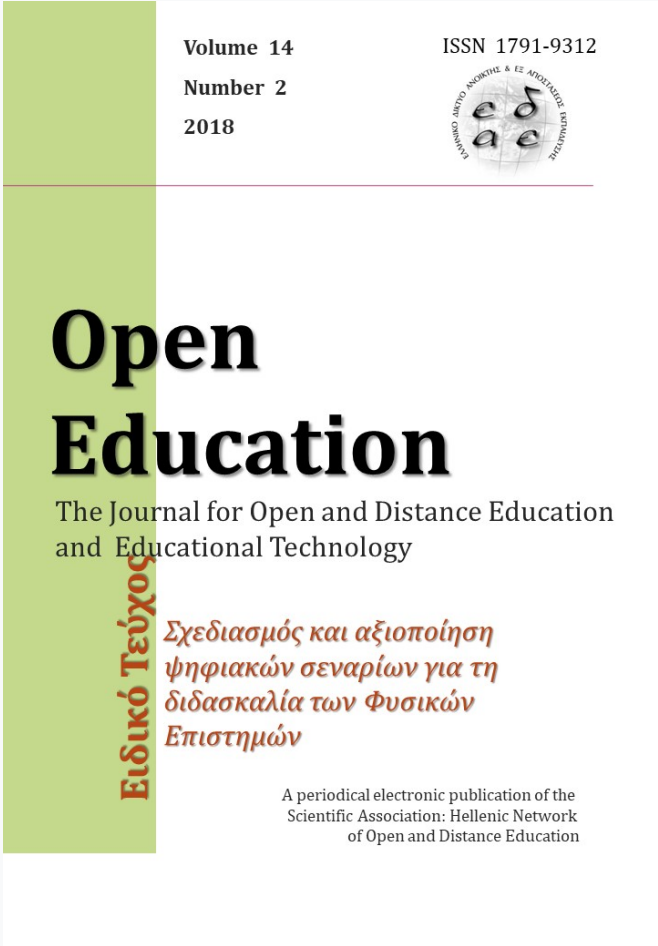
ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Ανοικτή Εκπαίδευση: το περιοδικό για την Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση και την Εκπαιδευτική Τεχνολογία

Τόμ. 14, Αρ. 2 (2018)

Σχεδιασμός και αξιοποίηση ψηφιακών σεναρίων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών



Διδασκαλία της Διάθλασης του Φωτός με τη Χρήση της Εφαρμογής Δισδιάστατης Απεικόνισης Algodoo

Ελένη Βλιώρα, Χαράλαμπος Μουζάκης, Μιχάλης Καλογιαννάκης

doi: 10.12681/jode.19007

Βιβλιογραφική αναφορά:

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 20/02/2026 07:52:10

Διδασκαλία της Διάθλαση του Φωτός με τη Χρήση της Εφαρμογής Δισδιάστατης Απεικόνισης Algodoo

Teaching Light Refraction Using Algodoo Application

Ελένη Βλιώρα
Εκπαιδευτικός ΠΕ70, M.Ed., Ελληνικού Ανοικτού Πανεπιστημίου
elenivliora@hotmail.gr
https://orcid.org/0000-0003-0834-2657

Χαράλαμπος Μουζάκης
Συνεργάτης, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης Πανεπιστημίου Αθηνών
hmouzak@primedu.uoa.gr
https://orcid.org/0000-0001-8744-6627

Μιχάλης Καλογιαννάκης
Επίκουρος Καθηγητής Πανεπιστημίου Κρήτης
Παιδαγωγικό Τμήμα Προσχολικής Εκπαίδευσης
Συντονιστής Θεματικής Ενότητας ΕΚΠ63 Διδακτική Φυσικών Επιστημών
Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
mkalogian@edc.uoc.gr
https://orcid.org/0000-0002-9124-2245

Abstract

Current research has explored new forms of teaching and learning to guide teachers in productive pedagogical innovation. Among these pedagogical innovations, using teaching scenarios in learning has become widely adopted in scholarly science education. One argument in favor of scenario-based teaching is that it promotes student-centered learning activities and motivates students to construct their own understanding of scientific ideas. Ultimately, these pedagogies foster different types of teaching activities which encourage students to conduct a self-directed, interest-guided and meaningful learning. The teachers' important roles in these sophisticated pedagogical capacities are directed towards facilitating, motivating, supporting, and supervising their students in order to become actively engaged with the content and able to learn from that engagement.

Research on the use of a diversity of ICT tools in education shows that these technologies have an important role to play in re-defining teaching frameworks in science education. Advanced computer software and interactive applications like Interactive Physics, Modellus, Phed and Algodoo provide learning opportunities that address many of the goals and challenges associated with pedagogical approaches to science education, such as inquiry-based learning, self-guided exploration and problem-solving. Technology-based teaching environment offers interactive computer simulations that enable students to work collaboratively on various science topics. It also provides opportunities to students for problem-solving, debating on controversial issues and making links between new knowledge which is gained through using ICT and prior learning.

This paper proposes a framework for designing a teaching scenario that incorporates ICT as a guide for improving conceptual understanding, higher-order thinking skills and collaborative learning in scholarly science education. Based on principles of the

scientific didactic model which has been incorporated in the official handbooks, this teaching scenario attempts to seek innovative student-centered approaches with the use of ICT regarding of the concept of light refraction in Greek primary school (10–12 years old students). The 2D-simulation software Algodoo and an interactive smart board are used to encourage teachers and students to create simulated "scenes" and explore the phenomenon of lights' refraction. In fact, this software provides a user-friendly and visually attractive interface where students are able to change the initial conditions and observe what happens to the physical properties contained in the animation. For example, Algodoo's optics scenes give the chance to students to study how light waves behave when they move from one physical material to another.
Based on the assumption that educational scenarios that incorporate ICT have enormous potential to provide opportunities for re-shaping the pedagogy in scholarly science education, this paper describes an operational concept for effective teaching using Algodoo. Drawing on constructivism views of learning, this educational scenario describes a set of teaching activities that integrate computer 2-D simulations in order to help students to revise their alternatives micro-conceptions, to identify questions, to test hypotheses, to make observations, to interpret evidence and to communicate their findings concerning the concept of light refraction. Further investigation and even practical experience are necessary to recognize how to design pedagogical activities that incorporate Algodoo's dynamic simulations in scholarly science education.

Key words
Light Refraction, 2-D Simulations, Algodoo

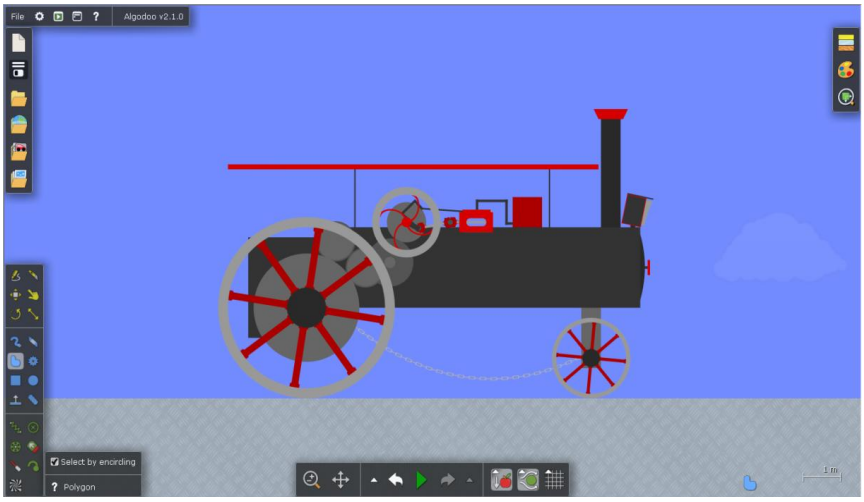
Περίληψη
Η αξιοποίηση διδακτικών σεναρίων αναγνωρίζεται ως καινοτόμα παιδαγωγική πρακτική στην εκπαιδευτική διαδικασία καθώς συνδέεται με την προώθηση μαθητοκεντρικών εκπαιδευτικών προσεγγίσεων υπό το πρίσμα των αρχών της εποικοδομητικής μάθησης. Η ένταξη των ΤΠΕ στο πλαίσιο παιδαγωγικά τεκμηριωμένων διδακτικών και μαθησιακών δραστηριοτήτων προσφέρει ευκαιρίες ενεργούς εμπλοκής των μαθητών σε διαδικασίες διερευνητικής και συνεργατικής μάθησης και υποστηρίζει διεργασίες που οδηγούν στην εννοιολογική κατανόηση κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Στην παρούσα εργασία περιγράφεται ένα διδακτικό σενάριο το οποίο αξιοποιεί το λογισμικό δισδιάστατης διαδραστικής σχεδίασης Algodoo για την υποστήριξη της διδασκαλίας της ενότητας «*Φως*» του μαθήματος «*Ερευνώ τον Φυσικό Κόσμο*» της Στ' Τάξης του Δημοτικού Σχολείου. Στο πλαίσιο του προτεινόμενου διδακτικού σεναρίου το λογισμικό δισδιάστατης διαδραστικής σχεδίασης Alogdoo εντάσσεται σε δραστηριότητες καθοδηγούμενης διερεύνησης οι οποίες αποσκοπούν στο να προσφέρουν στους μαθητές δυναμικές οπτικές αναπαραστάσεις που προσελκύουν το ενδιαφέρον τους και τους επιτρέπουν να κάνουν προβλέψεις, υποθέσεις και ερμηνείες για το φαινόμενο της διάθλασης του φωτός.

Λέξεις-κλειδιά
Διάθλαση του Φωτός, Δισδιάστατη Προσομοίωση, Algodoo

1. Εισαγωγή

Στη σύγχρονη εκπαιδευτική πραγματικότητα οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών (ΤΠΕ) αναγνωρίζονται ως χρήσιμα εργαλεία για την υποστήριξη της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης (Hu, et al., 2018, Alt, 2018, Rutten et al., 2015, Chang et al., 2008, Osborne & Hennessy, 2003). Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας προσφέρει διάφορα υπολογιστικά εργαλεία και τεχνολογικές επινοήσεις που αξιοποιούνται, κυρίως, για τη δημιουργία εικονικών πειραμάτων, προσομοιώσεων και οπτικών αναπαραστάσεων στο πλαίσιο διερευνητικών διδακτικών προσεγγίσεων οι οποίες τοποθετούν το μαθητή σε «*στη θέση του ερευνητή με παρουσία και ενεργό συμμετοχή στη μαθησιακή διαδικασία*» (Μικρόπουλος, 2002:375). Το Algodoo αποτελεί ένα λογισμικό δημιουργίας δισδιάστατων αναπαραστάσεων το οποίο διανέμεται δωρεάν μέσα από την ιστοσελίδα www.algodoo.com. Το Algodoo διαθέτει ένα σύνολο από εργαλεία για τη δημιουργία οπτικοποιήσεων και προσομοιώσεων που μπορούν να αξιοποιηθούν από τον εκπαιδευτικό ή και τους μαθητές σε διάφορες θεματικές ενότητες του γνωστικού αντικειμένου των Φυσικών Επιστημών τόσο στη Δευτεροβάθμια όσο και στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση.

Το περιβάλλον εργασίας του Algodoo δεν απαιτεί εξειδικευμένες τεχνικές δεξιότητες και προσομοιάζει με ένα συνηθισμένο πρόγραμμα σχεδίασης όπου ο χρήστης μπορεί να αναπαραστήσει σχεδιαστικά, να τροποποιήσει και να αποθηκεύσει διάφορα αντικείμενα. Στα αντικείμενα αυτά ο χρήστης μπορεί να αποδώσει εύκολα και γρήγορα διάφορες ιδιότητες όπως είναι η βαρύτητα, η ατμοσφαιρική πίεση, η ταχύτητα ανέμου κ.λπ. (Gregorcic & Bodin, 2017, Euler & Gregorcic, 2017, da Silva, et al., 2014) και με τον τρόπο αυτό να δημιουργήσει οπτικοποιήσεις και προσομοιώσεις διαφόρων φαινομένων (σκηνές). Οι ιδιότητες που έχουν αποδοθεί στα αντικείμενα κάθε σκηνής μπορούν να τροποποιηθούν ανά πάσα στιγμή επιτρέποντας έτσι τη συζήτηση και την παραγωγή νέων ιδεών. Ακόμη, το Algodoo παρέχει τη δυνατότητα στους χρήστες να αποτυπώσουν στιγμιότυπα των σκηνών που έχουν δημιουργήσει (όπως για παράδειγμα η σκηνή που παρουσιάζεται στην Εικόνα 1) ή και να αποθηκεύσουν μια ολόκληρη προσομοίωση (κλιπ) έτσι ώστε να τη μελετήσουν όσες φορές το επιθυμούν. Στον δικτυακό κόμβο υποστήριξης του Algodoo ο χρήστης έχει πρόσβαση σε ένα αποθετήριο σκηνών (οπτικές αναπαραστάσεις και προσομοιώσεις) που έχουν δημιουργήσει άλλοι χρήστες, καθώς επίσης και σε πρόσθετες πληροφορίες όπως είναι οι οδηγίες για τον τρόπο χρήσης του Algodoo και τα εργαλεία συνεργασίας ανάμεσα στους χρήστες του λογισμικού.



Εικόνα 1: Προσομοίωση λειτουργίας μηχανής για τη μετάδοση κίνησης στο Algodoo

Από παιδαγωγική σκοπιά το Algodoo, όπως και άλλες σύγχρονες ψηφιακές εφαρμογές (Kaur & Sharma, 2017, Riopel & Smyrnaiou, 2016, Zacharia & Olympiou, 2011, Mikropoulos & Natsis, 2011, Chang et al., 2008), αξιοποιείται στη βάση διδακτικών πρακτικών που επιχειρούν να συμπληρώσουν τα πραγματικά πειράματα παρά να τα αντικαταστήσουν (Grgić, 2017, Çelik, Sarı & Harwanto, 2015, Βλιώρα, Μουζάκης & Καλογιαννάκης, 2014). Στο πλαίσιο αυτό το Algodoo χρησιμοποιείται για τη δημιουργία οπτικών αναπαραστάσεων με σκοπό τον εμπλουτισμό της διαδικασία της μάθησης και την υποστήριξη της εννοιολογικής κατανόησης διαφόρων εννοιών και φαινομένων κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Hennessy, et al., 2007). Εμπειρικά δεδομένα δείχνουν ότι Algodoo έχει αξιοποιηθεί τόσο για τη συμπλήρωση ενός πραγματικού πειράματος που μπορεί να πραγματοποιηθεί στο σχολικό εργαστήριο, όπως είναι για παράδειγμα η μελέτη της οριζόντιας βολής ενός σώματος (da Silva et. al., 2014), όσο και για τη δημιουργία προσομοιώσεων για έννοιες και φαινόμενα για τα οποία η πειραματική διερεύνηση είναι αδύνατη στο σχολικό εργαστήριο, όπως είναι για παράδειγμα η μελέτη της τροχιακής κίνηση των πλανητών (Gregorcic & Haglund, 2017). Στην παρούσα εργασία περιγράφεται ένα διδακτικό σενάριο στο οποίο το Algodoo ενσωματώνεται σε δραστηριότητες καθοδηγούμενης διερεύνησης που στόχο έχουν να εμπλουτίσουν την παραδοσιακή διδασκαλία, δίνοντας τη δυνατότητα στους μαθητές να κάνουν υποθέσεις και παρατηρήσεις, να ερμηνεύσουν και να συζητήσουν και να καταλήξουν σε συμπεράσματα κατά τη μελέτη του φαινομένου της διάθλασης του φωτός.

2. Θεωρητικό Πλαίσιο

Όπως επισημαίνεται στη βιβλιογραφία, κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, οι σύγχρονες ψηφιακές τεχνολογίες εντάσσονται σε δραστηριότητες διαισθητικής προσέγγισης διαδικασιών και φαινομένων αποσκοπώντας, κυρίως, στην προώθηση της διερευνητικής μάθησης και της ανακάλυψης της γνώσης από τον ίδιο το μαθητή (Wibowo, et al. 2017a, Gregorcic, Etkina & Planinsic, 2017, Girault, et al., 2016). Σημαντικό μέρος της σχετικής βιβλιογραφίας (Renken, et al., 2016, Zacharia & Michael, 2016, Smyrnaiou, Moustaki & Kynigos, 2016, Greca, Sloane & Arriassecq, 2014, Wieman & Perkins, 2006, Hofstein & Lunetta, 2004) δίνει έμφαση στην προστιθέμενη μαθησιακή αξία που δύναται να έχουν οι δυναμικές οπτικές αναπαραστάσεις και οι προσομοιώσεις, οι οποίες όταν αξιοποιούνται με παιδαγωγικά κατάλληλους τρόπους, επιτρέπουν στους μαθητές να θέτουν διερευνητικές ερωτήσεις, να κάνουν υποθέσεις, να ελέγχουν και να τροποποιούν τις παραμέτρους ενός πειράματος, να κατασκευάζουν μοντέλα και να εξοικειώνονται με την επιστημονική μεθοδολογία (D'Angelo, Rutstein & Harris, 2016, Podolefsky, et al., 2010, Hennessy, et al., 2007, Jimoyiannis & Komis, 2003). Όπως επισημαίνουν και άλλοι ερευνητές (Sarabando, Cravino & Soares, 2014, McKagan et al., 2009, Stern, Barnea & Shauli, 2008), μία καλοσχεδιασμένη προσομοίωση μπορεί να ωθήσει τον μαθητή στο να προβλέψει την πορεία των ενεργειών του, να εξερευνήσει τις επιδράσεις από την τροποποίηση των αρχικών του υποθέσεων, να συζητήσει με τους συμμαθητές του τα αποτελέσματα για να καταλήξει σε συμπεράσματα.

Στην επιχειρηματολογία που αναπτύσσεται για τις δυνατότητες που προσφέρουν οι τεχνολογικές εφαρμογές στην εκπαιδευτική διαδικασία δίνεται κάποιες φορές έμφαση και στα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά κάθε τεχνολογικής εφαρμογής και του τρόπου που αυτά προσδιορίζουν τις εκπαιδευτικές της δυνατότητες. Για παράδειγμα, οι Clark et al. (2009) διακρίνουν τις προσομοιώσεις σε: (α) προσομοιώσεις που είναι επικεντρωμένες σ' ένα θέμα όπως είναι οι προσομοιώσεις του Phet ή τα διάφορα

είδη java applets όπου ο χρήστης μπορεί να μεταβάλλει κάποιες παραμέτρους που αφορούν μόνο το συγκεκριμένο φαινόμενο, (β) ολοκληρωμένα ψηφιακά περιβάλλοντα και μικρόκοσμους όπως το Interactive Physics, το Algoodo και το Physion, τα οποία παρέχουν ένα περιβάλλον όπου ο χρήστης μπορεί να κατασκευάσει τις δικές του απεικονίσεις και προσομοιώσεις σχεδιάζοντας αντικείμενα και αποδίδοντάς τους συγκεκριμένες ιδιότητες, και (γ) μοντελοποιητές όπως είναι το Modellus και το Easy Java Simulations, τα οποία αποτελούν ψηφιακά περιβάλλοντα που παρέχουν τη δυνατότητα στον χρήστη να δημιουργήσει μοντέλα σχεδιάζοντας αντικείμενα και ορίζοντας κανόνες και νόμους για τη συμπεριφορά τους. Επίσης, στη σχετική βιβλιογραφία, οι δυνατότητες που παρέχουν στον χρήστη οι δυναμικές απεικονίσεις και οι προσομοιώσεις για την τροποποίηση των παραμέτρων ενός πειράματος, αντιδιαστέλλονται με άλλες ψηφιακές εφαρμογές όπως είναι τα περιβάλλοντα εικονικής περιήγησης τα οποία προσφέρουν αμετάβλητες απεικονίσεις και τα ψηφιακά παιχνίδια τα οποία, αν και ενδέχεται να καλύπτουν και γνωστικούς στόχους, έχουν πρωτίστως ψυχαγωγικό χαρακτήρα (National Research Council, 2011, Kennedy-Clark, Galstaun & Anderson, 2011).

Από παιδαγωγική σκοπιά η αξιοποίηση των δυναμικών απεικονίσεων και των προσομοιώσεων εντάσσεται στο πλαίσιο διδακτικών προσεγγίσεων οι οποίες προάγουν την ενεργό μάθηση και την ανακάλυψη της γνώσης από τον ίδιο τον μαθητή (Trundle & Bell, 2010, Adams, Paulson & Wieman, 2009, Stern, Barnea & Shauli, 2008). Πολλοί ερευνητές τοποθετούν στο επίκεντρο της προβληματικής τους τη σύγκριση μεταξύ των μαθησιακών εμπειριών που αποκτώνται μέσω εικονικών πειραμάτων, ψηφιακών απεικονίσεων και προσομοιώσεων και των μαθησιακών εμπειριών που βασίζονται στη εκτέλεση πειραμάτων στον φυσικό χώρο του σχολικού εργαστηρίου (Wang & Tseng, 2018, Zacharia & Michael, 2016, de Jong, Linn & Zacharia, 2013, Zacharia & Olympiou, 2011). Τα σχετικά ευρήματα άλλοτε επιβεβαιώνουν την υπεροχή των πραγματικών πειραμάτων (ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου οι αισθήσεις της όρασης, της ακοής, της αφής, της όσφρηση ή της γεύσης παίζουν καθοριστικό ρόλο στην κατανόηση μιας έννοιας), άλλοτε επισημαίνουν τα πλεονεκτήματα της προσομοίωσης (ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου η μελέτη ενός φαινομένου σε πραγματικές συνθήκες είναι δαπανηρή, πολύπλοκη, ή ακόμα και αδύνατο να πραγματοποιηθεί) και άλλοτε αναγνωρίζουν τη θετική επίδραση τόσο των εικονικών όσο και των πραγματικών πειραμάτων όταν αυτά συνδυάζονται κατάλληλα κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Zacharia & de Jong, 2014, Olympiou, Zacharia & de Jong, 2013, Tarekegn, 2009, Srinivasan et al., 2006).

Η διαπίστωση ότι ο κατάλληλος συνδυασμός πραγματικών πειραματικών διατάξεων και προσομοιώσεων είναι εκείνος που προσφέρει πλούσιες μαθησιακές εμπειρίες βασίζεται στον κατάλληλο παιδαγωγικό σχεδιασμό των διδακτικών δραστηριοτήτων και την αποτελεσματική καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό (Psycharis, 2017, Wibowo, 2017b, Olympiou, Zacharia & de Jong, 2013, Olympiou & Zacharia, 2012, Trundle & Bell, 2010). Η σχετική βιβλιογραφία περιλαμβάνει πολλές καλές πρακτικές όπου τα εργαλεία ψηφιακών απεικονίσεων και προσομοιώσεων αξιοποιούνται για τον εμπλουτισμό της παραδοσιακής διδασκαλίας με σκοπό την κατανόηση εννοιών και φαινομένων όπως είναι για παράδειγμα η μάζα και το βάρος (Sarabando, Cravino & Soares, 2014), η κίνηση σε τροχιά (Jimoyiannis & Komis, 2001), η φωτοηλεκτρική επίδραση (McKagan, et al., 2009) και η κινητική μοριακή θεωρία με οπτικές ή και οπτικο-απτικές εφαρμογές (Stern, Barnea & Shauli, 2008). Στις περιπτώσεις αυτές η διδακτική μεθοδολογία περιλαμβάνει δραστηριότητες διερευνητικής μάθησης όπου ο μαθητής εμπλέκεται σε διαδικασίες πρόβλεψης,

παρατήρησης, εξήγησης, συζήτησης και συμπερασμού (Riopel & Smyrnaiou, 2016, Adams, Paulson, & Wieman, 2008).

Η αξιοποίηση διερευνητικών διδακτικών μεθόδων βασίζεται στην ανάδειξη και των έλεγχο των αρχικών διαισθητικών ιδεών και των αντιλήψεων των μαθητών, οι οποίες εμπίπτουν συχνά, σε παρανοήσεις και αναπαραστάσεις που διαφέρουν από τις αντίστοιχες επιστημονικά αποδεκτές (Kalogiannakis, Nirgianaki & Papadakis, 2018, Kalogiannakis, et al, 2018, Duit, Treagust, & Widodo, 2008, White, & Gunstone, 2008). Με δεδομένο ότι πολλοί μαθητές δυσκολεύονται στο να συνδέσουν τα φαινόμενα της καθημερινότητάς τους με την επιστημονική γνώση, διατηρώντας έτσι τις εναλλακτικές ιδέες τους, οι σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις δίνουν έμφαση σε πρακτικές που προάγουν την μάθηση μέσα από την ατομική και ομαδική διερεύνηση και αξιοποιούν τα σύγχρονα ψηφιακά συστήματα με σκοπό τη βελτίωση των μαθησιακών αποτελεσμάτων κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Θέμελη, κ.ά, 2017, Renken et. al. 2016, Ευαγγέλου & Κώτσης, 2014, Mikropoulos & Natsis, 2011).

Η ανάπτυξη διδακτικών σεναρίων που βασίζονται στις παιδαγωγικο-διδακτικές αρχές της διερευνητικής μάθησης πλαισιωμένες από τη χρήση των σύγχρονων ψηφιακών τεχνολογιών και η διάχυσή τους στην εκπαιδευτική κοινότητα μέσω διαδικτυακών αποθετηρίων (όπως είναι η πλατφόρμα «Αίσωπος») και μέσω δραστηριοτήτων της επιστημονικής κοινότητας (όπως είναι η έκδοση επιστημονικών περιοδικών και η διεξαγωγή συνεδρίων) αποτελούν πρακτικές που αναπτύσσονται συνεχώς και στη χώρας μας. Μέσα από τον σχεδιασμό και τη διάχυση διδακτικών σεναρίων επιχειρείται η σταδιακή αλλαγή παγιωμένων δασκαλοκεντρικών αντιλήψεων και πρακτικών και δίνεται έμφαση σε δραστηριότητες μέσα από τις οποίες οι μαθητές αποκτούν, προοδευτικά, την ικανότητα να διατυπώνουν και να ελέγχουν υποθέσεις, να λύνουν προβλήματα, να επικεντρώνονται σε διαδικασίες ανακάλυψης, εξήγησης και συμπερασμού και τελικά να φτάνουν στην εννοιολογική κατανόηση των υπό μελέτη φυσικών φαινομένων.

3. Εκπαιδευτικό Σενάριο για τη Διδασκαλία της Διάθλασης του Φωτός με την Υποστήριξη του Algodoo

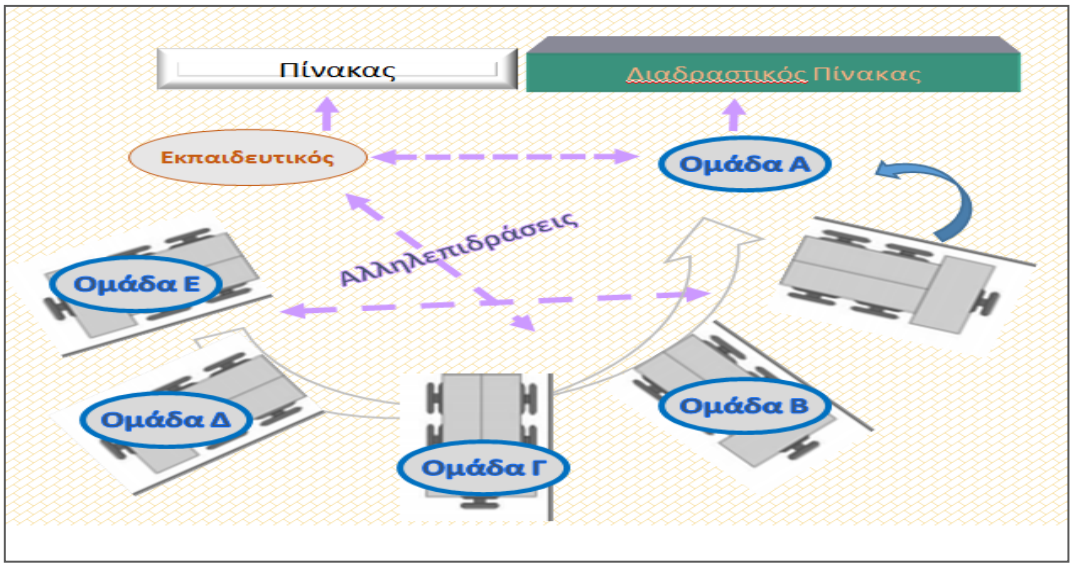
3.1 Συνοπτική Περιγραφή Σεναρίου

Το διδακτικό σενάριο αναφέρεται στην ενότητα «*Η διάθλαση του Φωτός*» του Κεφαλαίου «*Φως*» του γνωστικού αντικειμένου «*Ερευνώ τον Φυσικό Κόσμο*» της Στ΄ τάξης του Δημοτικού Σχολείου (ΑΠΣ, 2003). Οι δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στο σενάριο βασίζονται στη μεθοδολογία που προτείνει το ερευνητικά εξελισσόμενο διδακτικό μοντέλο, το οποίο εστιάζει στις ακόλουθες διαδικασίες: σχεδιάζω, παρατηρώ, υποθέτω, τροποποιώ, προβλέπω, ερμηνεύω, συμπεραίνω και εφαρμόζω (Καλκάνης, 2000). Συγκεκριμένα, ακολουθώντας τη διάρθρωση των δραστηριοτήτων που προτείνονται από το διδακτικό εγχειρίδιο για τη διδασκαλία του μαθήματος στο Δημοτικό Σχολείο (Βιβλίο Φυσικά Στ' Δημοτικού, Ερευνώ και Ανακαλύπτω), το παρόν σενάριο αξιοποιεί το Algodoo προκειμένου να ενεργοποιήσει όλους τους μαθητές της τάξης, να προσελκύσει το ενδιαφέρον τους και να ενισχύσει την ισότιμη συμμετοχή τους στο πλαίσιο δραστηριοτήτων διερευνητικής και συνεργατικής μάθησης. Οι δραστηριότητες αυτές διαρθρώνονται ως εξής:

(α) Έναυσμα ενδιαφέροντος
(β) Διατύπωση υποθέσεων
(γ) Πειραματισμός
(δ) Συμπεράσματα

(ε) Εμπέδωση και γενίκευση
(στ) Αποτίμηση γνώσης

Σε ότι αφορά στην οργάνωση της τάξης, προτείνεται η συγκρότηση ομάδων (ομαδοσυνεργατική προσέγγιση διδασκαλίας), με τον εκπαιδευτικό να καθοδηγεί, να συντονίζει και να παρεμβαίνει με σκοπό την διασφάλιση της συμμετοχής όλων των μαθητών στις διεργασίες οικοδόμησης της γνώσης (Πλακίτση, 2008, Κουλαϊδής, 2007, Κόκκοτας, 2002). Η αξιοποίηση διαδραστικού πίνακα εντάσσεται στη λογική δημιουργίας ενός «*ιδεατού*» περιβάλλοντος για την υλοποίηση της εκπαιδευτικής διαδικασίας, το οποίο αποδίδεται σχηματικά στην Εικόνα 2 που ακολουθεί.



Εικόνα 2: Ενδεικτική οργάνωση της τάξης για την αξιοποίηση του Algodoo

3.2 Διδακτικοί Στόχοι

Το παρόν σενάριο αποσκοπεί, βάσει της ταξινομίας της UNESCO (2002), να καταστήσει ικανούς τους μαθητές:

Επίπεδο 1: Γνωρίζοντας και κατανοώντας (γνώσεις)

- Να διαπιστώσουν πειραματικά το φαινόμενο της διάθλασης του φωτός.
- Να διακρίνουν με βάση το σχήμα τους συγκλίνοντες και αποκλίνοντες φακούς.

Επίπεδο 2: Διερευνώντας και εντοπίζοντας (δεξιότητες)

- Να σχεδιάσουν την πορεία παράλληλων φωτεινών ακτινών που προσπίπτουν σε συγκλίνοντα ή και σε αποκλίνοντα φακό.
- Να χειρίζονται το Algodoo για να εμπλακούν σε διαδικασίες παρατήρησης, πειραματισμού και ερμηνείας του φαινομένου της διάθλασης του φωτός.

Επίπεδο 3: Επικοινωνώντας (και συνεργαζόμενους με άλλους)

- Να αναλαμβάνουν ρόλους στο πλαίσιο της ομάδας και να αλληλεπιδρούν με τον εκπαιδευτικό και τους συμμαθητές τους.
- Να συνεργάζονται για να επικοινωνήσουν το αποτέλεσμα της διερεύνησής τους με προφορικό (έκφραση ιδεών, συμμετοχή σε συζητήσεις, προφορικές ανακοινώσεις) και γραπτό τρόπο (συγγραφή συμπερασμάτων).

Επίπεδο 4: Συνδέοντας με τη ζωή

- Να αναφέρουν περιπτώσεις εμφάνισης του φαινομένου της διάθλασης στην καθημερινή ζωή.
- Να αποκτήσουν θετικές στάσεις ως προς τον επιστημονικό τρόπο διερεύνησης των φυσικών φαινομένων.

3.3 Υλικοτεχνική υποδομή

Οι απαιτήσεις σε υλικοτεχνική υποδομή για την υλοποίηση του σεναρίου περιλαμβάνουν έναν υπολογιστή με σύνδεση στο Διαδίκτυο, έναν διαδραστικό πίνακα και το λογισμικό δισδιάστατης διαδραστικής σχεδίασης Algodoo.

3.4 Χρονική διάρκεια

Οι διδακτικές δραστηριότητες που περιγράφονται στο σενάριο μπορούν να υλοποιηθούν σε χρονικό διάστημα που καλύπτει δύο (2) διδακτικές ώρες. Σε περίπτωση που οι μαθητές δεν γνωρίζουν το Algodoo προτείνεται η υλοποίηση μιας δραστηριότητας για την εξοικείωσή τους με το περιβάλλον εργασίας και τις λειτουργίες που παρέχει το λογισμικό σε περιβάλλον διαδραστικού πίνακα. Η γνωριμία των μαθητών με το Algodoo μπορεί να γίνει με παιγνιώδη τρόπο με τη βοήθεια της δραστηριότητας του παρουσιάζεται στο Φύλλο Εργασίας 1 (δραστηριότητα προετοιμασίας). Η διάρκεια της δραστηριότητας προετοιμασίας υπολογίζεται σε περίπου μία (1) διδακτική ώρα και μπορεί να περιλαμβάνει και την εξοικείωση των μαθητών με τον διαδραστικό πίνακα.

3.5 Διδακτικές Δραστηριότητες

α. Έναυσμα ενδιαφέροντος

Αξιοποιώντας τις εικόνες που βρίσκονται στη σελίδα 102 του βιβλίου μαθητή (Βιβλίο Φυσικά Στ' Δημοτικού, Ερευνώ και Ανακαλύπτω) ο εκπαιδευτικός θέτει στους μαθητές τις εξής ερωτήσεις:

- «*Παρατηρήστε τη διαδρομή που κάνει το φως στο δωμάτιο όταν τα παιδιά ανοίγουν τη λάμπα ή όταν ανοίγουν την πόρτα του δωματίου. Με ποιο τρόπο διαδίδεται το φως*;»
- «*Πως ονομάζονται οι γραμμές του φωτός*;»

Οι ερωτήσεις αυτές αποσκοπούν στο να βοηθήσουν τους μαθητές να ανακαλέσουν στη μνήμη τους τα όσα είχαν διδαχθεί για το φως κατά τη φοίτησή τους στην Ε' τάξη του Δημοτικού Σχολείου και με τον τρόπο αυτό να προετοιμαστούν γνωστικά για το περιεχόμενο της επερχόμενης διδασκαλίας. Η παρατήρηση συνοδεύεται και από την αξιοποίηση μεγεθυντικού φακού από τις ομάδες των μαθητών. Με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού οι μαθητές καλούνται να δώσουν απαντήσεις σε ερωτήματα όπως:

- *«Πώς βλέπουμε τα γράμματα και τις εικόνες όταν πλησιάζουμε τον φακό στο βιβλίο;»*
- *«Πώς βλέπουμε τα γράμματα και τις εικόνες όταν απομακρύνουμε τον φακό από το βιβλίο;»*

Στη συνέχεια, οι μαθητές συνεργάζονται στις ομάδες τους και καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους στο αντίστοιχο πλαίσιο που υπάρχει στη σελίδα 139 του τετραδίου εργασιών μαθητή (Φυσικά Στ' Δημοτικού, Τετράδιο Εργασιών).

β. Διατύπωση υποθέσεων

Μέσα από ένα πείραμα επίδειξης όπου ο εκπαιδευτικός δείχνει στους μαθητές ένα διάφανο ποτήρι γεμάτο με νερό μέσα στο οποίο έχει τοποθετήσει ένα μολύβι, οι μαθητές παροτρύνονται να διατυπώσουν τις υποθέσεις τους με βάση ερωτήματα όπως:

- *«Πως φαίνεται το μολύβι;»*
- *«Τι μπορεί να συμβαίνει και το μολύβι φαίνεται έτσι;»*

Όλες οι υποθέσεις των μαθητών καταγράφονται στον πίνακα από τον εκπαιδευτικό και διατηρούνται εκεί μέχρι και τη διεξαγωγή της τελευταίας δραστηριότητας του παρόντος σεναρίου.

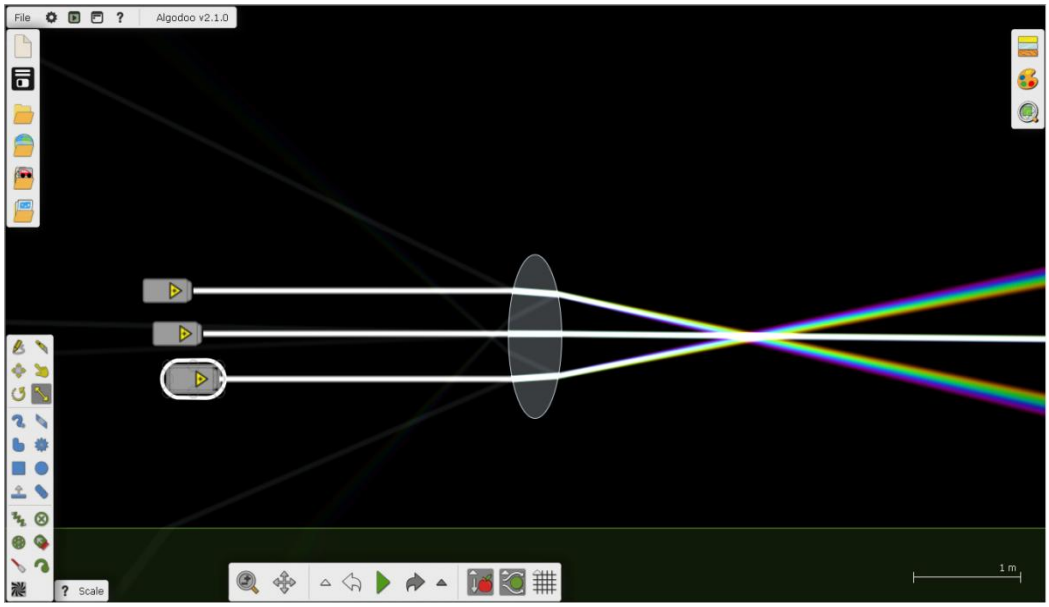
γ. Πειραματισμός

1η φάση

Στον διαδραστικό πίνακα εργάζονται ο μαθητές της Α' ομάδας, οι οποίοι αναλαμβάνουν να σχεδιάσουν μια διάταξη αντικειμένων στην ειδική παλέτα για οπτικά πειράματα που προσφέρει το Algodoo, ακολουθώντας τις οδηγίες που δίνονται στο Φύλλο Εργασίας 2. Ο εκπαιδευτικός, με κατάλληλες ερωτήσεις, ζητά από τους μαθητές της ομάδας να παρατηρήσουν τι συμβαίνει όταν οι δέσμες φωτός (μπορεί να αναφέρονται και ως ακτίνες) περνούν μέσα από τον φακό και τους καλεί να ανακοινώσουν τις παρατηρήσεις τους προφορικά στην τάξη. Στη συνέχεια, ο εκπαιδευτικός παροτρύνει τους μαθητές να τροποποιήσουν όσες φορές θέλουν τη θέση της φωτεινής πηγής, έτσι ώστε η δέσμη φωτός να προσκρούει στον φακό με διαφορετική γωνία κάθε φορά. Ο εκπαιδευτικός ζητά από τους μαθητές να συζητήσουν στις ομάδες τους τις παρατηρήσεις τους ως προς τη συμπεριφορά της δέσμης φωτός, ανάλογα με τη γωνία πρόσκρουσής της στην επιφάνεια του φακού. Ένας μαθητής από κάθε ομάδα ανακοινώνει προφορικά στην τάξη τις παρατηρήσεις της εκάστοτε ομάδας.

2η φάση

Στον διαδραστικό πίνακα εργάζονται οι μαθητές της Β΄ ομάδας, οι οποίοι σχεδιάζουν περισσότερες φωτεινές πηγές και στρέφουν τις αντίστοιχες δέσμες φωτός προς τον φακό. Ακολουθώντας τις οδηγίες που δίνονται στο φύλλο εργασίας 2, τροποποιούν τη θέση των αντικειμένων μέχρι να διαμορφωθεί η διάταξη που παρουσιάζεται στην εικόνα που περιλαμβάνεται στο φύλλο εργασίας και παρατίθεται στη συνέχεια (Εικόνα 3). Με κατάλληλες ερωτήσεις ο εκπαιδευτικός κατευθύνει τους μαθητές στο να παρατηρήσουν την πορεία των φωτεινών δεσμών όταν αυτές διέρχονται μέσα από τον φακό. Όλοι οι μαθητές της τάξης εργάζονται στις ομάδες τους και καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους στο πλαίσιο που υπάρχει στο Τετράδιο Εργασιών (Φυσικά Στ' Δημοτικού, Τετράδιο Εργασιών, σελ. 140). Ταυτόχρονα οι μαθητές, σχεδιάζουν την πορεία των φωτεινών ακτίνων στο σχήμα που υπάρχει στην ίδια σελίδα του Τετραδίου Εργασιών, χρησιμοποιώντας χάρακα και μολύβι.



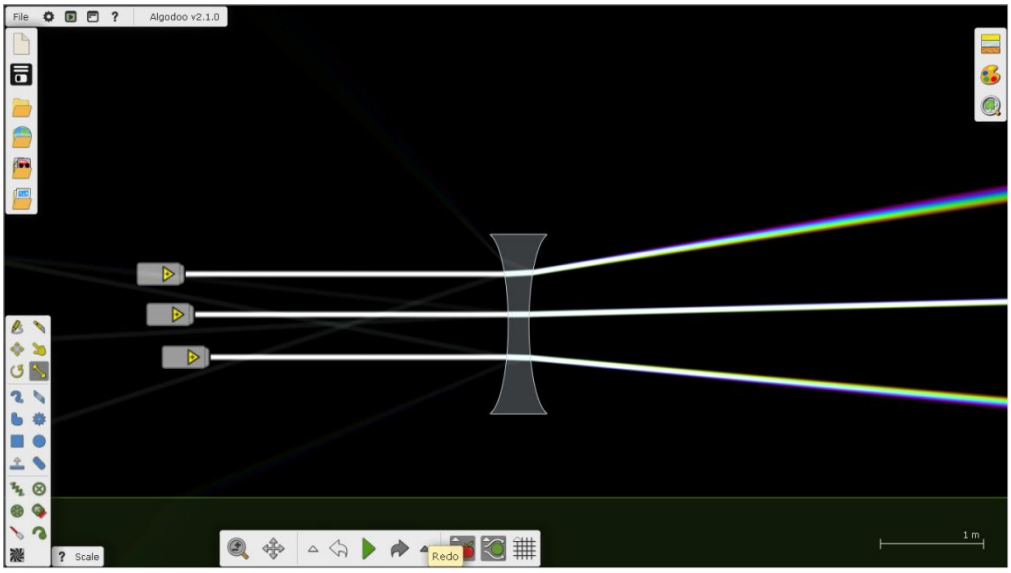
Εικόνα 3. Πορεία φωτεινών δεσμών μέσα από κυρτό φακό στο Algodoo

3η φάση

Στον διαδραστικό πίνακα εργάζονται ο μαθητές της Γ' ομάδας, οι οποίοι αναλαμβάνουν να σχεδιάσουν μια διάταξη αντικειμένων στην ειδική παλέτα για οπτικά πειράματα, ακολουθώντας τις οδηγίες που δίνονται στο Φύλλο Εργασίας 3. Οι μαθητές σχεδιάζουν μια φωτεινή πηγή την οποία οποίες στρέφουν προς τις κοιλότητες του φακού. Με την παρότρυνση του εκπαιδευτικού οι μαθητές αλλάζουν συνεχώς τη θέση της φωτεινής πηγής, έτσι ώστε η δέσμη φωτός να διέρχεται από διαφορετικά σημεία του φακού κάθε φορά. Ο εκπαιδευτικός ζητά από τους μαθητές της ομάδας να διατυπώσουν προφορικά τις παρατηρήσεις τους ως προς την πορεία της φωτεινής πηγής.

4η φάση

Στον διαδραστικό πίνακα εργάζονται οι μαθητές από την Δ' ομάδα οι οποίοι σχεδιάζουν περισσότερες φωτεινές πηγές, τις φωτεινές δέσμες των οποίων στρέφουν προς τις κοιλότητες του φακού. Τοποθετούν τις φωτεινές πηγές σε διαφορετικές θέσεις έως ότου διαμορφωθεί η διάταξη που παρουσιάζεται στην εικόνα που περιλαμβάνεται στο Φύλλο Εργασίας 3 (βλ. Εικόνα 4). Στη συνέχεια, ο εκπαιδευτικός ζητά από όλους τους μαθητές να συζητήσουν στις ομάδες τους τις παρατηρήσεις τους ως προς την πορεία των φωτεινών δεσμών όταν αυτές διέρχονται από την κοιλότητα του φακού. Αναλυτικότερα, ο εκπαιδευτικός ζητά από τους μαθητές να εργαστούν στις ομάδες τους και να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους στο πλαίσιο που υπάρχει στο Τετράδιο Εργασιών (Φυσικά Στ' Δημοτικού, Τετράδιο Εργασιών, σελ. 141). Επίσης, οι μαθητές χρησιμοποιούν χάρακα και μολύβι για να σχεδιάσουν την πορεία ακτίνων στο σχήμα που ακολουθεί το πλαίσιο «*Παρατήρηση*» στη σελ. 141 του Τετραδίου Εργασιών.



Εικόνα 4. Πορεία φωτεινών δεσμών μέσα από κοίλο φακό στο Algodoo

δ. Συμπέρασμα

Ανάλογα με τον αριθμό των ομάδων που έχουν δημιουργηθεί στην τάξη, ο εκπαιδευτικός προσκαλεί, είτε τα μέλη της ομάδας που μέχρι το σημείο αυτό δεν είχε εργαστεί στον διαδραστικό πίνακα (Ε΄ ομάδα), είτε τους μαθητές ομάδας που είχαν ήδη εργαστεί στον διαδραστικό πίνακα στις προηγούμενες φάσεις της διδασκαλίας. Συγκεκριμένα, ο εκπαιδευτικός ζητά από τους μαθητές να επαναλάβουν στο περιβάλλον του Algodoo τη σκηνή που περιγράφεται στο φύλλο εργασίας 2.

Αξιοποιώντας τις απεικονίσεις που δημιουργούν οι μαθητές, ο εκπαιδευτικός, εξηγεί ότι στην περίπτωση που ο φακός είναι παχύτερος στη μέση και λεπτότερος στα άκρα οι φωτεινές δέσμες που περνούν μέσα από αυτόν συγκεντρώνονται σε ένα σημείο, δηλαδή συγκλίνουν και συνεπώς, η ονομασία που δίνεται σε αυτούς τους φακούς είναι συγκλίνοντες φακοί. Στη συνέχεια, ο εκπαιδευτικός ζητά από μια άλλη ομάδα μαθητών να επαναλάβει στη σκηνή του Algodoo τη σχεδίαση της διάταξης που περιγράφεται στο φύλλο εργασίας 3. Ο εκπαιδευτικός εξηγεί ότι στην περίπτωση που ο φακός είναι λεπτότερος στη μέση και παχύτερος στα άκρα, οι φωτεινές ακτίνες που περνούν μέσα από αυτόν απομακρύνονται η μια από την άλλη, δηλαδή αποκλίνουν, συνεπώς τέτοιου είδους φακοί ονομάζονται αποκλίνοντες φακοί. Με την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού οι μαθητές συμπληρώνουν το πλαίσιο «*Συμπέρασμα*» καθώς και τον πίνακα με την ονομασία, το σχήμα φακού και τις παρατηρήσεις τους ως προς τις φωτεινές ακτίνες στο Τετράδιο Εργασιών (Φυσικά Στ' Δημοτικού, Τετράδιο Εργασιών, σελ. 141).

ε. Εμπέδωση και Γενίκευση

Ο εκπαιδευτικός προκαλεί συζήτηση στην ολομέλεια της τάξης με βάση τις υποθέσεις των μαθητών που καταγράφηκαν στον πίνακα κατά τη δεύτερη δραστηριότητα της διδασκαλίας και αφορούσαν τις υποθέσεις τους σχετικά με το γιατί φαίνεται έτσι το μισοβυθισμένο μολύβι μέσα στο ποτήρι με το νερό. Με ερωτήσεις όπως «*τι είναι αυτό που μας κάνει να βλέπουμε το μολύβι σαν να έχει σπάσει στο σημείο που βυθίζεται στο νερό;*» οι μαθητές καλούνται να αξιοποιήσουν τις γνώσεις που απέκτησαν από τη διεξαγωγή των προηγούμενων δραστηριοτήτων και να διατυπώσουν τα συμπεράσματά τους. Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει τον όρο της «*διάθλασης του φωτός*» στους μαθητές και τους παροτρύνει να αναφέρουν παραδείγματα εμφάνισης του φαινομένου της διάθλασης στη καθημερινή ζωή. Τους υπενθυμίζει τη δραστηριότητα με την οποία ξεκίνησε η διδασκαλία και αφορούσε τη χρήση μεγεθυντικού φακού. Αφού οι μαθητές ξανακοιτάξουν τις παρατηρήσεις που είχαν γράψει στο πλαίσιο της συγκεκριμένης δραστηριότητας (Φυσικά Στ' Δημοτικού, Τετράδιο Εργασιών, σελ.139) καλούνται να καταθέσουν προφορικά τις ερμηνείες του φαινομένου. Υποστηρικτικά, ο εκπαιδευτικός μπορεί να αξιοποιήσει τις εικόνες και τα ερωτήματα περιλαμβάνονται στον Πίνακα 1 που ακολουθεί.

Πίνακας 1. Ερωτήματα εμπέδωσης

Εικόνα	Ερωτήματα εμπέδωσης-γενίκευσης
	Αν κοιτάξουμε την επιφάνεια μιας πισίνας μπορούμε να καταλάβουμε ποιο είναι το πραγματικό της βάθος;
	Γιατί ο μεγεθυντικός φακός βοηθά στην παρατήρηση της μέλισσας;
	Σε τι βοηθούσαν τα κιάλια τους πειρατές;

Αφού παρουσιαστούν οι απόψεις των μαθητών, ο εκπαιδευτικός ανακεφαλαιώνει και ολοκληρώνεται η διδακτική ενότητα.

στ. Αποτίμηση γνώσης

Για την αποτίμηση των γνώσεων των μαθητών χρησιμοποιείται το Φύλλο Τελικής Αξιολόγησης, στο οποίο κάθε μαθητής απαντά ατομικά.

Σύνοψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκε ο σχεδιασμός ενός σεναρίου που αφορά στην ενότητα «*Φως*» του μαθήματος «*Ερευνώ τον Φυσικό Κόσμο*» της Στ' τάξη του Δημοτικού Σχολείου. Το παρόν σενάριο προτείνει την ένταξη του λογισμικού δισδιάστατης διαδραστικής σχεδίασης Algodoo στο πλαίσιο δραστηριοτήτων καθοδηγούμενης διερεύνησης με σκοπό τη διευκόλυνση της εννοιολογικής κατανόησης του φαινομένου της διάθλασης του φωτός από τους μαθητές. Χωρίς να παραγνωρίζονται οι περιορισμοί που συνοδεύουν την αξιοποίηση των ψηφιακών μέσων στην εκπαιδευτική διαδικασία και αναφέρονται, μεταξύ άλλων, σε καταστάσεις υπεραπλούστευσης φαινομένων και διαδικασιών, σε ενδεχόμενες νέες παρανοήσεις των μαθητών λόγω των προαναφερόμενων υπεραπλουστεύσεων και σε συνθήκες εξιδανίκευσης όπου τα όλα πειράματα διεξάγονται πάντοτε με επιτυχία, η αξιοποίηση του Algodoo επιχειρεί να εμπλουτίσει τη διδακτική διαδικασία προκειμένου να ενισχύσει τη συμμετοχή όλων των μαθητών και να τους εξοικειώσει με την επιστημονική μεθοδολογία (Otrel-Cass, et. al., 2016, Çelik, Sarı, & Harwanto, 2015, Olympiou, Zacharia, & de Jong, 2013). Η εφαρμογή του σεναρίου σε πραγματικές συνθήκες σχολικής τάξης θα δώσει τη δυνατότητα στην εκπαιδευτική κοινότητα να αποτιμήσει, στη βάση δομημένων μεθοδολογικών ερευνητικών εργαλείων, το βαθμό στον οποίο το Algodoo μπορεί να υποστηρίξει τη διαδικασία αναδόμησης των αρχικών ιδεών, να οδηγήσει στην εννοιολογική κατανόηση και να συμβάλει στην ανάπτυξη ικανοτήτων που σχετίζονται με τη διερεύνηση και την ανακάλυψη της γνώσης από τους ίδιους τους μαθητές.

Βιβλιογραφία

Adams, W. K., Paulson, A. & Wieman, C. E., (2009). What Levels of Guidance Promote Engaged Exploration with Interactive Simulations? *In PERC Proceedings*, 2009.

Alt, D. (2018). Science teachers' conceptions of teaching and learning, ICT efficacy, ICT professional development and ICT practices enacted in their classrooms. *Teaching and Teacher Education*, 73,141-150.

ΑΠΣ, (2003). Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων (Δ.Ε.Π.Π.Σ.) και Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (Α.Π.Σ.) Υποχρεωτικής Εκπαίδευσης. Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.

Βλιώρα, Ε., Μουζάκης, Χ., και Καλογιαννάκης, Μ., (2014). Αξιοποίηση του Λογισμικού Algodoo στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση: Μελέτη Περίπτωσης για τη Διδασκαλία της Διάθλασης του Φωτός. *Διδασκαλία Φυσικών Επιστημών, Έρευνα και Πράξη*, 50-51, 8-22.

Çelik, H., Sarı, 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*, 23(4), 178-183.

Chang, K. E., Chen, Y. L., Lin, H. Y., & Sung, Y. (2008). Effects of learning support in simulation-based physics learning. *Computers & Education*, 51(4), 1486-1498.

Clark, D.B., Nelson, B. C, Sengupta, P., & D'Angelo, C. M. (2009). Rethinking science learning through digital games and simulations: genres, examples, and evidence. *Proceedings of the National Academies Board on Science Education Workshop on Learning Science: Computer Games, Simulations, and Education*. Washington D.C: National Academies Press.

D'Angelo, C. M., Rutstein, D., & Harris, C. J. (2016). Learning with STEM Simulations in the Classroom: Findings and Trends from a Meta-Analysis. *Educational Technology*, 56(3), 58-61.

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)28-39.

de Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and Virtual Laboratories in Science and Engineering Education. *Science*, 340, 305-308.

Duit, R., Treagust, D., & Widodo, A. (2008). Teaching science for conceptual change: Theory and practice. In S.Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (pp.629–646).New York: Routledge.

Euler, E., & Gregorcic, B. (2017). Experiencing Variation and Discerning Relevant Aspects Through Playful Inquiry in Algodoo. *European Science Education Research Association* (ESERA). Ireland.

Ευαγγέλου, Φ. & Κώτσης, Κ. (2014). Συγκριτική μελέτη της επίδρασης πραγματικών και εικονικών πειραμάτων στη μάθηση για το φαινόμενο του βρασμού του νερού σε μαθητές Ε΄ και ΣΤ΄ Δημοτικού Σχολείου. Θέματα *Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 7(1-2), 5-24.

Girault, I., Peffer, M., Chiocarriello, A., Renken, M., & Otrel-Cass, K. (2016). Computer Simulations on a Multidimensional Continuum: A Definition and Examples. In *Simulations as Scaffolds in Science Education* (pp. 5-14). Springer International Publishing.

Greca, I. M., Sloane, E., & Arriassecq, I. (2014). Epistemological issues concerning computer simulations in science and their implications for science education. *Science and Education, 23*, 897–921.

Gregorcic, B., & Bodin, M. (2017). Algodoo: A Tool for Encouraging Creativity in Physics Teaching and Learning. *The Physics Teacher, 55*(25), 25-28.

Gregorcic, B., & Haglund, J. (2017). Throwing Planets into Orbit: Conceptual Blending with Physics Simulations. *European Science Education Research Association* (ESERA). Ireland.

Gregorcic, B., Etkina, E., & Planinsic, G. (2017). A New Way of Using the Interactive Whiteboard in a High School Physics Classroom: A Case Study. *Research in Science Education*, 1-25.

Grgić, M. (2017). *Teaching and learning physics with Algodoo-a simple tool for simulations.* Doctoral dissertation, Prirodoslovno matematički fakultet, Sveučilište u Splitu.

Θεμελή, Α., Στεφανίδης Γ., Καραγγελής, Κ., Πετροπούλου, Ο. & Ψαρομήλιγκος, Ι. (2017). Διερευνητικές δεξιότητες και μοντέρνες τεχνικές αξιολόγησης της επίδοσης των μαθητών: Ψηφιακό σενάριο διερευνητικής μάθησης «Στατικός Ηλεκτρισμός». Στο Κ. Παπανικολάου, Α. Γόγουλου, Δ. Ζυμπίδης, Α. Λαδιάς, Ι. Τζωρτζάκης, Θ. Μπράτιτσης, Χ. Παναγιωτακόπουλος (επιμ.), *Πρακτικά Εργασιών 5ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία»*, (σ. 49-58). Ανώτατη Σχολή Παιδαγωγικής & Τεχνολογικής Εκπαίδευσης, 21-23 Απριλίου 2017.

Hennessy, S., Wishart, J., Whitelock, D., Deaney, R., Brawn, R., La Velle, L., et al. (2007). Pedagogical approaches for technology-integrated science teaching. *Computers & Education*, 48(1), 137-152.

Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education* ,1(88), 28-54.

Hu, X., Gong, Y., Lai, C., & Leung, F. (2018). The relationship between ICT and student literacy in mathematics, reading, and science across 44 countries: A multilevel analysis. *Computers & Education*, 125, 1-13.

Jimoyiannis, A., & Komis, V. (2003). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers & Education*, 36, 183-204.

Kalogiannakis, M., Nirgianaki, G.-M., & Papadakis, St. (2018). Teaching magnetism to preschool children: the effectiveness of picture story reading. *Early Childhood Education Journal*, 46(5), 535-546.

Kalogiannakis, M., Ampartzaki, M., Papadakis, St., & Skaraki, E. (2018). Teaching Natural Science Concepts to Young Children with Mobile Devices and Hands-on Activities. A Case Study. *International Journal of Teaching and Case Studies, 9*(2), 171-183.

Καλκάνης, Γ. (2000). Οι Τεχνολογίες της Πληροφόρησης στην Εκπαιδευτική Διαδικασία (και) των Φυσικών Επιστημών. Στο Π. Κόκκοτας (επιμ.), *Διδακτικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες: Σύγχρονοι προβληματισμοί* (σ. 237–278). Αθήνα: Τυπωθήτω.

Kaur, S., & Sharma, S. K. (2017, August). E- Learning Manifesto: A New Vision for Teaching Physics Using E-tools in Higher Education. *International Journal of Computer Engineering and Applications*, 6(8), 47-51.

Kennedy-Clark, S., Galstaun, V., & Anderson, K. (2011). *Using game-based inquiry learning to meet the changing directions of science education*. Paper presented at the *Australian Society for Computers in Learning in Tertiary Education* (ASCILITE) Annual Conference.

Κόκκοτας, Π. (2000). *Διδακτικές προσεγγίσεις στις φυσικές επιστήμες – Σύγχρονοι προβληματισμοί*. Αθήνα: Τυπωθήτω.

Κουλαϊδής, Β. (2007). *Σύγχρονες διδακτικές προσεγγίσεις για την ανάπτυξη κριτικής – δημιουργικής σκέψης*, Αθήνα: ΟΕΠΕΚ.

McKagan, B., Handley, W., Perkins, K. & Wieman, C. E., (2009). A research-based curriculum for teaching the photoelectric effect. *American Journal of Physics*, 77(1), 87-94.

Mikropoulos, T. A. & Natsis, A. (2011). Educational Virtual Environments: A Ten Year Review of Empirical Research (1999 – 2009). *Computers & Education*, 56(3), 769-780.

Μικρόπουλος,Τ. (2002). Προσομοιώσεις και Οπτικοποιήσεις στην Οικοδόμηση της Γνώσης στις Φυσικές Επιστήμες. Στο Π. Μιχαηλίδης. & Α. Μαργετουσάκη (Επιμ.). *Πρακτικά του 3ου Πανελληνίου Συνεδρίου: Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογή των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. Ρέθυμνο 9-11 Μαΐου 2002, (σσ. 371-376).

National Research Council. 2011. *Learning Science Through Computer Games and Simulations*. Washington, DC: The National Academies Press.

Olympiou, G., & Zacharia, Z. C. (2012). Blending physical and virtual manipulatives: An effort to improve students' conceptual understanding through science laboratory experimentation. *Science Education*, *96*(1), 21-47.

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.

Osborne, J., & Hennessy, S. (2003). *Literature review in science education and the role of ICT: Promise, problems and future directions*. Bristol: Nest Future Lab.

Otrel-Cass, K., Girault, I., Renken, M., Chiocarriello, A., & Peffer, M. (2016). Considerations for Integrating Simulations in the Science Classroom. In *Simulations as Scaffolds in Science Education* (pp. 29-34). Springer International Publishing.

Πλακίτση, Κ. (2008). *Διδακτική των φυσικών επιστημών στην προσχολική και στην πρώτη σχολική ηλικία: Σύγχρονες τάσεις και προοπτικές*. Αθήνα: Πατάκης.

Podolefsky, N. S., Adams, W. K., Lancaster, K., Perkins, K. K., Singh, C., Sabella, M., & Rebello, S., (2010). Characterizing Complexity of Computer Simulations and Implications for Student Learning, In *AIP Conference Proceedings*,1289(1), 257.

Psycharis, S. (2017). The Impact of Computational Experiment and Formative Assessment in Inquiry-Based Teaching and Learning Approach in STEM Education. *Science Educational Technology*, 25, 316–326.

Renken, M., Peffer, M., Autrel-Cass, K., Girault, I., & Chiocarriello, A. (2016). *Simulations as Scaffolds in Science Education*. Springer.

Riopel, M. & Smyrnaiou Z., (2016). *New Developments in Science and Technology*, Springer.

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.

Sarabando, C., Cravino, J. & Soares, A. (2014). Contribution of a computer simulation to students' learning of the physic concepts of weight and mass. *Procedia Technology*, 13,112-121.

Smyrnaiou, Z., Moustaki, F., & Kynigos, C. (2016). Inquiry and Meaning Generation in Science While Learning to Learn Together: How Can Digital Media Provide Support? Στο M. Riopel, Z. Smyrnaiou, & (eds.), *New Developments in Science and Technology Education, Innovations in Science Education and Technology*, (pp. 109-123). Switzerland: Springer International Publishing.

Srinivasan, S., Perez, L. C., Palmer, R. D., Brooks, D. W., Wilson, K., & Fowler, D. (2006). Reality versus simulation. *Journal of Science Education and Technology*, 15(2), 137-141.

Stern, L., Barnea, N. & Shauli, S. (2008). The Effect of a Computerized Simulation on Middle School Students' Understanding of the Kinetic Molecular Theory. *Journal of Science Education and Technology*, 17/4, 305-3015.

Tarekegn, G. (2009). Can computer simulations substitute real laboratory apparatus?. *Latin American Journal of Physics Education*, 3(3), 506 – 517.

Tomara, M., Tselfes, V. & Gouscos, D. (2017). Instructional strategies to promote conceptual change about force and motion: A review of the literature. *Themes in Science & Technology Education*, 10(1), 1-16.

Trundle, K. C., & Bell, R. L. (2010). The use of a computer simulation to promote conceptual change: A quasi-experimental study. *Computers & Education*, 54(4), 1078-1088.

UNESCO (2002). Εκπαίδευση – Ο Θησαυρός που κρύβει μέσα της, Gutenberg, Αθήνα.

Wang, T. L., & Tseng, Y. K. (2018). The Comparative Effectiveness of Physical, Virtual, and Virtual-Physical Manipulatives on Third-Grade Students' Science Achievement and Conceptual Understanding of Evaporation and Condensation. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(2), 203-219.

White, R., & Gunstone, R.F. (2008). The conceptual change approach and the teaching of science. In S. Vosniadou (Ed.), *International Handbook of Research on Conceptual Change* (pp. 619-628). New York: Routledge.

Wibowo, F. C., Hermita, N., Suhandi, A., Supriyatman, Samsudin, A., Rusdiana, D., Darman, D. R., Nahadi, Akbardin, J., & Coştu, B. (2017a). Contribution of Virtual Microscopic Simulation (VMS) to Unveil Students' Conceptual Development and Misconceptions of Physics concepts of Heat Transfer. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 639-647.

Wibowo, F. C., Suhandi, A., Nahadi, Samsudin, A., Darman, D. R., Suherli, Z., Hasani, A., Leksono, S. M., Hendrayana, A., Suherman, Hidayat, S., Hamdani, D., & Coştu, B. (2017b). Virtual Microscopic Simulation (VMS) to promote students' conceptual change: A case study of heat transfer. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching,* 18(2), 1-31.

Wieman, C.E. and Perkins, K.K. (2006). A Powerful Tool for Teaching Science. *Nature: Physics*, 2(5), 290-292.

Zacharia, Z. C., & Michael, M. (2016). Using Physical and Virtual Manipulatives to Improve Primary School Students' Understanding of Concepts of Electric Circuits. In M. Riopel, & Z. Smyrnaiou (Eds). *New Developments in Science and Technology Education, Innovations in Science Education and Technology 23* (pp. 125-140). Switzerland: Springer International Publishing.

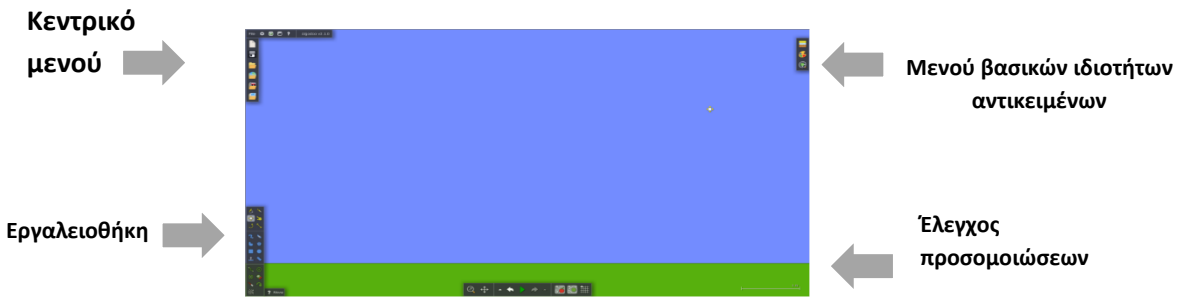
Zacharia, Z. C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning & Instruction*, 21(3), 317–331.

Zacharia, Z. C., & de Jong, T. (2014). The effects on students' conceptual understanding of electric circuits of introducing virtual manipulatives within a physical manipulatives-oriented curriculum. *Cognition and instruction,32*(2), 101-158.

Φύλλο Εργασίας 1

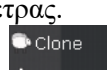
Α. Εγκατάσταση του Algodoo
Το Algodoo είναι διαθέσιμο δωρεάν στη διεύθυνση www.algodoo.com

Β. Εισαγωγή στο Algodoo (σε περιβάλλον υπολογιστή)
Η επιφάνεια διεπαφής του Algodoo περιλαμβάνει: (1) το κεντρικό μενού, (2) την εργαλειοθήκη, (3) τον έλεγχο προσομοιώσεων και (4) το μενού βασικών ιδιοτήτων των αντικειμένων. Οι δυνατότητες επεξεργασίας των αντικειμένων προσφέρονται μέσα από ένα πτυσσόμενου μενού, το οποίο εμφανίζεται με 'δεξί κλικ' πάνω σε κάθε αντικείμενο στην επιφάνεια εργασίας στου Algodoo.



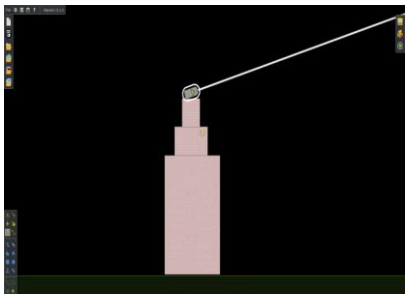
Β. Δημιουργία φάρου (Ευθύγραμμη διάδοση φωτός)

- Ξεκινήστε το **Algodoo.**
- Από το Κεντρικό Μενού επιλέξτε **File** →

- Με τον «***κύβο***» δημιουργήστε ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο στην επιφάνεια εργασίας που θα αποτελέσει τη βάση ενός φάρου.
    - Κάντε ένα ***κλικ*** πάνω στο σχήμα που μόλις δημιουργήσατε για να το επιλέξετε (γίνεται φωτεινό το περίγραμμά του).
    - Δεξί κλικ πάνω στο τετράγωνο και από το πτυσσόμενου μενού που εμφανίζεται επιλέξτε ***Material***.
    - Επιλέξτε ***Stone*** για να του δώσετε τις ιδιότητες πέτρας.
- Επαναλάβετε τη διαδικασία ή αξιοποιείστε την επιλογή 

για να δημιουργήσετε περισσότερα τετράγωνα για να συμπληρώσετε τα ψηλότερα μέρη του φάρου**.**
- Αναδιαμορφώστε τις διαστάσεις των σχημάτων με την ***κλίμακα*** μέχρι να αποκτήσουν την επιθυμητή μορφή.
- Στην κορυφή του φάρου δημιουργείστε μια φωτεινή πηγή με το ***Λέιζερ***
- Επιλέξτε το εικονίδιο και κάντε κλικ πάνω στο Λέιζερ.
- Κάντε δεξί κλικ και από το πτυσσόμενου μενού επιλέξτε

- Επιλέξτε λευκό χρώμα για τη φωτεινή πηγή.
- Επιλέξτε περιστροφή και περιστρέψτε το λέιζερ προς κάθε κατεύθυνση.



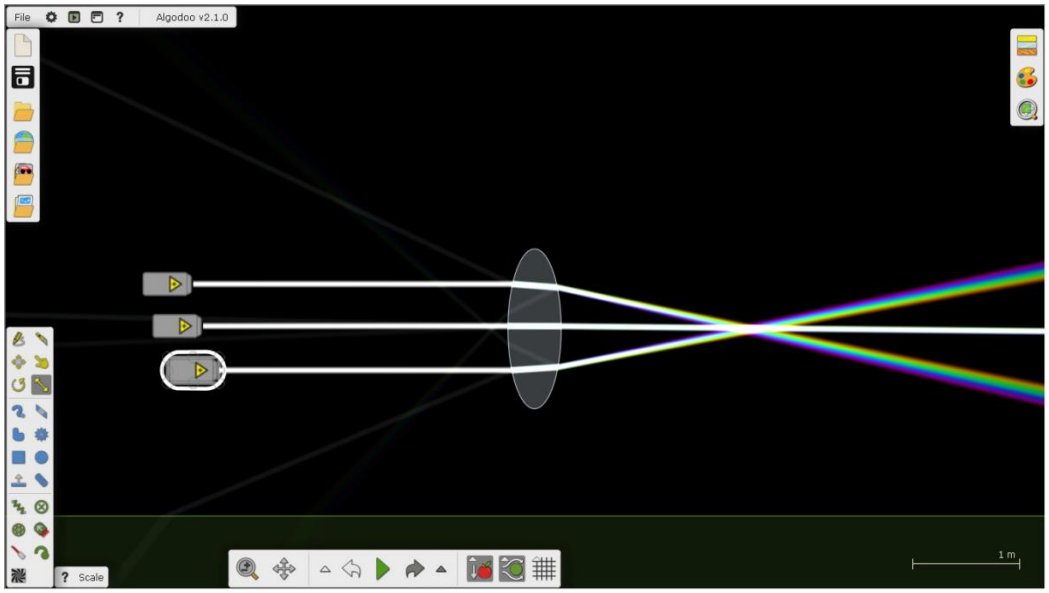
Φύλλο Εργασίας 2

1η φάση πειραματισμού

1) Στο **Algodoo** δημιουργείστε μια νέα σκηνή σε περιβάλλον οπτικής (**Optics**).
2) Από τον φάκελο αντικειμένων επιλέξτε αντικείμενο Convex Lens (κυρτός φακός).
3) Με το Λέιζερ δημιουργήστε μια δέσμη φωτός και στρέψτε την προς τον φακό που έχετε δημιουργήσει.
4) Αλλάξτε τη θέση της φωτεινής πηγής και παρατηρήστε την πορεία της δέσμης φωτός τους προς τον φακό.

2η φάση πειραματισμού

1) Προσθέστε άλλα δυο λέιζερ στην σκηνή και στρέψτε την πορεία των ακτίνων τους προς τον φακό.
2) Αλλάξτε την θέση των λέιζερ και στρέψτε και πάλι τις δέσμες φωτός προς τον φακό μέχρι να διαμορφωθεί η διάταξη που ακολουθεί:



3) Παρακολουθήστε την πορεία των φωτεινών δεσμών όταν διέρχονται μέσα από τον φακό; Τι παρατηρείτε;

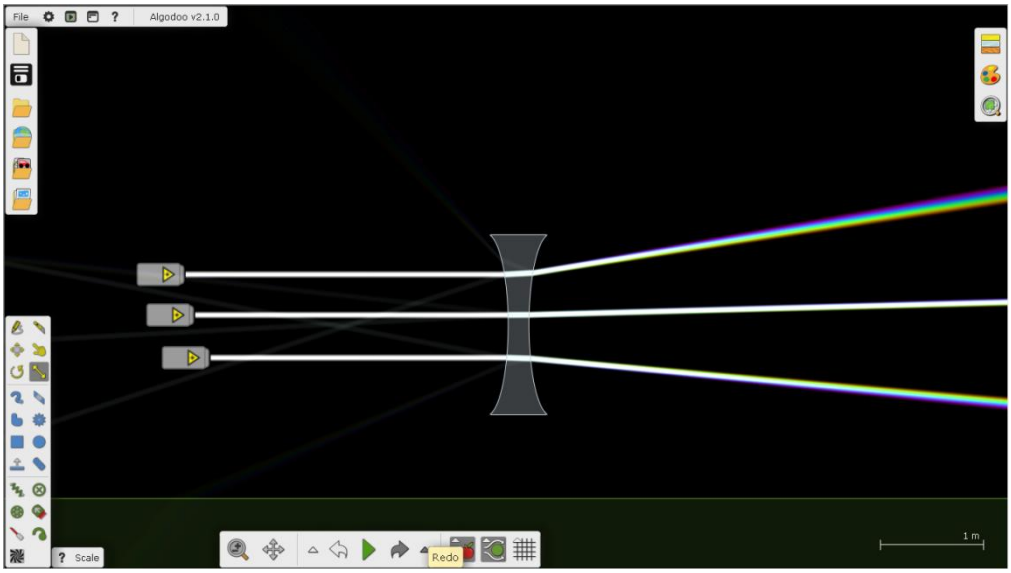
Φύλλο Εργασίας 3

3η φάση πειραματισμού

1) Στο **Algodoo** δημιουργείστε μια νέα σκηνή σε περιβάλλον οπτικής (**Optics**).
2) Από τον φάκελο αντικειμένων επιλέξτε αντικείμενο Concave Lens (Κοίλος φακός).
3) Με το Λέιζερ δημιουργήστε μια φωτεινή πηγή και στρέψτε τη δέσμη φωτός προς τον φακό που έχετε δημιουργήσει.
4) Τοποθετήστε τη φωτεινή πηγή σε διαφορετικές θέσεις
5) Τι παρατηρείτε;

4η φάση πειραματισμού

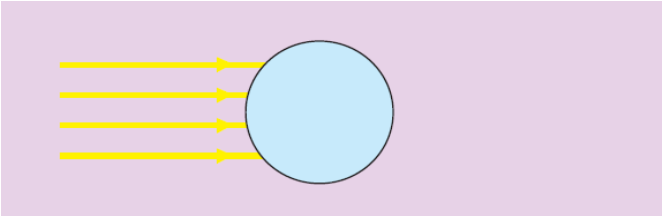
1) Προσθέστε άλλα δυο λέιζερ στην σκηνή και στρέψτε την πορεία των ακτίνων τους προς τον φακό.
2) Αλλάξτε την θέση των λέιζερ και στρέψτε και πάλι τις δέσμες φωτός προς τον φακό μέχρι να διαμορφωθεί η διάταξη που ακολουθεί:



3) Παρακολουθήστε την πορεία των φωτεινών ακτίνων όταν διέρχονται μέσα από τον φακό; Τι παρατηρείτε;

Φύλλο Τελικής Αξιολόγησης

1. Στο σχήμα που ακολουθεί υπάρχει ένας διαφανής φακός με κυκλικό σχήμα. Με την βοήθεια του χάρακά σου σχεδίασε την πορεία των φωτεινών ακτίνων;



2. Το άδειο μπουκάλι από απορρυπαντικό είναι από διαφανές υλικό. Χρησιμοποίησε και εδώ τον χάρακά σου και σχεδίασε την πορεία των φωτεινών ακτίνων;

3. Ποιο φαινόμενο ονομάζουμε διάθλαση του φωτός;

……
……

4. Ποιους φακούς ονομάζουμε συγκλίνοντες; Μπορείς να εξηγήσεις γιατί ονομάζονται έτσι;

……
……

5. Ζωγράφισε στο παρακάτω πλαίσιο έναν συγκλίνοντα φακό και την πορεία των φωτεινών ακτίνων όταν διέρχονται μέσα από αυτόν.

6. Ποιους φακούς ονομάζουμε αποκλίνοντες; Μπορείς να εξηγήσεις γιατί ονομάζονται έτσι;

……
……

7. Ζωγράφισε στο παρακάτω πλαίσιο έναν αποκλίνοντα φακό και την πορεία των φωτεινών ακτίνων όταν διέρχονται μέσα από αυτόν.

Καλή επιτυχία!!!