



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

Σχολή Θετικών Επιστημών

Τμήμα Βιολογίας

ΠΜΣ «Διδακτική της Βιολογίας»

Συμβολή της διαδικτυακής πλατφόρμας ILS (Inquiry Learning Spaces) στη διδασκαλία της φωτοσύνθεσης μέσω διερεύνησης

Μαρία Δ. Φερμάνη

Επιβλέπουσα: Ευαγγελία Μαυρικάκη

Αθήνα, 2018

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Συμβολή της διαδικτυακής πλατφόρμας ILS (Inquiry Learning Spaces)
στη διδασκαλία της φωτοσύνθεσης μέσω διερεύνησης

Μαρία Δ. Φερμάνη

ΑΜ: 51601

Τριμελής Συμβουλευτική Επιτροπή:

- Μαυρικάκη Ευαγγελία
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής
Εκπαίδευσης ΕΚΠΑ (επιβλέπουσα)
- Παπασιδέρη Ισιδώρα
Καθηγήτρια Τμήματος Βιολογίας ΕΚΠΑ
- Ριζοπούλου Σοφία
Καθηγήτρια Τμήματος Βιολογίας ΕΚΠΑ

Ευχαριστίες

Αυτό το ταξίδι με στόχο την κατάκτηση γνώσεων μόλις ολοκληρώθηκε. Η ολοκλήρωση της συγγραφής της διπλωματικής μου εργασίας σήμανε την άφιξη στην «Ιθάκη» μου, αφού η κατάκτηση του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών αποτελούσε το στόχο που είχα θέσει ήδη από τα εφηβικά μου χρόνια.

Στο τελευταίο σταθμό του ταξιδιού μου, στάθηκα ιδιαίτερα τυχερή καθώς οδηγός μου ήταν κ. Μαυρικάκη Ευαγγελία. Με το ατίθασο ερευνητικό της πνεύμα και την πολυδιάστατη επιστημονική της σκέψη συγκίνησε τη «βιολογική» μου υπόσταση από την πρώτη μας συνάντηση. Για την καθοδήγηση της, την ψύχραιμη ματιά και τη συνεχή της υποστήριξη της οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ. Χωρίς την πολύτιμη βοήθεια της σε επιστημονικά και διαδικαστικά ζητήματα, η πραγματοποίηση της παρούσας εργασίας θα ήταν αδύνατη.

Ευχαριστώ και τα μέλη της τριμελούς εξεταστικής επιτροπής μου, κ. Παπασιδέρη Ισιδώρα και κ. Ριζοπούλου Σοφία για τις εύστοχες επισημάνσεις τους.

Πρωτοτυπώντας, ίσως, θα ευχαριστήσω όλους αυτούς που με στήριξαν και πίστεψαν σε μένα από τη στιγμή της ένταξης μου στους κόλπους του σχολείου. Όσους άντεξαν τις παραξενιές και τις αγωνίες μου, καθώς ακροβατούσα στον παράδεισο και την κόλαση της έρευνας.

Τέλος, το μεγαλύτερο ευχαριστώ το απευθύνω στους γονείς μου και τη κολλητή μου (Νικαλέξη Ελένη) για τις τονωτικές τους «ενέσεις» αγάπης. Με τεράστιους κόπους και προσωπικές στερήσεις μου παρείχαν τα απαραίτητα εφόδια, ώστε να κάνω πραγματικότητα το όνειρο μου. Τους οφείλω τα πάντα..

Για το τέλος, θα ήθελα να πω μια συγγνώμη... Μια συγγνώμη από όλους όσους βίωσαν την εξαφάνιση μου τις ώρες που δούλευα, αλλά και για τις άλλες που δεν δούλευα μα πάλι χαμένα ήμουν.

Μαρία Δ. Φερμάνη

Αφιερωμένη στους γονείς μου και τον Ιάκωβο,
που μου δίδαξαν ότι
αν προσπαθείς σκληρά να επιτύχεις τους στόχους σου,
τελικά δικαιώνεσαι...,
αλλά και σε όλους εκείνους που πιστεύουν ότι
η επιστήμη είναι η γνώση των λίγων
στην υπηρεσία των πολλών....

Περιεχόμενα

Ευχαριστίες.....	2
Περίληψη.....	6
Abstract.....	7
Δομή πτυχιακής.....	8
A. Εισαγωγή.....	9
A.1. Ιστορική διαδοχή διδακτικών μοντέλων.....	9
A.1.1. Μοντέλο μεταφοράς της γνώσης.....	9
A.1.2. Μοντέλο ανακάλυψης.....	10
A.1.3. Μοντέλο εποικοδόμησης	11
B. Θεωρητική τεκμηρίωση	13
B.1. Η διερευνητική διδακτική προσέγγιση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών	13
B.2. Η χρήση της τεχνολογίας στην εκπαιδευτική πρακτική.....	31
B.2.1 Η χρήση των ΤΠΕ στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών	33
B.2.2. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της χρήσης των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική πρακτική.....	48
B.2.3. Η πύλη Go-Lab	52
B.3. Οι Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για την έννοια της Φωτοσύνθεσης.....	61
B.4. Τεκμηρίωση	67
B.4.1. Σημαντικότητα έρευνας.....	68
B.4.2. Σκοπός.....	69
B.4.3. Ερευνητικά ερωτήματα	69
B.4.4. Ερευνητική υπόθεση	69
Γ. Μεθοδολογία έρευνας.....	70
Γ.1. Δείγμα της έρευνας.....	70
Γ.2. Ερευνητικά εργαλεία.....	71
Γ.3. Πιλοτική μελέτη	73
Γ.4. Η φωτοσύνθεση στα σχολικά εγχειρίδια	73
Γ.5. Διδακτική παρέμβαση	75
Γ.6. Καταχώρηση δεδομένων.....	80
Γ.7. Ανάλυση δεδομένων	81
Γ.8. Αξιοπιστία και εγκυρότητα έρευνας.....	81
Δ. Αποτελέσματα.....	83

Ε. Συμπεράσματα-Συζήτηση	87
ΣΤ. Περιορισμοί έρευνας	89
Ζ. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα.....	90
Η. Παράρτημα Α	91
Θ. Παράρτημα Β	100
Ι. Βιβλιογραφία	109

Περίληψη

Η εφαρμογή της διερευνητικής προσέγγισης στην εκπαιδευτική πρακτική οδηγεί, ως επί το πλείστον, σε θετικά μαθησιακά οφέλη. Αν και μπορεί να εφαρμοσθεί με ποικίλους τρόπους, τα περιβάλλοντα μάθησης με υπολογιστή έχουν αναγνωριστεί ως ένα από τα καλύτερα, διότι εμφανίζουν πλεονεκτήματα συγκριτικά με παραδοσιακά μέσα και μάλιστα, έχει δειχθεί ότι ενισχύουν περαιτέρω τα μαθησιακά επιτεύγματα, που επιφέρει η εφαρμογή της διερευνητικής μάθησης. Το πρόγραμμα **Go-Lab (Global Online Science Labs for Enquiry Learning at School)**, το οποίο επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί στη παρούσα μελέτη, είναι ένα Ευρωπαϊκό συνεργατικό πρόγραμμα, συγχρηματοδοτούμενο από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και άλλους οργανισμούς. Πρόκειται για ένα πρόγραμμα αφιερωμένο στην προώθηση και υποστήριξη της εκπαίδευσης STEM, που βασίζεται στη διερευνητική διδακτική προσέγγιση. Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η αξιολόγηση της συμβολής της πλατφόρμας Go-Lab στη διδασκαλία της φωτοσύνθεσης μέσω διερεύνησης. Η διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης ήταν τρεις διδακτικές ώρες και το δείγμα αποτελούταν από 92 μαθητές της Β' Λυκείου. Η επιτυχία της παρέμβασης αξιολογήθηκε μέσω ερωτηματολογίου κλειστού τύπου, που σχεδιάστηκε για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας. Τα ευρήματα έδειξαν στατιστικά σημαντική βελτίωση στα μαθησιακά επιτεύγματα των μαθητών και μάλιστα ανεξαρτήτως φύλου.

Λέξεις κλειδιά: διερευνητική μάθηση, Go-Lab, Φωτοσύνθεση, μαθητές, Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, μαθησιακά επιτεύγματα

Abstract

Inquiry-based educational approaches lead, mostly, in positive student results. Although these approaches can vary, one of the best is the application of computer-based learning environments. Their superiority is widely accepted due to the fact that they display many advantages compared to the traditional means and, additionally, they have been shown to further improve the learning outcomes, generated by the application of inquiry methods. In the present study, we selected the Go-Lab program (**G**lobal **O**nline Science **L**abs for Inquiry Learning at School), a European collaborative project, funded by the European Commission, as well as other funding agencies. Go-Lab is dedicated to the promotion and the support of STEM education, which in turn is based on inquiry-based educational approaches. The present study evaluates the contribution of an educational electronic platform (Go-Lab) in photosynthesis teaching, through inquiry-based educational methods. The study sample is consisted of 92 second-grade high-school students, and the educational intervention is comprised of three teaching hours. The evaluation of the intervention was conducted through a multiple-choice questionnaire, specifically designed for the purposes of this study. The statistical analysis of the acquired data was conducted using a software package (IBM© SPSS Statistics). The analysis proved that after the intervention, students (regardless of their gender) displayed a statistically significant improved understanding of the subject ($p < 0.01$).

Key-words: Inquiry-based teaching, Go-Lab, Photosynthesis, Students, Secondary education, Learning achievements

Δομή πτυχιακής

Υπάρχει τρόπος τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών να γίνουν περισσότερο κατανοητά και ελκυστικά για τους μαθητές; Μπορούν οι εκπαιδευτικοί να μετατρέψουν το παραδοσιακό, και συχνά αδιάφορο μάθημα, σε ένα σύγχρονο και προσαρμοσμένο στις ανάγκες και τις απαιτήσεις της τωρινής εποχής; Μια πρόταση θα ήταν η χρήση νέων διδακτικών μεθόδων, σε συνδυασμό με τις καινοφανείς δυνατότητες που παρέχει η τεχνολογική πρόοδος.

Στα πλαίσια αυτής της πρότασης, η παρούσα διπλωματική εργασία εστιάζει στη συμβολή της πλατφόρμας Go-Lab στη διδασκαλία της φωτοσύνθεσης, μέσω διερεύνησης. Η συγκεκριμένη διδακτική ενότητα επιλέχθηκε λόγω του ότι η φωτοσύνθεση αποτελεί βασικό κομμάτι στη διδασκαλία της Βιολογίας, αλλά ταυτόχρονα αποτελεί και ένα πολύπλοκο φαινόμενο στο οποίο οι μαθητές εμφανίζουν πληθώρα εναλλακτικών ιδεών.

Η εργασία απαρτίζεται από τρία μέρη. Το πρώτο μέρος καταγράφει το υπό μελέτη πρόβλημα και περιλαμβάνει τη θεωρητική διερεύνηση του θέματος. Στο δεύτερο μέρος παρουσιάζεται η έρευνα και τα κύρια ερευνητικά ερωτήματα πάνω στα οποία βασίστηκε, προσδιορίζεται η μεθοδολογία της, παρουσιάζονται το δείγμα και τα ερευνητικά εργαλεία που επιλέχθηκαν, καθώς και η διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων. Στο τρίτο και τελευταίο μέρος, αναλύονται και ερμηνεύονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μελέτη, και ακολουθεί συζήτηση επί των αποτελεσμάτων και διατύπωση προτάσεων για μελλοντική έρευνα.

Αναλυτικότερα, η θεωρητική τεκμηρίωση ξεκινάει με μια σύντομη αναφορά στην ιστορική διαδοχή των διδακτικών μοντέλων. Ακολουθεί περιγραφή της διερευνητικής διδακτικής προσέγγισης, μιας μεθόδου με ευρεία απήχηση τις τελευταίες δεκαετίες, ιδιαίτερα στον τομέα των Φυσικών Επιστημών. Το γεγονός ότι έχει αποδειχθεί ερευνητικά πως συνδυάζεται καλύτερα με τη χρήση υπολογιστή στάθηκε η αιτία το 2^ο Κεφάλαιο να αναφέρεται στη χρήση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική πρακτική. Τέλος, πραγματοποιείται μια σύντομη αναφορά ιστορικών στοιχείων της πλατφόρμας Go-Lab και μια μικρή περιήγηση στο περιβάλλον συγγραφής της.

Μετά τη θεωρητική τεκμηρίωση ακολουθεί το μεθοδολογικό μέρος. Τα ερευνητικά ερωτήματα τα οποία μελετήθηκαν ήταν τα εξής:

1. «Η διδασκαλία της φωτοσύνθεσης μέσω της πλατφόρμας Go-Lab επιφέρει θετικά μαθησιακά οφέλη;» και
2. «Η αποτελεσματικότητα της χρήσης της πλατφόρμας Go-Lab επηρεάζεται από το φύλο;».

Έπεται ανάλυση των δεδομένων μέσω του στατιστικού εργαλείου IBM© SPSS Statistics 24 και η διατύπωση των βασικών συμπερασμάτων της παρούσας μελέτης. Ακολουθεί αναφορά στους μεθοδολογικούς περιορισμούς στους οποίους υπόκειται η έρευνα, καθώς επιλέχθηκε μικρό και βολικό δείγμα, με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατή η γενίκευση των ερευνητικών ευρημάτων. Τέλος, ακολουθούν προτάσεις από τη συγγραφέα για κύρια ζητήματα τα οποία χρήζουν άμεσης ερευνητικής μελέτης στο νέο αυτό ερευνητικό πεδίο.

A. Εισαγωγή

A.1. Ιστορική διαδοχή διδακτικών μοντέλων

Από το παρελθόν στο παρόν...

«Οδηγούμε προς το μέλλον κοιτάζοντας-από τον καθρέφτη- προς τα πίσω»

(Μάρσαλ Μακ Λούαν, 1911-1980)

Πριν την ανάλυση του ζητήματος θα πραγματοποιηθεί μια σύντομη αναδρομή στο παρελθόν, για να ιδωθεί η εξέλιξη του στη διάρκεια του χρόνου. Η Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, λοιπόν, δέχεται (ιστορικά) την ύπαρξη τριών διδακτικών μοντέλων: *μοντέλο μεταφοράς, ανακάλυψης, και εποικοδόμησης* (Καριωτόγλου, 2006). Η μεταβολή αυτή των διδακτικών μοντέλων στο χρόνο οφείλεται στη μεταβολή των θεωριών μάθησης που τα στηρίζουν (Κόκκοτας, 2001). Οι αλλαγές αυτές, αν μη τι άλλο, δείχνουν την προσπάθεια ανταπόκρισης της εκπαίδευσης σε νέες προκλήσεις (Κουτσελίνη & Θεοφιλίδης, 2007).

A.1.1. Μοντέλο μεταφοράς της γνώσης

Πρόκειται για μία διδακτική προσέγγιση που κυριάρχησε επί πολλά έτη, αντιμετωπίζοντας τη διδασκαλία ως μία διαδικασία μεταβίβασης της γνώσης από τον εκπαιδευτικό στο μαθητή. Στη βιβλιογραφία καταγράφεται με διάφορους όρους, όπως παραδοσιακό μοντέλο, μοντέλο μεταφοράς, παραδοσιακό πρότυπο¹. Στηρίζεται στη συμπεριφοριστική ψυχολογική θεώρηση, σύμφωνα με την οποία η μάθηση είναι ένα σύστημα απλών αποκρίσεων σε φυσικά ερεθίσματα (Fosnot & Perry, 2005) και επικράτησε διεθνώς πριν το 1960 (Καριωτόγλου, 2006). Η θεώρηση αυτή δεν αγνοεί ότι οι μαθητές έχουν νοητικές δυνατότητες, απλά η αδυναμία άμεσης παρατήρησης τους τις καθιστά άνευ νοήματος (Maccoby & Zellner, 1970 *όπ. αναφ. στο* Kamii, 1979). Θεωρεί το μυαλό των μαθητών ως «μαύρο κουτί», μία *tabula rasa* (Ματσαγγούρας, 2003), ένα άδειο δωμάτιο, ένα κενό δοχείο, ένα άγραφο χαρτί πάνω στο οποίο ο εκπαιδευτικός γράφει τη δική του επιστήμη (Κόκκοτας, 2002). Ο εκπαιδευτικός λειτουργεί ως κάτοχος και φορέας της γνώσης, αλλά και ως αυτός που την εγκυροποιεί (Καριωτόγλου, 2006). Διαχέει τη γνώση, λειτουργώντας ως αποκλειστική πηγή της, και οι μαθητές την απορροφούν και την αναπαράγουν (Κόκκοτας, 2002). Η αυθεντία του δεν αμφισβητείται και η γνώση μεταδίδεται αυτούσια από τα γραφόμενα των εγχειριδίων και τα λεγόμενα του. Κατ' ουσία, η παρουσίαση των πληροφοριών περί του θέματος γίνεται δίχως αυτές να συσχετίζονται με άλλα θέματα (Βλάχση, 2008). Ο εκπαιδευτικός επικεντρώνεται στο

¹Επιμορφωτικό υλικό για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών-Τεύχος 5: Κλάδος ΠΕ04

να επιβραβεύει τις σωστές απαντήσεις των μαθητών, ενώ όσον αφορά στις λανθασμένες, η συχνότερη αντίδραση του είναι η άμεση διόρθωση τους². Με βάση τα όσα ειπώθηκαν, γίνεται αντιληπτό ότι ο συμπεριφορισμός θέτει τους μαθητές σε έναν δευτερεύοντα ρόλο στη διαδικασία της μάθησης. Τους αντιμετωπίζει ως παθητικούς δέκτες, οι οποίοι αναπαράγουν τη νέα γνώση. Ο ρόλος τους είναι να αποκρίνονται σε ερεθίσματα, και εάν οι αποκρίσεις δεν βρίσκονται σε παραλληλία με αυτό που θεωρεί ο εκπαιδευτικός σωστό, τότε εκείνος τους τιμωρεί, με στόχο να τους απομακρύνει από παρόμοιες μελλοντικές συμπεριφορές. Οι μαθητές θεωρείται ότι δεν έχουν καμία άποψη για το θέμα που διδάσκεται, ή αν έχουν, τότε πρέπει μετά το πέρας της διδασκαλίας να την αλλάξουν και να αποκτήσουν την επιστημονικά αποδεκτή άποψη (Driver και συν., 1998, Σπύρτου, 2001 *όπ. αναφ. στο Καριώτογλου, 2006*). Εν τέλει, στο μοντέλο μεταφοράς της γνώσης «διδάσκω» σημαίνει λέγω-πληροφορώ, και «μαθαίνω» σημαίνει ακροώμαι-επαναλαμβάνω³, ενώ ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στην ποσότητα και στο εύρος της νέας γνώσης (Κόκκοτας, 2002).

A.1.2. Μοντέλο ανακάλυψης

Ο Bruner αποτέλεσε τον κύριο εκφραστή της ανακαλυπτικής θεωρίας μάθησης, η οποία έτυχε ευρείας αποδοχής για κάποιες δεκαετίες (Γραβανή και συν., 2011). Βασίζεται στην αρχή ότι για να μάθει το υποκείμενο, θα πρέπει να δράσει σε συγκεκριμένα αντικείμενα (Κόκκοτας και συν., 2004). Υποθέτει ότι αν δοθούν τα απαραίτητα μέσα, και η κατάλληλη εκπαιδευτική καθοδήγηση στους μαθητές, τότε εκείνοι θα ανακαλύψουν τη γνώση από μόνοι τους (Κόκκοτας, 2002). Το μοντέλο αυτό κυριάρχησε στις δεκαετίες του '60 και του '70 ως συνέπεια της γνωστικής στροφής της ψυχολογίας (Καριώτογλου, 2006). Χαρακτηρίζεται ως διαδικασία «αυτομάθησης», μέσω της οποίας οι μαθητές αναπαράγουν έννοιες και ιδέες με ελάχιστες εκπαιδευτικές παρεμβάσεις (Βλάσση, 2008). Σύμφωνα με τον Salvin (2007) αποτελεί μια νοο-κατασκευαστική προσέγγιση της διδασκαλίας, κατά την οποία οι μαθητές ενθαρρύνονται να ανακαλύψουν μόνοι τους τη γνώση (Slavin, 2007 *όπ. αναφ. στο Γραβανή και συν., 2011*). Οι μαθητές θεωρούνται ενεργά υποκείμενα, τα οποία συλλέγουν και επεξεργάζονται πληροφορίες, ενώ καλούνται να ανακαλύψουν τη γνώση μέσω πειραματισμού (Καριώτογλου και συν., 2012). Δεν πρέπει να καθηλώνονται στα θρανία τους, αλλά να βοηθούνται από τους εκπαιδευτικούς τους να νιώθουν ερευνητές και αυτόνομοι στοχαστές (Bruner, 1981 *όπ. αναφ. στο Μπασέτας, 2002*). Τα αποτελέσματα από την εφαρμογή του ανακαλυπτικού μοντέλου ήταν ιδιαίτερα ενθαρρυντικά στο συναισθηματικό και ψυχοκινητικό τομέα, παραταύτα δεν διαπιστώθηκε βελτίωση όσον αφορά στη μάθηση του γνωστικού περιεχομένου (Καριώτογλου, 2006). Έτσι, η άποψη ότι οι μαθητές μπορεί να αναζητήσουν νέες έννοιες μέσα από πειραματικές ασκήσεις χωρίς καθοδήγηση, θεωρήθηκε ματαιοπονία (Σπυροπούλου-Κατσάνη, 2002). Αμφισβητήθηκε η μεγάλη σημασία που αποδόθηκε στην παρατήρηση, η οποία θα οδηγούσε τους μαθητές κατευθείαν σε αρχές και νόμους, χωρίς να έχουν προηγηθεί άλλες υποθέσεις (Hodson, 1990). Το ανακαλυπτικό μοντέλο μάθησης αγνόησε τις προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών, θεωρώντας το μυαλό τους ως άγραφο χαρτί⁴, και δεν έλαβε υπόψιν του το κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο εντός του

² Επιμορφωτικό υλικό για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών-Τεύχος 5: Κλάδος ΠΕ04

³ Επιμορφωτικό υλικό για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών-Τεύχος 5: Κλάδος ΠΕ04

⁴ Σκοποί της Εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών. Βασικές θεωρίες μάθησης των Φυσικών Επιστημών

οποίου συντελείται η μάθηση (Πλακίτση, 2008). Έτσι, ενώ υποτίθεται πως η παρατήρηση θα οδηγούσε τους μαθητές στην ανακάλυψη των νόμων της φύσης, η αγνόηση των ιδεών τους, και η μη διδακτική τους αξιοποίηση, ανέτρεψε το όλο σκηνικό (Harlen, 1992). Επομένως δεν επέτρεψε τη καθιέρωση του διδακτικού αυτού μοντέλου στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Κόκκοτας, 2002)-, και εν τέλει προετοίμασε το έδαφος για την εμφάνιση του εποικοδομητικού μοντέλου.

A.1.3. Μοντέλο εποικοδόμησης

Το εποικοδομητικό μοντέλο αναπτύχθηκε εξαιτίας, α) της κριτικής που ασκήθηκε στην εμπειριστική επιστημολογία, και β) των αποτελεσμάτων εμπειρικών ερευνών (Χατζηγεωργίου, 2006). Στα τέλη της δεκαετίας του 1980, οι έρευνες αυτές έδειξαν πως οι μαθητές έχουν προϋπάρχουσες ιδέες για τον τρόπο με τον οποίο λειτουργεί ο κόσμος (Driver et al., 1985 όπ. αναφ. στο Keeley, 2015, Shuell, 1988). Οι προϋπάρχουσες αυτές ιδέες παρεμποδίζουν τη αντίληψη των φυσικών φαινομένων (Carey, 1985 όπ. αναφ. στο Καριώτογλου και συν., 2012), και καθορίζουν το επίπεδο κατανόησης τους (Χατζηγεωργίου, 2006). Επομένως, αν ήταν δυνατό να γνωρίζουμε τις ιδέες των μαθητών, τότε θα ήταν εύκολο να βρούμε κατάλληλες μαθητικές δραστηριότητες, ώστε να πειστούν αυτοβούλως να αλλάξουν άποψη⁵. Πώς αντιμετωπίζουμε τους μαθητές που έχουν ήδη γνώσεις (συχνά ανθεκτικές στην αλλαγή), οι οποίες δεν συμφωνούν με τη τρέχουσα επιστημονική γνώση; Την απάντηση ήρθε να δώσει το ρεύμα της Εποικοδόμησης και τα αντίστοιχα προγράμματα εποικοδομητικής κατεύθυνσης (Καριώτογλου και συν., 2012). Η μάθηση δεν νοείται πλέον ως η προσθήκη νέων πληροφοριών, αλλά ως η αλληλεπίδραση της νέας γνώσης με τις προϋπάρχουσες γνώσεις (Hewson, 1983). Συνεπώς, δεν προκαλεί έκπληξη η περίφημη ρήση του Ausubel, «ο σημαντικότερος παράγοντας που επηρεάζει τη μάθηση είναι αυτό που ο μαθητής ήδη γνωρίζει. Εξακρίβωσε το και δίδαξε ανάλογα» (Ausubel, 1968). Εξάλλου, υπήρχαν ήδη ερευνητικά ευρήματα πως η προϋπάρχουσα γνώση διευκολύνει την αποθηκευτική ικανότητα της εισερχόμενης πληροφορίας, παρέχοντας ένα γνωστικό σχήμα, εντός του οποίου η νέα πληροφορία ενσωματώνεται. Η ύπαρξη αυτού του γνωστικού σχήματος μεταβάλλει την ερμηνεία των νέων πληροφοριών (Shing & Brod, 2016). Για τον εποικοδομητισμό έμφαση δίνεται στον ενεργητικό ρόλο των μαθητών και στην επίλυση προβλημάτων διερευνητικού χαρακτήρα, τα οποία δρουν ως κίνητρο για τους μαθητές (Κορδάκη, 2000).

Συνοψίζοντας, πρωτύτερα παρουσιάστηκαν τα κυρίαρχα διδακτικά μοντέλα του χώρου της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Κάθε νέο, για την εκάστοτε εποχή διδακτικό μοντέλο, και κατ' επέκταση η κάθε νέα θεωρία μάθησης στην οποία στηρίχθηκε, δεν αντικαθιστά τους προκατόχους του, απλά προσθέτει μια διαφορετική οπτική με στόχο όχι τη σύγκρουση, αλλά τη δημιουργική σύνθεση (Σκούρα, 2003). Σκεφτείτε το εξής παράδειγμα: στο τομέα της φυσικής, η θεωρία του Einstein προσφέρει βαθύτερη κατανόηση μίας δύναμης από απόσταση, από ό,τι προσφέρει εκείνη του Νεύτωνα; (Shayer, 1997). Στον τομέα της βιολογίας, το γεγονός ότι η Μεντελική κληρονομικότητα δεν ισχύει για συνδεδεμένα γονίδια, όπως αργότερα απέδειξε ο Morgan, συνεπάγεται ότι η Μεντελιανή θεωρία είναι

⁵Σκοποί της Εκπαίδευσης των Φυσικών Επιστημών. Βασικές θεωρίες μάθησης των Φυσικών Επιστημών

λανθασμένη; Εν τέλει, αυτό που πρέπει να κατανοήσουμε είναι ότι δεν υπάρχει κάποιο διδακτικό μοντέλο που να θεωρείται «πανάκεια». Το ιδανικό είναι να συγκεράσει ο εκπαιδευτικός τις συμπληρωματικές ιδέες, προκειμένου να επιτύχει τα ιδανικότερα μαθησιακά αποτελέσματα, εφαρμόζοντας το κατάλληλο διδακτικό μοντέλο ανά περίπτωση.

Β. Θεωρητική τεκμηρίωση

Β.1. Η διερευνητική διδακτική προσέγγιση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

«Η διδασκαλία είναι κάτι περισσότερο από το να διανέμεις τη γνώση,
είναι να εμπνέεις την αλλαγή.

Η μάθηση είναι κάτι περισσότερο από το να αποστηθίζεις δεδομένα,
είναι να φτάνεις στην κατανόηση»

William Arthur Ward

Ήδη από το 1996, ο Bruner δήλωνε ότι η διδασκαλία της επιστήμης από την αρχή έως το τέλος της πρέπει να λαμβάνει υπόψιν της τις ενεργητικές διαδικασίες παραγωγής της επιστήμης και να μην είναι ένας απλός απολογισμός της “τελειωμένης επιστήμης”, όπως παρουσιάζεται στα σχολικά εγχειρίδια και στα πληκτικά πειράματα επίδειξης (Bruner, 1996). Έτσι, δεν προκαλεί έκπληξη, στις μέρες μας, ότι η έκκληση για την εφαρμογή της διερευνητικής διδακτικής προσέγγισης στην εκπαιδευτική πρακτική έχει αποκτήσει την αίσθηση επείγουσας ανάγκης (Luft & Roehrig, 2004). Αυτό είναι εμφανές, αν αναλογιστεί κανείς ότι τόσο το National Science Education Standards, όσο και το Benchmarks for Science Literacy καλούν τους εκπαιδευτικούς να υιοθετήσουν μια «μεθοδολογία διερεύνησης» για τη διδασκαλία της επιστήμης (Weinburgh, 2003). Η διερευνητική προσέγγιση την τελευταία δεκαπενταετία, απασχολεί τους ερευνητές παγκοσμίως και επηρεάζει τα αναλυτικά προγράμματα πολλών χωρών (Τσιάλμα, 2012). Θεωρείται ότι διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη διδασκαλία της επιστήμης (American Association for the Advancement of Science, 1994; Blumenfeld et al., 1991; Linn, diSessa, Pea & Songer, 1994; NRC, 1996), και χαίρει ευρείας απήχησης στις Ηνωμένες Πολιτείες, τον Καναδά, το Ηνωμένο Βασίλειο, τη Νέα Ζηλανδία, και την Αυστραλία (Lee, 2012). Για παράδειγμα, στην Αμερική η διερευνητική προσέγγιση αποτελεί εθνικό στόχο, ενώ και από την Ευρωπαϊκή πλευρά υπάρχει αντίστοιχο ενδιαφέρον. Το 2007, μάλιστα, η Ευρωπαϊκή Ένωση εξέδωσε την παρακάτω οδηγία: «Βελτίωση στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών θα επιτευχθεί μέσω νέων παιδαγωγικών προσεγγίσεων. Η εισαγωγή της διερευνητικής διδακτικής προσέγγισης στα σχολεία θα πρέπει να προωθηθεί και να υποστηριχθεί» (European Commission, 2007 όπ. αναφ, στο Τσιάλμα, 2012). Παρά την φαινομενικά πανταχού παρούσα χρήση της, και το γεγονός πως μοιάζει να αποτελεί το «άγιο δισκοπότηρο» της διδακτικής πρακτικής, εγείρονται πολλά ερωτήματα περί της πραγματικής της αξίας. Μπορεί να εφαρμοστεί στην τάξη ή είναι μία εξιδανικευμένη, θεωρητική,- παρά πρακτική προσέγγιση; Είναι κάτι που μπορεί να κάνει ο «μέσος» δάσκαλος, ή είναι δυνατό να επιτευχθεί μόνο στα χέρια και το

μυαλό ενός εξαιρετικού δασκάλου; Ποιοι είναι οι στόχοι της; Επιφέρει ποσοτικότερη, ή/και ποιοτικότερη μάθηση; (Anderson, 2002). Εν τέλει, τι ακριβώς είναι;

Ο ορισμός της, δυστυχώς ή ευτυχώς, δεν είναι εύκολη υπόθεση. Στην αγγλόφωνη βιβλιογραφία αναφέρεται με τον όρο “inquiry”, αλλά το πιο συγκεχυμένο πράγμα για τον αγγλικό αυτό όρο είναι ο ορισμός του. Πρόκειται για έναν αμφιλεγόμενο όρο με εναλλακτικές ερμηνείες (Spronken-Smith et al., 2007). Η τρίτη έκδοση του λεξικού του Webster (1986) ορίζει το “inquiry” ως την ενέργεια για την αναζήτηση της αλήθειας, της πληροφορίας, ή της γνώσης, έρευνα, αναζήτηση, ή ερώτηση-απορία, ενώ η ρίζα της λέξης “inquire” σημαίνει το να αναζητάς/να ψάχνεις πληροφορίες για κάποιο θέμα. Ως όρος χρησιμοποιείται για να περιγράψει τόσο τη διερευνητική διδακτική προσέγγιση, όσο και την επιστημονική πρακτική. Τα Εθνικά Πρότυπα Επιστημονικής Εκπαίδευσης σημειώνουν αυτή τη διχοτόμηση. Έτσι, η διερεύνηση αφενός αναφέρεται ως η επιστημονική πρακτική μέσω της οποίας οι επιστήμονες μελετούν τον φυσικό κόσμο (Colburn, 2000), διερευνούν φαινόμενα (Crawford, 2007; Schwartz et al., 2004) και προτείνουν εξηγήσεις με βάση τα δεδομένα (Colburn, 2000), και αφετέρου αναφέρεται ως η διδακτική προσέγγιση μέσω της οποίας οι μαθητές αντιλαμβάνονται τις επιστημονικές ιδέες και κατανοούν τον επιστημονικό τρόπο μελέτης του κόσμου (Colburn, 2000).

Τα πράγματα περιπλέκονται περισσότερο, καθώς ακόμη και στους κόλπους της εκπαίδευσης ο ορισμός της διερευνητικής διδακτικής προσέγγισης εμφανίζει ποικιλομορφία. Έχουν προταθεί διάφοροι ορισμοί. Φερ’-ειπείν, έχει οριστεί ως η προσέγγιση της μάθησης που περιλαμβάνει μια διαδικασία εξερεύνησης του φυσικού ή υλικού κόσμου, που οδηγεί σε ερωτήσεις, ανακαλύψεις, και αυστηρούς ελέγχους των ανακαλύψεων αυτών, στην προσπάθεια αναζήτησης βαθύτερης κατανόησης (de Jong, 2006). Όπως υποστηρίζει ο Bybee (2000), αποτελεί μια πολύπλευρη δραστηριότητα που περιλαμβάνει την παρατήρηση, τη διατύπωση ερωτήσεων, τη βιβλιογραφική ανασκόπηση (προκειμένου να δούμε τι είναι ήδη γνωστό), το σχεδιασμό έρευνας, την εξέταση αυτών που είναι ήδη γνωστά υπό το φως των πειραματικών στοιχείων, τη χρησιμοποίηση εργαλείων για συλλογή, ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, και τη διατύπωση συμπερασμάτων (Bybee, 2000). Για τους Linn et al. (2004) είναι η συνειδητή διαδικασία διάγνωσης προβλημάτων, κριτικής θεώρησης πειραμάτων και διάκρισης εναλλακτικών λύσεων, σχεδιασμού ερευνών, διερεύνησης υποθέσεων, αναζήτησης πληροφοριών, κατασκευής μοντέλων, συζήτησης με “ομοίους”, και διατύπωσης συνεκτικών επιχειρημάτων (Linn et al., 2004 όπ. αναφ. στο Κεχαγιά, 2016). Ο Colburn (2000) τη χαρακτηρίζει ως τη δημιουργία μιας αίθουσας διδασκαλίας στην οποία οι μαθητές ασχολούνται ουσιαστικά με δραστηριότητες επικεντρωμένες στους ίδιους (Colburn, 2000). Οι Levy et al. (2010) την ορίζουν ως μία μαθησιακή προσέγγιση που καθοδηγείται από την έρευνα (Levy et al., 2010). Οι Prince και Felder (2007) ως τη διδασκαλία που αρχίζει με την παρουσίαση στους μαθητές μιας συγκεκριμένης πρόκλησης (Prince & Felder, 2007). Ομοίως, ο Oliver (2008) την περιγράφει ως μια διδακτική προσέγγιση στην οποία κάποια μορφή προβλήματος ή αποστολής χρησιμεύει ως καταλύτης για την εμπλοκή και τη συμμετοχή των μαθητών (Oliver, 2008). Σύμφωνα με τους Justice et al. (2007) πρόκειται για μια σειρά διδακτικών πρακτικών που προωθούν τη μάθηση των μαθητών, μέσω καθοδηγούμενης έρευνας με επίκεντρο τον μαθητή (Justice et al., 2007). Για τον Abdal-Haqq (1998) αποτελεί έναν τρόπο οργάνωσης ενός πλαισίου μάθησης, έτσι ώστε οι μαθητές να μάθουν μέσα από μια διαδικασία εμπλοκής (Abdal-Haqq, 1998 όπ. αναφ. στο Justice et al., 2007). Οι Spronken-

Smith et al. (2011) τη χαρακτηρίζουν ως μια προσέγγιση στην οποία η μάθηση ενθαρρύνεται μέσω μιας ερώτησης, βασίζεται στην οικοδόμηση νέας γνώσης και κατανόησης, όπου ο ρόλος του καθηγητή είναι η διευκόλυνση, και υπάρχει μια τάση προς αυτό-ρυθμιζόμενη μάθηση (Spronken-Smith et al., 2011). Από άλλους προσδιορίζεται ως μια διαδικασία αυτο-διόρθωσης και αυτο-προσαρμογής στη διαδικασία της ανεύρεσης ή δημιουργίας μιας μεθόδου επίλυσης προβλημάτων σε ένα συγκεκριμένο θέμα (Lipman, 2003 όπ. αναφ. στο Hong et al., 2014), μια στρατηγική εξερεύνησης των γνώσεων από τους μαθητές (Chang et al., 2003). Μια διαδικασία ανακάλυψης νέων αιτιακών σχέσεων, με τον μαθητή να διατυπώνει υποθέσεις και να τις ελέγχει διενεργώντας πειράματα ή/και κάνοντας παρατηρήσεις (Pedaste et al., 2012). Συχνά θεωρείται κι ως μια προσέγγιση για την επίλυση προβλημάτων, που περιλαμβάνει την εφαρμογή αρκετών σχετικών δεξιοτήτων (Pedaste & Sarapuu, 2006 όπ. αναφ. στο Pedaste et al., 2015). Είναι μια προσέγγιση που θέτει τις ιδέες και τις παρατηρήσεις των μαθητών στο κέντρο της μαθησιακής εμπειρίας (O. M. of Education, 2013). Αποτελεί την ελεγχόμενη ή στοχευμένη μετατροπή μίας απροσδιόριστης κατάστασης, προς μία τόσο καθορισμένη ως προς τα στοιχεία που την αποτελούν, έτσι ώστε να μετατρέπονται τα ασύνδετα στοιχεία της αρχικής κατάστασης, σε ένα ολοκληρωμένο σύνολο (Dewey, 1991 όπ. αναφ. στο Bruce & Casey, 2012). Για τον de Jong (2006) είναι ένας προφανής τρόπος να έρθουν οι μαθητές σε επαφή με τον επιστημονικό τρόπο εργασίας, εμπλεκόμενοι στις ίδιες τις διαδικασίες της επιστημονικής έρευνας: προσανατολισμός, διατύπωση υποθέσεων, πειραματισμοί, δημιουργία μοντέλων και θεωριών, και αξιολόγηση αυτών (de Jong 2006a όπ. αναφ. στο Van Joolingen et al., 2007). Αποτελεί μια μαθητοκεντρική μέθοδο, στην οποία οι μαθητές ανακαλύπτουν οτιδήποτε υπάρχει στο περιβάλλον τους, αναπτύσσουν επιχειρήματα σχετικά με τη λειτουργία του φυσικού κόσμου που τους περιβάλλει βάσει αποδεικτικών στοιχείων, και αντιλαμβάνονται τη σημασία της επιστήμης (Wood, 2003). Η διερευνητική προσέγγιση είναι μια διδασκαλία που χρησιμοποιεί την επιστημονική μέθοδο σε καταστάσεις μάθησης (Johnson, 2006; Savage & Armstrong, 1996). Είναι μια προσέγγιση που εμπλέκει τους μαθητές στα είδη των γνωστικών διαδικασιών που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες, όπως η ερώτηση, η δημιουργία υποθέσεων, ο σχεδιασμός ερευνών, η συλλογή και ανάλυση δεδομένων για την επίλυση ενός προβλήματος και τέλος η επικοινωνία και η αιτιολόγηση των εξηγήσεων (Windschitl, 2003). Αποτελεί μια εκπαιδευτική στρατηγική στην οποία οι μαθητές ακολουθούν μεθόδους και πρακτικές παρόμοιες με εκείνες των επιστημόνων για την κατασκευή της νέας γνώσης (Keselman, 2003 όπ. αναφ. στο Pedaste et al., 2015). Σε αυτό συμφωνεί και ο Martin-Hansen (2002), υποστηρίζοντας ότι οι τύποι δραστηριοτήτων που κάνουν οι μαθητές στη διερευνητική προσέγγιση είναι κοντά σε αυτό που κάνουν οι πραγματικοί επιστήμονες. Αυτές περιλαμβάνουν την ερώτηση σχετικά με τον κόσμο γύρω τους, τη συγκέντρωση αποδεικτικών στοιχείων και την παροχή εξηγήσεων (Martin-Hansen, 2002). Από τον ορισμό του Dewey (διερεύνηση είναι η ενεργητική, επίμονη και προσεκτική εξέταση όλων των πεποιθήσεων και των υποτιθέμενων γνώσεων του ανθρώπου, υπό το φως των παραγόντων που τις υποστηρίζουν και των αποτελεσμάτων στα οποία αυτές οδηγούν) προκύπτει ότι αποτελεί μια εξέταση που αποσκοπεί στην υποστήριξη και τεκμηρίωση των πεποιθήσεων και των υποτιθέμενων γνώσεων μας (Κουτσελίνη & Θεοφιλίδης, 2007). Πρόκειται για μία ενεργητική εξέταση, δεδομένου ότι η γνώση δεν προσφέρεται έτοιμη, αλλά οικοδομείται. Επίσης, είναι μία επίπονη και προσεκτική εξέταση, αφού περνά από χαρακτηριστικές φάσεις αναζήτησης και σκέψης (Κουτσελίνη & Θεοφιλίδης, 2007). Εν τέλει, είναι μια μέθοδος διδασκαλίας που συνδυάζει την περιέργεια των

σπουδαστών με την επιστημονική μέθοδο για να ενισχύσει την ανάπτυξη δεξιοτήτων κριτικής σκέψης (Myers et al., 2014).

Καθίσταται φανερό, πλέον, ότι και στον τομέα της εκπαίδευσης, υπάρχει ασυμφωνία ως προς το τι ακριβώς αποτελεί η διερευνητική διδακτική προσέγγιση. Ορισμένοι εστιάζουν στο γεγονός ότι αποτελεί στρατηγική διδασκαλίας και ένα σύνολο ατομικών δεξιοτήτων των μαθητών, ενώ άλλοι στο ότι είναι η επίγνωση περί της επιστημονικής έρευνας (Abed, 2014). Μία γενική συμφωνία είναι πως υπάρχουν τέσσερα κρίσιμα βήματα κατά τη διεξαγωγή της: 1) η δημιουργία υποθέσεων, 2), η συλλογή δεδομένων, 3) η ερμηνεία των αποτελεσμάτων και, 4) η εξαγωγή συμπερασμάτων (Chang et al., 2003). Οι Spronken-Smith et al. (2007) πρότειναν ως βασικά στοιχεία της διερευνητικής διδακτικής προσέγγισης τη διατύπωση ερωτήσεων ή προβλημάτων, την αναζήτηση της νέας γνώσης και το κεντρικό ρόλο των μαθητών, με τους εκπαιδευτικούς να δρουν ως διευκολυντές (Spronken-Smith et al., 2007). Σύμφωνα με τον Anderson, σε αυτά τα βασικά χαρακτηριστικά συγκαταλέγεται η συμμετοχή των μαθητών στη διαμόρφωση ερωτημάτων, στην επιστημονική αιτιολόγηση, στην αναζήτηση σχετικών στοιχείων, στη παρατήρηση, στη διαμόρφωση υποθέσεων/εικασίων, στη συλλογή δεδομένων και την ερμηνεία τους, στην ερευνητική πρακτική εργασίας και τις συνεργατικές συζητήσεις, και στην επεξεργασία προβλημάτων, τα οποία προέρχονται αλλά και εφαρμόζονται στα πλαίσια της καθημερινής ζωής (Anderson, 2000). Κάνοντας μια σύνοψη όλων αυτών θα λέγαμε ότι οι περισσότεροι ερευνητές (Weaver 1989; Kahn & O'Rourke 2004; Justice et al., 2007) συμφωνούν πως τα κοινά χαρακτηριστικά της διερευνητικής διδακτικής πρακτικής είναι τα εξής:

- Η μάθηση διεγείρεται από ερωτήσεις ή προβλήματα,
- Η μάθηση βασίζεται σε μια διαδικασία κατασκευής της νέας γνώσης,
- Είναι μια «ενεργή» προσέγγιση μάθησης,
- Είναι μια προσέγγιση διδασκαλίας με επίκεντρο τον μαθητή, στην οποία ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι να διευκολύνει τη διδασκαλία.

Η συσσώρευση γνώσεων δεν αποτελεί κύριο σκοπό της (Ζάγκου, 1999). Σκοπός της διερευνητικής προσέγγισης είναι να αναπτύξουν οι μαθητές τις ικανότητες για να διεξάγουν επιστημονικές έρευνες, να κατανοούν τις επιστημονικές έρευνες και τη φύση της επιστήμης, και να αναπτύσσουν εις βάθος κατανόηση των επιστημονικών εννοιών και αρχών μέσω της έρευνας (National Research Council, 2000; Crawford, 2007). Σε τελική ανάλυση θα μπορούσε να ειπωθεί ότι στοχεύει στη συναναστροφή του μαθητή με την τεχνική, με τη «λογική» του «πώς» της αναζήτησης της γνώσης (Ζάγκου, 1999).

Για την ιστορία της υπόθεσης, η εφαρμογή της διερευνητικής διδακτικής προσέγγισης στη διδασκαλία της επιστήμης ανιχνεύεται σε διάσημους εκπαιδευτικούς θεωρητικούς όπως οι Dewey, Bruner, Postman και Weingarten (Justice & Hudspith, 2014). Υποστηρίζεται ότι μακρινός πρόδρομος της μπορεί να θεωρηθεί και ο Σωκράτης, με την πρόταση του για τη μαιευτική μέθοδο, η οποία εμπλέκει εκπαιδευτικό και εκπαιδευόμενο σε μια διαδικασία λογικών συλλογισμών και ακριβούς εξέτασης των δεδομένων (Nuthall & Alton-Lee, 1995 *όπ. αναφ. στο Δουκέλη, 2012*). Ένα είναι σίγουρο πάντως, ότι η ιδέα της διερευνητικής διδακτικής προσέγγισης ξεκίνησε από το Dewey το 1910. Η διδασκαλία της επιστήμης μέσω της διερευνητικής προσέγγισης αποτέλεσε τον πυρήνα της εκπαιδευτικής του φιλοσοφίας (Burgh & Nichols, 2012), αντανακλώντας την πεποίθηση του ότι οι μαθητές πρέπει να

αναπτύξουν κριτική σκέψη, και όχι δεξιότητες απομνημόνευσης (Justice & Hudspith, 2014). Ο Dewey πίστευε ότι η επιστήμη ήταν ένας πολύ ιδιαίτερος τρόπος αντιμετώπισης του φυσικού κόσμου. Για να κατανοήσουμε τον κόσμο του επιστήμονα, σύμφωνα με τον ίδιο, πρέπει να τον δούμε όπως το βλέπει ένας επιστήμονας και να χρησιμοποιήσουμε τα εργαλεία που χρησιμοποιεί (Burgh & Nichols, 2012). Ο Dewey, μάλιστα, έφτασε στο σημείο να κάνει την ηχηρή δήλωση ότι το μέλλον του πολιτισμού μας εξαρτάται από τη διεύρυνση της εξάπλωσης και την εμβάθυνση της επιστημονικής συνήθειας του νου, και ότι η κορωνίδα των προβλημάτων στην εκπαίδευσή είναι το πως να ανακαλύψουμε, να ωριμάσουμε, και να καταστήσουμε αποτελεσματική αυτήν την επιστημονική συνήθεια (Bybee, 2000). Από το 1910 που ο Dewey οργάνωσε σχολικά προγράμματα βασισμένα στη διερευνητική διδακτική προσέγγιση (Δουκέλη, 2012) έως τις μέρες μας, η διερευνητική διδακτική προσέγγιση έχει προωθηθεί επίσημα ως παιδαγωγική για τη βελτίωση της μάθησης της επιστήμης σε πολλές χώρες (Hounsell & McCune, 2003; Bybee et al., 2008; Minner et al., 2010 *όπ. αναφ. στο Stylianidou & Tsourlidaki, 2016*), και αποτελεί τον κορυφαίο εκπαιδευτικό στόχο της Ευρώπης (Rocard et al., 2007 *όπ. αναφ. στο Stylianidou & Tsourlidaki, 2016*).

Επιπρόσθετα, η διερευνητική διδακτική προσέγγιση είναι συμβατή με έρευνες από την ψυχολογία, την εκπαίδευση, και τις νευροεπιστήμες (Lee, 2012). Η σύγχρονη υποστήριξη για τη διερευνητική διδακτική προσέγγιση προέρχεται από την έρευνα στη γνωστική επιστήμη, η οποία παρέχει στοιχεία για τη σημασία της δραστηριότητας και των αυθεντικών πλαισίων μάθησης (Greeno et al., 1996 *όπ. αναφ. στο Edelson et al., 1999*). Στηρίζεται επίσης από τη θεωρία του εποικοδομητισμού, η οποία περιγράφει πως η γνώση που αποκτάται μέσω της ενεργού συμμετοχής, κατανοείται βαθύτερα (Abdal-Haq, 1998 *όπ. αναφ. στο Justice et al., 2007*), διότι οικοδομείται ενεργά από τον μαθητή (Zion & Mendelovici, 2012). Έτσι, η μάθηση νοείται ως η κατασκευή του νοήματος, και όχι ως η απομνημόνευση γεγονότων (Lebow, 1993; Jonassen & Reeves, 1996 *όπ. αναφ. στο Amin, 2013*). Ο εποικοδομητισμός αποτελεί μια φιλοσοφική-επιστημολογική θεωρία που βασίζεται στον εμπειρισμό. Από τη σκοπιά του εμπειρισμού, όπως οι επιστήμονες κατασκευάζουν τις απόψεις τους, κάτι παρόμοιο κάνουν (σε μικρότερη προφανώς κλίμακα και με πολύ μικρότερη επιτυχία) και οι μαθητές: ερμηνεύουν τον φυσικό κόσμο, τόσο έξω και πριν από το σχολείο, όσο και μέσα από αυτό (Βλάσση, 2008). Μάλιστα, η διερευνητική προσέγγιση αποτελεί μια προσπάθεια να μεταφραστεί η θεωρία των εποικοδομιστών στην πράξη, χρησιμοποιώντας την περιέργεια, την εξερεύνηση και την ενεργό συμμετοχή (Justice et al., 2007).

Αν και δεν υπάρχει καθιερωμένο πρωτόκολλο διερευνητικής διδακτικής προσέγγισης, βασικό της στοιχείο θεωρείται η εκκίνηση από μια ερώτηση που μπορεί να τεθεί, είτε εκ του μαθητή, είτε από τον ίδιο τον καθηγητή (Ραγιαδάκος, 2011). Οι αρχικές ερωτήσεις ορίζουν τους τομείς στους οποίους απευθύνεται η έρευνα, ενώ οι λεπτομερέστερες καθοδηγούν τη διερευνητική διαδικασία (Muukkonen et al., 1999). Η ερώτηση είναι κεντρική και θεμελιώδης, και όχι μια ασήμαντη πτυχή της διαδικασίας της έρευνας. Ο προσδιορισμός ενός κατάλληλου προβλήματος και η διατύπωση του ως ερωτήματος απαιτούν εις βάθος κατανόηση (Justice et al., 2007). Η μάθηση οργανώνεται γύρω από ερωτήσεις και προβλήματα σε μαθητοκεντρικό περιβάλλον (Κάμπα και συν., 2014). Γιατί όπως χαρακτηριστικά δήλωσε ο Josef Albers, καλή διδασκαλία είναι η παροχή σωστών ερωτήσεων και όχι σωστών απαντήσεων (Josef Albers, 1888-1976).

Η διερευνητική διδακτική προσέγγιση βασίζεται στην ιδέα ότι η μάθηση των επιστημών πρέπει να είναι αυθεντική ως προς την επιστημονική πρακτική (Edelson et al., 1999). Οι αυθεντικές δραστηριότητες είναι αυτές που παρέχουν στους μαθητές το κίνητρο να αποκτήσουν νέες γνώσεις, την προοπτική ενσωμάτωσης της νέας αυτής γνώσης στις προϋπάρχουσες γνώσεις τους, καθώς και την ευκαιρία να εφαρμόσουν τις γνώσεις τους. Εν τέλει, η φυσική περιέργεια του μαθητή αποτελεί τη δύναμη που οδηγεί στην κατανόηση της γνώσης (Κάμπα και συν., 2014). Όπως υποστήριξαν πολλοί υπέρμαχοι της διερευνητικής προσέγγισης (Barron et al., 1998; Blumenfeld et al., 1991), ένα σημαίνων πρόβλημα (ένα πρόβλημα του οποίου οι συνέπειες έχουν σημασία για τους μαθητές) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργηθεί κίνητρο για διερεύνηση (Edelson et al., 1999). Για να πραγματοποιηθεί η διδασκαλία της επιστήμης σε μορφή διερεύνησης απαιτείται από τους εκπαιδευτικούς να αναπτύξουν προσεγγίσεις που τοποθετούν τη μάθηση σε αυθεντικά πλαίσια, για να καθοδηγήσουν τους μαθητές στη κατανόηση των δεδομένων. Απαιτείται, επίσης, να υποστηρίξουν την ανάπτυξη της προσωπικής κατανόησης των επιστημονικών εννοιών (Crawford, 2000 όπ. αναφ. στο Beattie et al., 2006). Η χρήση αυθεντικών πλαισίων μάθησης υποστηρίζεται και από το αμερικανικό NRC (2000), το οποίο δήλωσε πως «η διερεύνηση αυθεντικών ερωτημάτων που προέρχονται από την εμπειρία των μαθητών είναι κεντρική στρατηγική για τη διδασκαλία της επιστήμης» (NRC, 2000 σ29 όπ. αναφ. στο Bunterm et al., 2014). Επομένως, σημείο εκκίνησης είναι η δημιουργία ενός πλαισίου (Cognition and Technology Group at Vanderbilt, 1997 όπ. αναφ. στο Muukkonen et al., 1999), και ο σκοπός του είναι να βοηθήσει τους μαθητές να καταλάβουν γιατί τα σχετικά ζητήματα είναι άξια διερεύνησης, ώστε να δεσμευθούν στην επίλυση αυτών των ζητημάτων. Ο εκπαιδευτικός διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη δημιουργία του πλαισίου (Muukkonen et al., 1999).

Ποιος, όμως, είναι ο ακριβής ρόλος του εκπαιδευτικού στο σύγχρονο σκηνικό που διαμορφώνεται; Ποια η θέση του; Κατ' αρχάς, η διερευνητική διδακτική προσέγγιση βασίζεται στην ιδέα ότι οι εκπαιδευτικοί και οι μαθητές μοιράζονται την ευθύνη για τη μάθηση (O.M. of Education, 2013). Στα πλαίσια της, οι εκπαιδευτικοί αντικαθιστούν τις παραδοσιακές διδακτικές πρακτικές, με προσεγγίσεις που: α) διεγείρουν το ενδιαφέρον των μαθητών για την επιστήμη, β) περιλαμβάνουν εργαστηριακές τεχνικές για τη συλλογή αποδεικτικών στοιχείων, γ) απαιτούν από τους μαθητές να λύσουν προβλήματα χρησιμοποιώντας τη λογική και αποδεικτικά στοιχεία, δ) ενθαρρύνουν τους μαθητές να διεξαγάγουν περαιτέρω μελέτες για να αναπτύξουν πιο εξειδικευμένες εξηγήσεις και ε) υπογραμμίζουν τη σημασία της σύνταξης επιστημονικών εξηγήσεων βάσει αποδεικτικών στοιχείων (Secker, 2002 όπ. αναφ. στο Abdi, 2014). Στη διερευνητική διδακτική προσέγγιση ο εκπαιδευτικός είναι λιγότερο διανομέας πληροφοριών και περισσότερο «διευκολυντής» στη διαδικασία έρευνας (Alloway et al., 1996). Διαδραματίζει ενεργό ρόλο καθ' όλη τη διάρκεια της διαδικασίας, δημιουργώντας ένα μαθησιακό κλίμα, όπου οι ιδέες αμφισβητούνται, δοκιμάζονται και επαναπροσδιορίζονται (Scardamalia, 2002 όπ. αναφ. στο O. M. Of Education, 2013). Είναι αυτός που διδάσκει τους μαθητές πώς να σκέπτονται μόνοι τους και πώς να χρησιμοποιούν τη διερευνητική μέθοδο για να ερμηνεύσουν γνωστικές έννοιες (Ζάγκου, 1999).

Αν ο ρόλος του εκπαιδευτικού έχει αντιστραφεί (ή, έστω, αναδιαμορφωθεί), τότε τι γίνεται με το ρόλο των μαθητών; Στο πλαίσιο της διερευνητικής διδακτικής προσέγγισης, οι μαθητές

συγκεντρώνουν πληροφορίες, μελετούν, κατασκευάζουν ένα πείραμα, παρατηρούν, αναδιατυπώνουν μια ερώτηση, ή επαναλαμβάνουν μια σειρά ερωτήσεων. Το στάδιο συλλογής πληροφοριών αποτελεί μια αυτο-παρακινητική διαδικασία που μετατρέπει την περιέργεια των μαθητών σε δράση. Οι μαθητές αναλαμβάνουν το δημιουργικό έργο να διαμορφώσουν νέες σκέψεις, ιδέες και θεωρίες, επεκτείνοντας την προηγούμενη εμπειρία τους. Έτσι, η διερευνητική προσέγγιση δίνει έμφαση στην ενεργό συμμετοχή και την ευθύνη των μαθητών για την ανακάλυψη νέων γνώσεων (de Jong & van Joolingen, 1998 όπ. αναφ. στο Pedaste et al., 2015). Οι μαθητές κατασκευάζουν τη γνώση μέσω ερωτήσεων, υποθέσεων, πειραμάτων, παρατηρήσεων και αναλύσεων, παρά μέσω της μετωπικής διδασκαλίας, της έκθεσης της γνώσης από τους εκπαιδευτικούς και της επακόλουθης στείρας απομνημόνευσης (The pathway project, 2013 όπ. αναφ. στο Κάμπα και συν., 2014). Προχωρούν πέρα από την απλή απομνημόνευση γεγονότων και την ανάκληση πληροφοριών, και εισέρχονται στη σφαίρα δημιουργίας βαθύτερης κατανόησης, μέσω της ταυτοποίησης και της επακόλουθης εφαρμογής λύσεων σε ένα συγκεκριμένο θέμα (Owens et al., 2002 όπ. αναφ. στο Justice et al., 2007). Αντί να απομνημονεύουν μεμονωμένα γεγονότα, μαθαίνουν πώς να μαθαίνουν (Ζάγκου, 1999). Ο επαναπροσδιορισμένος ρόλος των μαθητών γίνεται αντιληπτός και από όσα περιγράφονται στο αμερικανικό NRC ως βασικές αρμοδιότητες των μαθητών (NRC, 2000 όπ. αναφ. στο Minner et al., 2010):

- Οι μαθητές ασχολούνται με επιστημονικά ερωτήματα.
- Οι μαθητές δίνουν προτεραιότητα στα στοιχεία, τα οποία τους επιτρέπουν να αναπτύξουν και να αξιολογήσουν τις υποθέσεις που διατύπωσαν για τα επιστημονικά ερωτήματα.
- Οι μαθητές διατυπώνουν εξηγήσεις από τα αποδεικτικά στοιχεία.
- Οι μαθητές αξιολογούν τις εξηγήσεις τους υπό το πρίσμα εναλλακτικών εξηγήσεων, ιδιαίτερα εκείνων που αντικατοπτρίζουν την επιστημονική κατανόηση.
- Οι μαθητές δικαιολογούν τις προτεινόμενες εξηγήσεις τους.

Από όσα αναφέρθηκαν, φαίνεται ότι αποτελεί μια ενεργή διαδικασία εκμάθησης, κάτι που κάνουν οι μαθητές, όχι κάτι που γίνεται για αυτούς (Anderson, 2002). Στη διερευνητική διδακτική προσέγγιση οι μαθητές οικοδομούν τη νέα γνώση, αντί να τους παρουσιάζονται οι πληροφορίες ως σύνολο προκαθορισμένων γεγονότων ή συμπερασμάτων (Maroney et al., 2003). Σε τέτοιες αίθουσες διδασκαλίας οι μαθητές αισθάνονται άνετα να μοιράζονται τις σκέψεις τους και τα συμπεράσματά τους, δοκιμάζουν τις ιδέες που τους παρουσιάζονται, και αποφασίζουν με βάση τις αποδείξεις ποιες να κρατήσουν ή να απορρίψουν (Maroney et al., 2003).

Όμως, για ποιο λόγο ασχολούμαστε τόσο με τη διερευνητική προσέγγιση; Ποια είναι η χρησιμότητα της; Είναι σε θέση να αλλάξει τον κόσμο της μάθησης των Φυσικών Επιστημών; Έχει υποστηριχθεί ότι οι διερευνητικές δραστηριότητες παρέχουν ένα πολύτιμο πλαίσιο στους μαθητές, ώστε να διευκρινίσουν και να εφαρμόσουν τις έννοιες της επιστήμης (Edelson et al., 1999), ενώ ταυτόχρονα συμβάλλουν στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων που θεωρούνται απαραίτητες για τους μαθητές του 21^{ου} αιώνα (Στεφανίδης και συν., 2014). Η διερευνητική διδακτική προσέγγιση έχει τη δυνατότητα να καταστήσει τους μαθητές ικανούς να αντιμετωπίζουν αυτόνομα κάθε προβληματική κατάσταση, αναπτύσσοντας τη κριτική τους σκέψη και καλλιεργώντας την αυτοπεποίθηση και τις ικανότητες τους για ενεργό συμμετοχή στη λήψη αποφάσεων (Ζάγκου, 1999). Η συμμετοχή των μαθητών στις

διαδικασίες της επιστήμης τους φέρνει σε όσο το δυνατόν πλησιέστερη επαφή με τη φύση της επιστημονικής κατανόησης, συμπεριλαμβανομένων και των περιορισμών της (Dunbar 1999 όπ. αναφ. στο van Joolingen et al., 2007). Έτσι, οι μαθητές μαθαίνουν τις αρχές και τις έννοιες της επιστήμης, αποκτούν τη λογική και τις διαδικαστικές δεξιότητες των επιστημόνων και κατανοούν τη φύση της επιστήμης ως μια ιδιαίτερη μορφή ανθρώπινης προσπάθειας (NRC, 2000 όπ. αναφ. στο Beattie et al., 2006). Η επιστημονική έρευνα ενθαρρύνει την ανάπτυξη της ικανότητας επίλυσης προβλημάτων, της επικοινωνίας και των δεξιοτήτων σκέψης, καθώς οι μαθητές θέτουν ερωτήματα σχετικά με τον φυσικό κόσμο, και στη συνέχεια αναζητούν αποδεικτικά στοιχεία για να απαντήσουν στις ερωτήσεις τους. Η ικανότητα να αμφισβητούν, να υποθέτουν, να σχεδιάζουν έρευνες και να αναπτύσσουν συμπεράσματα βασισμένοι σε αποδεικτικά στοιχεία, ενισχύει στους μαθητές τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, επικοινωνίας και σκέψης (National Research Council, 2000 όπ. αναφ. στο Cuevas et al., 2005). Η διερευνητική διδακτική προσέγγιση είναι απαραίτητη και για την ανάπτυξη του επιστημονικού γραμματισμού (Gengarelly & Abrams, 2008). Μέσω των διερευνητικών δραστηριοτήτων οι μαθητές είναι σε θέση να εξασκούν τα επιστημονικά επιχειρήματα, εν αντιθέσει με τα παραδοσιακά πρότυπα λόγου που δεν ενθαρρύνουν τον τύπο του λόγου που αναλαμβάνουν οι επιστήμονες (Duschl & Ellenbogen, 2002). Εν τέλει, η συμμετοχή στην διερευνητική διδακτική πρακτική προσφέρει στους μαθητές την ευκαιρία να επιτύχουν τρεις αλληλοσυνδεόμενους μαθησιακούς στόχους: την ανάπτυξη γενικών ικανοτήτων έρευνας, την απόκτηση ειδικών δεξιοτήτων έρευνας και την κατανόηση επιστημονικών αντικειμένων και αρχών (Edelson et al., 1999).

Εάν η διερευνητική διδακτική προσέγγιση είναι τόσο σημαντική, τότε γιατί δεν τη χρησιμοποιούν οι περισσότεροι καθηγητές στις αίθουσες διδασκαλίας; Φυσικά, όπως συμβαίνει με όλα τα διδακτικά μοντέλα, υπάρχουν περιορισμοί στην εφαρμογή της, λόγω της ιδιαίτερης φύσης της. Βασικό μειονέκτημα της είναι ότι απαιτεί ιδιαίτερη προετοιμασία και είναι χρονοβόρα σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία (Paper & Gkaras, 2016). Επίσης, (όπως επισημαίνει ο Flick), επειδή οι μαθητές στη διερευνητική διδακτική προσέγγιση μαθαίνουν πώς να μάθουν (Flick & Lederman, 2004), είναι ιδιαίτερα δύσκολη στην εφαρμογή της για τους μαθητές περιορισμένων δυνατοτήτων, καθώς συχνά τέτοιοι μαθητές παρουσιάζουν έλλειψη αυτοπειθαρχίας⁶. Τέλος, απαιτεί την αλλαγή του περιεχομένου και της ποσότητας των μαθημάτων (Conway, 2014).

Σύμφωνα με μια άλλη μελέτη, πιθανοί λόγοι είναι (Colburn, 2000):

- Η σύγχυση σχετικά με το νόημα του όρου «inquiry»,
- Το γεγονός ότι η διερευνητική διδακτική προσέγγιση λειτουργεί καλά μόνο με τους μαθητές υψηλών ικανοτήτων,
- Η αίσθηση ανεπαρκούς προετοιμασίας για την εφαρμογή της,
- Η δυσκολία διαχείρισης της τάξης.

Τέλος, για μια άλλη μελέτη τα εμπόδια εφαρμογής της κατατάσσονται σε τεχνικής, πολιτικής, και πολιτιστικής φύσεως (Anderson, 1996). Η τεχνική διάσταση αφορά τη περιορισμένη ικανότητα διδασκαλίας σε εποικοδομητικό επίπεδο, τη δέσμευση στο σχολικό εγχειρίδιο, τις προκλήσεις της αξιολόγησης, τις δυσκολίες της ομαδικής εργασίας, και τις προκλήσεις που

⁶<http://inquirylearning428.weebly.com/limitations-of-inquiry-based-learning.html>

εμφανίζει ο νέος ρόλος των εκπαιδευτικών. Η πολιτική διάσταση αναφέρεται στη γονική αντίσταση, στις ανεπίλυτες συγκρούσεις μεταξύ των εκπαιδευτικών, στην έλλειψη πόρων. Η πολιτιστική διάσταση -ίσως η πιο σημαντική- αφορά και πάλι το θέμα του βιβλίου, την αξιολόγηση και την "ηθική προετοιμασία" (Anderson, 2002).

Παρόλα αυτά, η διερευνητική διδακτική προσέγγιση έχει εφαρμοστεί για τη διδασκαλία διαφόρων μαθημάτων, από τα μαθηματικά και τις φυσικές επιστήμες έως τη γλώσσα, και τις τέχνες (Εξαρχάκος, 1993; Chang & Mao, 1999; Huston, 2000; Amaral et al., 2002; Mahony et al., 2003; Caliskan, 2004; Hand et al., 2004; Kleiman, 2005; Πλάκιου, 2006; Nwagbo et al., 2006; Βαϊνάς και συν., 2007; Kiling, 2007; Βλάσση, 2008; Βλάσση & Καραλιώτα, 2009; Brune, 2010; Ferguson, 2010; Miller et al., 2010; Ergul et al., 2011; Khan & Iqbal, 2011; Melvin & Rust, 2011; Taylor & Bilbrey, 2012; Abdi, 2014; Γκοτζαρίδης, 2014; Conway, 2014; Koskal & Berberoglu, 2014; Bitting, 2015; Fan, 2015; Πετρομελίδης & Αθανασίου, 2015; Omokaadejo, 2015; Jeskova et al., 2016; Idleman, 2016; Ιντζίδου & Παπαθανασίου, 2016; Κούβελα και συν., 2016; Σπάθης, 2016; Catubas, 2017; Fernandez, 2017). Όσον αφορά στον ελληνικό χώρο τα ευρήματα είναι ενθαρρυντικά με τις προσπάθειες εφαρμογής της διερευνητικής προσέγγισης στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών να αυξάνονται συνεχώς (Εξαρχάκος, 1993; Πλάκιου, 2006; Βαϊνάς και συν., 2007; Βλάσση, 2008; Βλάσση & Καραλιώτα, 2009; Γκοτζαρίδης, 2014; Πετρομελίδης & Αθανασίου, 2015; Ιντζίδου & Παπαθανασίου, 2016; Κούβελα και συν., 2016; Σπάθης, 2016).

Είναι, όμως, και στην πράξη η διερευνητική μέθοδος αποτελεσματικότερη της παραδοσιακής διδασκαλίας; Το ερώτημα αυτό δεν είναι νέο. Η απάντηση αναζητείτο ήδη από τη δεκαετία του '80. Όσον αφορά στην αποτελεσματικότητα της, έχει δειχθεί ότι η διερευνητική διδακτική προσέγγιση εμφανίζει θετικό αντίκτυπο στα μαθησιακά επιτεύγματα των μαθητών (Chang & Mao, 1999; Huston, 2000; Huppert et al., 2002; Caliskan, 2004; Haug et al., 2004; Nwagbo et al., 2006; Βαϊνάς και συν., 2007; Βλάσση, 2008; Βλάσση & Καραλιώτα, 2009; Li, 2009; Brune, 2010; Ferguson, 2010; Miller et al., 2010; Minner et al., 2010; Alfieri et al., 2011; Omokaadejo, 2015; Idleman, 2016; Conway, 2017), ακόμη και μαθητών με μαθησιακές δυσκολίες (Dalton et al., 1997), στη συγκράτηση και χρήση επιστημονικών εννοιών (Huston, 2000; Fan, 2015), στην αποδόμηση των παρανοήσεων τους (Πετρομελίδης & Αθανασίου, 2015), καθώς και στην εννοιολογική τους κατανόηση (Dalton et al., 1997; Miller et al., 2010; Şimşek & Kabapinar, 2010; Melvin & Rust, 2011; O' Sullivan, 2012; Fan, 2015; Fernandez, 2017).

Έχει θετική επίδραση στη διέγερση του ενδιαφέροντος των μαθητών (Kiling, 2007; Ferguson, 2010; Hong et al., 2014), στη βελτίωση της στάσης τους απέναντι στην επιστήμη (Chang & Mao, 1999; Gibson & Chase, 2002; Πλάκιου, 2006; Kiling, 2007; Brune, 2010; Ergul et al., 2011; Koskal & Berberoglu, 2014; Idleman, 2016), στην καλλιέργεια βασικών επιστημονικών δεξιοτήτων (Mckinnon & Renner, 1971; Chiappetta & Russel, 1982; Saunders & Shepardson, 1987; Haury, 1993; Apedoe et al., 2006; Πλάκιου, 2006; Βλάσση, 2008; Maeots et al., 2008; Spronken-Smith, 2008; Brune, 2010; Minner et al., 2010; Şimşek & Kabapinar, 2010; Ergul et al., 2011; Kham & Iqbal, 2011; Melvin & Rust, 2011; Bolte et al., 2012; Koskal & Berberoglu, 2014; Costenson et al., 2016; Jeskova et al., 2016; Catubas, 2017) και στον επιστημονικό εγγραμματισμό (Gengareilly & Abrams, 2008).

Μάλιστα, έχει υποστηριχθεί ερευνητικά πως τα θετικά αποτελέσματα της διερευνητικής μάθησης έχουν μεγαλύτερη απήχηση στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, καθώς οι

εκπαιδευόμενοι βρίσκονται πια στο στάδιο της αφαιρετικής σκέψης, που επιτρέπει λιγότερη καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό, χωρίς τον κίνδυνο αποθάρρυνσης τους (Δουκέλη, 2012). Παράλληλα, υπάρχουν και δεδομένα που υποστηρίζουν ότι μαθητές με διαφορετικά στυλ μάθησης είναι πρόθυμοι να συμμετάσχουν στις διερευνητικές δραστηριότητες αν και έχουν διαφορετικούς λόγους για τη δέσμευσή τους σε αυτές (Tuan et al., 2005). Αξίζει να σημειωθεί πως θετικά μαθησιακά αποτελέσματα εμφανίζει η εφαρμογή της διερευνητικής διδακτικής προσέγγισης και σε ακαδημαϊκό επίπεδο (Apedoe et al., 2006; O' Sullivan, 2012).

Φυσικά, δεν απουσιάζουν και περιπτώσεις όπου δεν βρέθηκε διαφορά μεταξύ της διερευνητικής προσέγγισης και της παραδοσιακής διδασκαλίας (Caliskan, 2004; Nwagbo et al., 2006; Sanger, 2007; Bitting, 2015; Maxwell et al., 2015), όσον αφορά τη στάση των μαθητών απέναντι στην επιστήμη (Nwagbo et al., 2006; Şimşek & Kabapinar, 2010) και την ενίσχυση των κινήτρων τους (Caliskan, 2004; Bitting, 2015). Μάλιστα, βιβλιογραφική ανασκόπηση των Kirschner et al. (2006) υποστήριξε ότι η καθοδηγούμενη διερευνητική προσέγγιση είναι απίθανο να οδηγήσει σε αποτελεσματική μάθηση, καθώς δεν γίνεται αναφορά στα χαρακτηριστικά της μνήμης εργασίας, στη μακροχρόνια μνήμη, ή στις περίπλοκες σχέσεις μεταξύ τους (Kirschner et al., 2006). Επιπλέον, υποστηρίχθηκε ότι τέτοιες προσεγγίσεις μπορεί να έχουν αρνητικές επιπτώσεις, καθώς οι μαθητές μπορεί να αποκτήσουν παρανοήσεις ή ελλείψεις ή αποδιοργανωμένες γνώσεις (Kienzler & Fontanesi, 2017).

Από όσα αναφέρθηκαν έχει καταστεί σαφές ότι αν και έχει πραγματοποιηθεί πληθώρα ερευνών, τα αποτελέσματα δεν είναι τόσο οριστικά όσο θα μπορούσαν να ελπίζουν κάποιοι. Σε γενικές γραμμές, η επιστημονική έρευνα δείχνει ότι η διερευνητική προσέγγιση επιφέρει θετικά αποτελέσματα. Κατά την κατάρτιση αυτών των συμπερασμάτων, ωστόσο, πρέπει να είμαστε συγκεκριμένοι σχετικά με το *ποιο είναι το κριτήριο και ποια είναι η βάση* για να κρίνουμε την επιτυχία (Anderson, 2002). Τελειώνοντας, δεν θα μπορούσε να μην υπογραμμισθεί το γεγονός ότι είναι δύσκολο να συγκριθούν άμεσα οι μελέτες εφαρμογής της διερευνητικής διδακτικής προσέγγισης, λόγω των διαφορετικών μορφών διερεύνησης (θα αναλυθούν στην ενότητα «Μοντέλα διερευνητικής διδακτικής προσέγγισης»), των διαφορετικών μεθόδων έρευνας που χρησιμοποιούνται, των διαφορετικών μεθόδων αξιολόγησης αλλά και εξαιτίας της ίδιας της έλλειψης ορισμού για τη διερευνητική διδακτική προσέγγιση (Hadzigeorgiou & Fotinos, 1990).

Β.1.2. Επίπεδα & μοντέλα διερευνητικής διδακτικής προσέγγισης

Η ιδέα των διαφορετικών επιπέδων διερεύνησης εισήχθη από τον Schwab το 1962 (Smithenry, 2010 *οπ. αναφ. στο* Arslan, 2014). Η διάκριση σε επίπεδα πραγματοποιήθηκε με βάση το ποσό των συγκεκριμένων οδηγιών που δίδονται στους μαθητές (Banchi & Bell, 2008; Bell et al., 2005; Buck, Bretz, & Towns, 2008; Colburn, 2000; Herron, 1971; Martin-Hansen, 2002 *όπ. αναφ. στο* Bunterm et al., 2014). Παρακάτω παρατίθενται διάφορα μοντέλα επιπέδων διερεύνησης, όπως αυτά περιεγράφηκαν από τους εισηγητές τους.

Ο πιο απλός διαχωρισμός συντελέστηκε από τον πρωτοπόρο αυτής της ιδέας, τον Schwab, ο οποίος περιέγραψε δύο τύπους έρευνας: την σταθερή και την εύπλαστη διερεύνηση (Arslan, 2014).

ΕΠΙΠΕΔΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ		
	ΣΤΑΘΕΡΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ	ΕΥΠΛΑΣΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΣ	*Διατύπωση ερωτήματος *Σχεδιασμός έρευνας *Διεξαγωγή έρευνας	
ΜΑΘΗΤΕΣ	*Ερμηνεία αποτελεσμάτων	*Διατύπωση ερωτήματος *Σχεδιασμός έρευνας *Διεξαγωγή έρευνας *Ερμηνεία αποτελεσμάτων
Schwab, 1962		

Με τη σειρά του, το NSES περιέγραψε μια κλίμακα, που στο ένα άκρο της βρίσκεται η «ανοιχτή» διερεύνηση και στο άλλο άκρο της η δομημένη διερεύνηση, ενώ ανάμεσα τους υπάρχει και μια τρίτη κατηγορία, η καθοδηγούμενη διερεύνηση (Beattie et al., 2006).

ΕΠΙΠΕΔΑ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗΣ			
	ΔΟΜΗΜΕΝΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ	ΚΑΘΟΔΗΓΟΥΜΕΝΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ	ΑΝΟΙΧΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΣ	*Διατύπωση ερωτήματος *Σχεδιασμός έρευνας *Διεξαγωγή έρευνας	*Διατύπωση ερωτήματος *Σχεδιασμός έρευνας (από κοινού με τους μαθητές) *Διεξαγωγή έρευνας (από κοινού με τους μαθητές)	
ΜΑΘΗΤΕΣ	*Ερμηνεία αποτελεσμάτων	*Ερμηνεία αποτελεσμάτων	*Διατύπωση ερωτήματος *Σχεδιασμός έρευνας *Διεξαγωγή έρευνας *Ερμηνεία αποτελεσμάτων
NRC, 1996, 2000			

Ο Herron ([Herron, 2004](#)) ήταν ο πρώτος που πρότεινε η κατηγοριοποίηση να περιλαμβάνει τέσσερα επίπεδα ([Smithenry, 2010](#) *οπ. αναφ. στο* [Arslan, 2014](#)). Παρακάτω παρατίθενται περισσότερες πληροφορίες για κάθε επίπεδο της τετράβαθμης αυτής κλίμακας.

Επίπεδα Διερεύνησης				
	Επιβεβαιωτική Έρευνα	Δομημένη Διερεύνηση	Καθοδηγούμενη Διερεύνηση	Ανοικτή Διερεύνηση
Εκπαιδευτικός	*Διατύπωση ερωτήματος *Σχεδιασμός έρευνας *Διεξαγωγή έρευνας *Γνωστά εκ των προτέρων αποτελέσματα	*Διατύπωση ερωτήματος *Σχεδιασμός έρευνας *Διεξαγωγή έρευνας	*Διατύπωση ερωτήματος *Σχεδιασμός έρευνας (από κοινού με μαθητές) *Διεξαγωγή έρευνας (από κοινού με μαθητές)	
Μαθητές		*Ερμηνεία αποτελεσμάτων	*Ερμηνεία αποτελεσμάτων	*Διατύπωση ερωτήματος *Σχεδιασμός έρευνας *Διεξαγωγή έρευνας *Ερμηνεία αποτελεσμάτων
Σκοπός	*Ενίσχυση της γνώσης που διδάχθηκε.	*Ανάπτυξη πειραματικών και αναλυτικών δεξιοτήτων.	*Απαραίτητη για τη μετάβαση από τη δομημένη στην ανοικτή διερεύνηση.	*Οι μαθητές ως επιστήμονες.
Επίπεδο Δυσκολίας	Απλούστερο  Πολυπλοκότερο			

Βέβαια, τα όρια δεν είναι πάντα σαφώς καθορισμένα. Υπάρχουν ενδιάμεσες διαβαθμίσεις ανάλογα με το βαθμό ελευθερίας που έχουν οι μαθητές στις δραστηριότητες με τις οποίες

εμπλέκονται, και ανάλογα με το βαθμό καθοδήγησης που έχουν από τον εκπαιδευτικό (Τσάλμια, 2012). Παράδειγμα τέτοιας διαβάθμισης είναι η διττή/διπλή διερεύνηση. Είναι ένας τύπος έρευνας, που αποτελεί ένα ενδιάμεσο στάδιο μεταξύ καθοδηγούμενης και «ανοιχτής» διερεύνησης (Zion et al., 2007, *οπ. αναφ. στο Sadeh & Zion, 2012*). Η διττή/διπλή διερεύνηση συνδυάζει χαρακτηριστικά της καθοδηγούμενης με την «ανοιχτή» διερεύνηση (Dunkhase, 2000). Πιο συγκεκριμένα, κατά την εφαρμογή της ο εκπαιδευτικός επιλέγει το ερώτημα που πρέπει να ερευνηθεί (Martin, 2001) και μετά από το στάδιο αυτό, υιοθετείται μια προσέγγιση περισσότερο επικεντρωμένη στους μαθητές, όπως στην «ανοιχτή» διερεύνηση (Martin-Hansen, 2002).

Ο τύπος της διερευνητικής πρακτικής που είναι αποτελεσματικότερος για τη διδασκαλία παραμένει αμφισβητούμενος μεταξύ των εκπαιδευτικών (Yerrick 2000; Zion & Sadeh 2007 *οπ. αναφ. στο Sadeh & Zion, 2012*). Μερικοί προτιμούν να χρησιμοποιούν τη δομημένη ή καθοδηγούμενη διερεύνηση, ενώ άλλοι προτιμούν την «ανοιχτή» διερεύνηση. Οι υποστηρικτές της δομημένης και καθοδηγούμενης διερεύνησης ισχυρίζονται ότι βοηθά τους μαθητές να μάθουν το περιεχόμενο της επιστήμης, να αποκτήσουν βασικές επιστημονικές δεξιότητες, και να κατανοούν τη φύση της επιστημονικής γνώσης (Tabak et al., 1995; Quintana, Zhang, & Krajcik, 2005; Blanchard et al., 2010 *οπ. αναφ. στο Zion & Mendelovici, 2012*). Επιπλέον, η δομημένη και καθοδηγούμενη διερεύνηση για αυτούς αποτρέπει το «χάσιμο χρόνου», μειώνει την απογοήτευση των μαθητών, λόγω της απόκτησης ανεπιθύμητων αποτελεσμάτων, καθώς και την αποτυχία και τον φόβο τους για το άγνωστο (Trautmann et al., 2004 *οπ. αναφ. στο Zion & Mendelovici, 2012*). Σε αντίθεση με τους συναδέλφους τους που χρησιμοποιούν τη δομημένη ή καθοδηγούμενη διερευνητική προσέγγιση, οι εκπαιδευτικοί που προτιμούν την «ανοιχτή» διερεύνηση υποστηρίζουν ότι η μέθοδος αυτή επιτυγχάνει υψηλότερο επίπεδο εξοικείωσης των μαθητών με τη φύση της επιστημονικής γνώσης, ανάπτυξη περισσότερων δεξιοτήτων, και σκέψη υψηλότερης τάξης (Chinn & Malhotra, 2002; Berg et al., 2003; Krystyniak & Heikkinen, 2007 *οπ. αναφ. στο Zion & Mendelovici, 2012*). Αξίζει να σημειωθεί ότι η πλειοψηφία των ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί αφορά την καθοδηγούμενη διερεύνηση, η οποία δείχνει ότι έχει τα μεγαλύτερα οφέλη και ως προς το περιεχόμενο αλλά και ως προς την ίδια τη διαδικασία της διδασκαλίας (Bruder & Prescott, 2013 *οπ. αναφ. στο Κοταρίνου και συν., 2015*). Επειδή ως είδος έρευνας είναι περισσότερο εμπλεκόμενο από τη δομημένη έρευνα, είναι πιο επιτυχημένο, καθώς οι μαθητές έχουν πολλές ευκαιρίες να μάθουν, να σχεδιάσουν πειράματα και να καταγράψουν δεδομένα (Banchi & Bell, 2008). Εξάλλου, συσσωρευμένα στοιχεία έδειξαν ότι η δομημένη έρευνα, με τη συστηματική καθοδήγηση των μαθητών για την επίλυση ενός προκαθορισμένου ερωτήματος, είναι ανεπαρκής για την ανάπτυξη κριτικής και επιστημονικής σκέψης (Berg et al., 2003; Kaberman & Dori, 2008; Yen & Huang, 2001 *οπ. αναφ. στο Sadeh & Zion, 2009*). Είναι ενδιαφέρον να αναφερθεί ότι, καθώς οι μαθητές κινούνται από τη δομημένη έρευνα στη καθοδηγούμενη έρευνα, μετατρέπουν τα δεδομένα τους σε περισσότερο πολύπλοκες και αφηρημένες μορφές, όπως γραφήματα και χάρτες εννοιών (Lunsford et al., 2007 *οπ. αναφ. στο Sadeh & Zion, 2009*).

Μετά την παρουσίαση των διαφορετικών επιπέδων διερεύνησης θα αναλυθούν οι συνηθέστερες παραλλαγές μοντέλων διερευνητικής προσέγγισης. Αξίζει να τονιστεί ότι ένα διδακτικό μοντέλο αντιστοιχεί σε μία θεωρία μάθησης (Κασιμάτη, 2011), στην δική μας περίπτωση στη διερευνητική μάθηση (inquiry-based learning). Σε μια προσπάθεια ορισμού

του όρου «διδασκτικό μοντέλο» θα λέγαμε ότι αποτελεί τη περιγραφή ενός περιβάλλοντος μάθησης, συμπεριλαμβάνοντας τη συμπεριφορά των εκπαιδευτικών, όταν χρησιμοποιούν το μοντέλο αυτό (Joyce et al., 2009) ή με άλλα λόγια καθιστά μια σχηματοποιημένη απόδοση της διδασκτικής πράξης ως όλου (Εξαρχάκος, 2003). Το μοντέλο της διερευνητικής εκπαίδευσης (inquiry training), σχεδιάστηκε για τη διδασκαλία στους μαθητές του αιτιώδους συλλογισμού και της μεγαλύτερης ευχέρειας και ακρίβειας στη διατύπωση εννοιών και υποθέσεων, καθώς και του ελέγχου τους (Joyce et al., 2009), εμφανίζεται σε πληθώρα παραλλαγών. Το γεγονός αυτό δεν πρέπει να μας ξενίζει, γιατί τα διαφορετικά μοντέλα διερευνητικής διδασκτικής προσέγγισης, (θα αναλυθούν αμέσως μετά) έχουν χρησιμοποιηθεί για να καλύψουν τις συγκεκριμένες ανάγκες κάθε τάξης (Martin-Hansen, 2002).

Παρακάτω παρατίθενται τα διαφορετικά μοντέλα διερεύνησης, όπως αυτά περιεγράφηκαν από τους εισηγητές τους.

Μοντέλο Dewey		
Στάδια	Εκπαιδευτικός	Μαθητές
Αίσθηση περίπλοκων καταστάσεων	Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει μια προβληματική κατάσταση.	
Αποσαφήνιση προβλήματος	Ο εκπαιδευτικός βοηθά τους μαθητές να προσδιορίσουν το πρόβλημα και να διατυπώσουν το ερευνητικό ερώτημα.	Οι μαθητές διατυπώνουν το προς μελέτη ερευνητικό ερώτημα.
Διατύπωση υπόθεσης		Οι μαθητές διατυπώνουν υποθέσεις.
Δοκιμασία υπόθεσης		Οι μαθητές ελέγχουν την ορθότητα των υποθέσεων τους.
Αξιολόγηση υπόθεσης		Οι μαθητές αποδέχονται ή απορρίπτουν την αρχική τους υπόθεση.

Αναζήτηση λύσης	Ο εκπαιδευτικός ζητά από τους μαθητές να διατυπώσουν μια δήλωση που να γνωστοποιεί τα συμπεράσματά τους.	Οι μαθητές διατυπώνουν τα συμπεράσματά τους και τα γνωστοποιούν στους συνομηλίκους τους.
--------------------	--	--

Κύκλος Μάθησης Atkin-Karplus		
Στάδια	Εκπαιδευτικός	Μαθητές
Εξερεύνηση		Οι μαθητές αποκτούν μια αρχική εμπειρία με το προς μελέτη φαινόμενο.
Εφεύρεση	Ο εκπαιδευτικός παρουσιάζει τον ορισμό μιας νέας έννοιας ή μιας νέας αρχής που βοηθά τους μαθητές να εφαρμόσουν ένα καινούριο μοτίβο συλλογιστικής στις εμπειρίες τους.	Οι μαθητές κατανοούν νέους όρους, σχετικούς με τις έννοιες του εκάστοτε αντικειμένου.
Ανακάλυψη		Οι μαθητές εφαρμόζουν έννοιες και χρησιμοποιούν όρους σε συναφείς, αλλά νέες καταστάσεις.

Μοντέλο 5^E

Στάδια	Εκπαιδευτικός	Μαθητές
Εμπλοκή	Ο εκπαιδευτικός ανιχνεύει τις πρότερες γνώσεις των μαθητών και τους βοηθά να εμπλακούν σε καινούριες έννοιες.	
Εξερεύνηση		Οι μαθητές υλοποιούν απλές δραστηριότητες στο πλαίσιο των οποίων οι πρότερες γνώσεις, διαδικασίες και δεξιότητες τους ταυτοποιούνται και διευκολύνεται η εννοιολογική αλλαγή. Κατά το στάδιο αυτό, οι μαθητές χρησιμοποιούν την πρότερη γνώση τους για να παράξουν νέες ιδέες.
Επεξήγηση	Οι εκπαιδευτικοί εισάγουν άμεσα μία έννοια, μία διεργασία ή μία δεξιότητα.	Οι μαθητές παρουσιάζουν τον τρόπο κατανόησης της έννοιας.
Επεξεργασία	Οι εκπαιδευτικοί επεκτείνουν την εννοιολογική κατανόηση και τις δεξιότητες των μαθητών τους.	Μέσω νέων εμπειριών, οι μαθητές αποκτούν βαθύτερη και ευρύτερη κατανόηση, προσλαμβάνοντας περισσότερες πληροφορίες. Οι μαθητές εφαρμόζουν την εννοιολογική κατανόηση που πέτυχαν, διεξάγοντας επιπλέον δραστηριότητες.
Εκτίμηση	Οι εκπαιδευτικοί έχουν την ευκαιρία να αξιολογήσουν την πρόοδο των μαθητών τους, ελέγχοντας αν έχουν επιτευχθεί οι προσδοκώμενοι διδακτικοί στόχοι.	Οι μαθητές ενθαρρύνονται να αξιολογήσουν ό,τι έχουν κατανοήσει καθώς και τις ικανότητες που απέκτησαν.

Μια επέκταση του προαναφερόμενου μοντέλου 5Ε αποτελεί το μοντέλο 7Ε. Το μοντέλο 7Ε επεκτείνει το στάδιο της Εμπλοκής σε δύο βήματα - Ενεργοποίηση και Εμπλοκή (Eisenkraft, 2003). Έτσι, υπογραμμίζει τη σημασία της αποκάλυψης της προϋπάρχουσας γνώσης που οι μαθητές κατέχουν για την επικοδόμηση πάνω σε αυτή των νέων γνώσεων (Αθανασίου, 2015). Ομοίως, επεκτείνει τα δύο στάδια της Επεξεργασίας και της Εκτίμησης σε τρία βήματα Επεξεργασία, Εκτίμηση και Επέκταση (Eisenkraft, 2003). Η φάση Επέκτασης επιτρέπει στους μαθητές να εφαρμόσουν τη γνώση τους σε νέα πλαίσια, να διατυπώσουν νέες ερωτήσεις και να πράξουν νέες έρευνες, ώστε με αυτόν τον τρόπο να καταστεί επιτυχής η μεταφορά της γνώσης (Αθανασίου, 2015).

Συνοπτικά, η επισκόπηση της βιβλιογραφίας (όπως φάνηκε) έχει δείξει ότι ερευνητές και εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν διάφορα διερευνητικά μοντέλα (Καραγιάννη, 2012). Φυσικά, υπάρχουν ομοιότητες μεταξύ των μοντέλων, καθώς όλα εκπορεύονται από ένα κοινό σύνολο βασικών σκοπών, στόχων και δεξιοτήτων. Εντοπίζονται όμως και διαφορές, οι οποίες εστιάζονται στον κύριο σκοπό που υλοποιείται σε κάθε φάση, στη σύνταξη των φάσεων που προτείνεται από τους συγγραφείς του μοντέλου, καθώς και στον τρόπο περιγραφής τους. Η ύπαρξη πληθώρας διερευνητικών μοντέλων καταδεικνύει, αφενός μεν την ποικιλομορφία, αφετέρου δε το ότι ο κάθε ερευνητής αντιλαμβάνεται διαφορετικά τη διερευνητική διαδικασία (Καραγιάννη & Ψύλλος, 2013). Ένα είναι σίγουρο, πάντως, ότι η εφαρμογή της διερεύνησης στην εκπαιδευτική διαδικασία (σε οποιαδήποτε παραλλαγή διδακτικού μοντέλου διερεύνησης) θα οδηγήσει τους μαθητές στο καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα και στην επίτευξη των στόχων που έχουν τεθεί στο εκάστοτε μάθημα, μόνο αν συνυπολογιστούν τα χαρακτηριστικά και οι ανάγκες τους (Δουκέλη, 2012)!

B.2. Η χρήση της τεχνολογίας στην εκπαιδευτική πρακτική

«Πρώτα μιλά η εικόνα,
μετά ο μαθητής
και τελευταίος ο δάσκαλος.
(Κέκκερης, 2006).

Το γεγονός ότι έχει αποδειχθεί ερευνητικά (Rubin, 1996 όπ. αναφ. στο Γκιόλμα, 2013; Mäeots et al., 2008 όπ. αναφ. στο Pedaste et al., 2015) πως η διερευνητική προσέγγιση συνδυάζεται καλύτερα με τη χρήση υπολογιστή, στάθηκε η αιτία το 2^ο Κεφάλαιο να αναφέρεται στη χρήση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική πρακτική γενικά και στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών ειδικότερα. Με τον όρο ΤΠΕ ορίζονται από την UNESCO οι τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία, εμφάνιση, αποθήκευση, χειρισμό, και ανταλλαγή πληροφοριών (Meleisea, 2007 όπ. αναφ. στο Nguyen et al., 2012). Για τον Αϊβαζίδη είναι όλα εκείνα τα μέσα, που είναι φορείς άυλων μηνυμάτων (Αϊβαζίδης, 2005). Ανάμεσα τους συγκαταλέγονται οι υπολογιστές, το διαδίκτυο, οι τεχνολογίες ραδιοτηλεοπτικών εκπομπών, υλικά και λογισμικά, καθώς και συστήματα διαχείρισης της μάθησης (Nguyen et al., 2012). Βασικό χαρακτηριστικό των ΤΠΕ είναι η συνεχής μεταβολή και βελτίωση, με νέες ανακαλύψεις και επιτεύγματα να μας εκπλήσσουν καθημερινά (Lamanauskas, 2015).

Ωστόσο, η τεχνολογία δεν είναι κάτι που πρωτοεμφανίζεται στην εποχή μας. Αν κοιτάξουμε πίσω στην ιστορία, θα δούμε ότι καμία εποχή δε στερούταν τεχνολογικών επιτευγμάτων. (Βούλτσιου, 2007). Η χρήση της ξεκίνησε από πολύ παλιά με τη μετατροπή των φυσικών πρώτων υλών σε εργαλεία για την επίτευξη σκοπών, που είχαν σχέση με την επιβίωση και τον έλεγχο της φύσης (Ράπτης & Ράπτη, 2014). Από το σκαλισμό βράχων μέχρι σήμερα, όπου οι περισσότεροι μαθητές είναι εξοπλισμένοι με αρκετές φορητές τεχνολογικές συσκευές ανά πάσα στιγμή, η τεχνολογία ωθούσε και συνεχίζει να ωθεί τις εκπαιδευτικές δυνατότητες σε νέα επίπεδα⁷. Η δήλωση πως όσο υπάρχουν άνθρωποι, θα υπάρχει τεχνολογία, φαίνεται ότι δεν αποτελεί υπερβολή, καθώς η τεχνολογία (όπως η γλώσσα και οι τέχνες) είναι εγγενές μέρος του πολιτιστικού συστήματος της εκάστοτε εποχής⁸.

Η διαφορά έγκειται στο γεγονός πως στη σημερινή εποχή παρατηρείται έκρηξη τεχνολογικών επιτευγμάτων, με αποτέλεσμα (δικαίως) να χαρακτηρίζεται ως η «εποχή των ΤΠΕ» (Χαραλάμπους & Κυριάκου, 2005), αφού οι ΤΠΕ ασκούν ισχυρή επιρροή σε όλους τους τομείς, από το εμπόριο και τις επιχειρήσεις έως την υγεία και την ψυχαγωγία. Σύμφωνα με τον Daniels (2002) αποτελούν ένα από τα βασικότερα δομικά στοιχεία της σύγχρονης κοινωνίας (Daniels, 2002), κι έχουν μεταβάλλει πολλές πτυχές του τρόπου με τον οποίο ζούμε (Sarkar, 2012). Ενσωματωμένες σε όλες σχεδόν τις διαστάσεις της καθημερινής ζωής (κινητό τηλέφωνο, πιστωτική κάρτα, κωδικοί προϊόντων, ψηφιακή οργάνωση υπηρεσιών κ.α.),

⁷<http://online.purdue.edu/ldt/learning-design-technology/resources/evolution-technology-classroom>

⁸ <http://www.project2061.org/publications/sfaa/online/chap3.htm>

έκτισαν μια παγκόσμια «κοινωνία πληροφορίας» (Γραφείο Πρωθυπουργού, 1998 όπ. αναφ. στο Ιωάννου, 2002) και άλλαξαν δραματικά την κοινωνία μας (Li, 2009).

Η ραγδαία ανάπτυξη τους και η καθολική χρήση τους, δεν άφησε φυσικά ανεπηρέαστη την εκπαίδευση (Βούλτσιου, 2007). Από τη στιγμή της εισαγωγής τους στην εκπαιδευτική πρακτική επηρεάστηκε όχι μόνο ο τρόπος με τον οποίο διδάσκουμε και μαθαίνουμε (Martin et al., 2011), αλλά και ο τρόπος με τον οποίο έχουμε πρόσβαση στη γνώση (Watson, 2001). Μέσω των ΤΠΕ κατέστη δυνατή η πρόσβαση σε πολύ μεγαλύτερο όγκο πληροφοριών και με τρόπους θεμελιωδώς διαφορετικούς από αυτούς της προ-ΤΠΕ εποχής (Κωστάκος & Περάκη, 2010). Οι τεχνολογίες και τα μέσα έκφρασης, παρείχαν νέες προοπτικές και ένα ευρύ φάσμα νέων διδακτικών και μαθησιακών πεδίων (Βούργα και συν., 2012). Η χρήση τους άνοιξε νέες δυνατότητες καθιστώντας τη διδασκαλία αποτελεσματικότερη (Michaelides, 2007).

Επειδή δεν είναι εφικτό να παρουσιαστούν όλες οι εφαρμογές των ΤΠΕ στην διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στα πλαίσια της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας (εξάλλου δεν αποτελούν και το καθ'εαυτό αντικείμενό της) επιλέχθηκαν τα πλέον κοινότυπα και πολυχρησιμοποιημένα τεχνολογικά επιτεύγματα, και ο τρόπος παρουσίασης τους ακολουθεί τη χρονολογική σειρά εμφάνισης και χρήσης τους στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

B.2.1 Η χρήση των ΤΠΕ στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

B.2.1.1. Υπολογιστής

«Το μόνο που χρειάζεται πια ο κόσμος μας
είναι να δώσουμε σε κάθε παιδί
ένα φορητό υπολογιστή»
(Nicholas Negroponte)

Οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία (Μαλιάρας & Προκόπης, 2014). Υποστηρίζεται ότι καμία άλλη τεχνολογία δεν ήταν τόσο κυρίαρχη στην αλλαγή του εκπαιδευτικού συστήματος, όσο αυτή των ηλεκτρονικών υπολογιστών (Niemiec & Walberg, 1987). Η χρήση τους στη διδασκαλία - κατέστη πραγματικότητα τη δεκαετία του '70- (Chonacky, 2006) προσέφερε εργαλεία ανάλυσης ή/και οπτικοποίησης δεδομένων και εργαλεία που βοήθησαν τους μαθητές να διατυπώνουν υποθέσεις (de Jong, 2006b).

Παράλληλα, παρείχαν τη δυνατότητα διαχείρισης και παρουσίασης πληθώρας πληροφοριών με την αξιοποίηση της εικόνας, της κίνησης, και του ήχου (Καμηλάρη, 2016). Το πιο αξιόλογο πλεονέκτημα τους, ωστόσο, ήταν η αλληλεπιδραστικότητα, δηλαδή η δυνατότητα να θέτουν ερωτήματα στους μαθητές, προκαλώντας τους να απαντήσουν και να αξιολογηθούν (Δημητρακοπούλου, 2004). Έτσι, το μάθημα έγινε πιο κατανοητό, πιο ευχάριστο, παρέχοντας κίνητρα για εκτενέστερη διερεύνηση και εμβάθυνση στα υπό μελέτη θέματα (Ράπτης & Ράπτη, 2007).

Επίσης, η δυνατότητα διασύνδεσης τους με δίκτυα και άλλα οπτικοακουστικά μέσα, διευκόλυνε τη διάδοση των γνώσεων και την ανθρώπινη επικοινωνία για εκπαιδευτικούς σκοπούς (Σπανού, 2013). Μάλιστα, η εξοικείωση που προσέφεραν με προγράμματα και λογισμικά είχε ως αποτέλεσμα την εύκολη χρήση και εμπέδωση βασικών αρχών λειτουργίας της εν λόγω τεχνολογίας, στοιχεία απαραίτητα για τη μετέπειτα ένταξη των ατόμων στην εργασιακή πραγματικότητα (Σπανού, 2013).

Από την άλλη πλευρά, απορροφώντας την προσοχή των μαθητών και μεγάλο μέρος της συναισθηματικής τους ενέργειας, κατηγορήθηκαν ότι συνέβαλαν στην κοινωνική τους απομόνωση (Βούλτσιου, 2007). Επίσης, υποστηρίχθηκε η άποψη πως η επικράτηση της εικόνας στον επικοινωνιακό χώρο εγκυμονεί κινδύνους, διότι είναι επικράτηση που συνδέεται όχι με τον ίδιο το λόγο της εικόνας, αλλά με συλλογικές τάσεις, με την παγκοσμιοποίηση της αγοράς, με θεσμικούς αυτοματισμούς και με τη διαχείριση της πολιτιστικής και οικονομικής εξουσίας (Ταρνανίδας, 2014). Τέλος, έχει υποστηριχθεί ότι η χρήση τους μπορεί να συμβάλει αρνητικά και στην υγεία των μαθητών. Αυτό αποδεικνύεται από το γεγονός ότι λόγω της πολύωρης οπτικής ενασχόλησης με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή,

οι μαθητές μπορεί να εμφανίσουν προβλήματα όπως πονοκέφαλο και οφθαλμική κόπωση (Βούλτσιου, 2007).

Υπό αυτό το πλαίσιο, πολλές μελέτες αξιολόγησαν την αποτελεσματικότητα των ΤΠΕ στη διδασκαλία (Kenny et al., 2006 όπ. αναφ. στο Gökhan et al., 2012). Τα ευρήματά τους έδειξαν ότι η βασισμένη στους υπολογιστές διδασκαλία (CAI, Computer Assisted Instruction) εφαρμόστηκε όχι μόνο για τη διδασκαλία όλων των μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών, αλλά και σε ένα ευρύ φάσμα των διδακτικών τους αντικειμένων (Delon, 1970; Culp & Castleberry, 1971; Grandey, 1971; Boblick, 1972; Castleberry et al., 1973; Chiang et al., 1978; Cavin et al., 1981; Bobbert, 1982; Easterling, 1982; Austin, 1984; Miller, 1984; Ayoubi, 1985; Bennett, 1985; Dilshaw & Bell., 1985; Eisenkraft, 1986; Fox, 1986; Campbell et al., 1987; Choi & Gennaro, 1987; Honnshell & Hill, 1989; Wainwright, 1989; Morrell, 1992; Cracolice, 1994; Duffy & Barowy, 1995; Tjaden & Martin, 1995; Yalcinalp et al., 1995; Kelly, 1997; Lee, 1999; Basturk, 2005; Kauser et al., 2008; Ozmen, 2008; Yusuf & Afolabi, 2010; Zhang, 2010; Dherakrishnan et al., 2012; Robinson, 2017).

Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας φάνηκε ότι η εφαρμογή της CAI είχε θετικό αντίκτυπο στις επιδόσεις των μαθητών (Castleberry et al., 1970; Culp & Castleberry, 1971; Grandey, 1971; Boblick, 1972; Castleberry et al., 1973; Palmer, 1973; Willet et al., 1983; Wise & Okey, 1983; Austin, 1984; Miller, 1984; Honnshell & Hill, 1989; Yalcinalp et al., 1995; Christmann & Badget, 1999; Basturk, 2005; Zhang, 2010; Dherakrishnan et al., 2012; Robinson, 2017), στη στάση τους απέναντι στην επιστήμη (Cavin et al., 1981; Wise & Okey, 1983; Honnshell & Hill, 1989; Yalcinalp et al., 1995; Zhang, 2010), στην ανάπτυξη και καλλιέργεια βασικών επιστημονικών δεξιοτήτων (Kauser et al., 2008; Mohammed & Kanpolat, 2010), στην αποδόμηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών (Ozmen, 2008) και στην εννοιολογική τους κατανόηση (Μίχας, 2006). Μάλιστα, τα θετικά αυτά ευρήματα ήταν παρόντα σε όλα τα στάδια της εκπαίδευσης (Girard et al., 2013), σε όλους τους μαθητές (Yusuf & Afolabi, 2010), ακόμη και στους σωματικά ή πνευματικά μειονεκτούντες (Chiang et al., 1978; Βούλτσιου, 2007).

Φυσικά, δεν απουσίασαν και περιπτώσεις όπου δεν βρέθηκε διαφορά μεταξύ της βασιζόμενης σε υπολογιστή διδασκαλίας και της παραδοσιακής διδασκαλίας (Delon, 1970; Cavin et al., 1981; Easterling, 1982; Campbell et al., 1987; Choi & Gennaro, 1987; Morrell, 1992; Tjaden & Martin, 1995), όσον αφορά τις επιδόσεις των μαθητών (Campbell et al., 1987; Morrell, 1992; Tjaden & Martin, 1995), την καλλιέργεια των βασικών επιστημονικών τους δεξιοτήτων (Miller, 1984; Dilshaw & Bell, 1985), τη στάση τους απέναντι στην επιστήμη (Cavin et al., 1981; Morrell, 1992) και την εννοιολογική τους κατανόηση (Choi & Gennaro, 1987). Τέλος, υπήρξαν και μεμονωμένες περιπτώσεις όπου η παραδοσιακή διδασκαλία εμφάνισε καλύτερα μαθησιακά επιτεύγματα από τη βασιζόμενη σε υπολογιστή διδασκαλία (Wainwright, 1989).

Στο σημείο αυτό αξίζει να σημειωθεί πως η επιστημονική διαμάχη δεν περιορίζεται μόνο στον αντίκτυπο που επιφέρει στις μαθητικές επιδόσεις η εφαρμογή της CAI, αλλά και στο αν η βελτίωση (μέσω της CAI) των επιδόσεων των μαθητών επηρεάζεται από το φύλο. Αν και στην πλειονότητα τους οι ερευνητικές μελέτες διατείνονται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά στην απόδοση αγοριών και κοριτσιών αναφορικά με τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή για την εκμάθηση της Επιστήμης (Bello, 1990; Kirkpatric & Cuban, 1998; Spence,

2004; Ash, 2005; Basturk, 2005; Dantala, 2006; Anulobi, 2009; Yusuf & Afolabi, 2010; Anyamene et al., 2012; Jagannath, 2013; Fakomogbon et al., 2014), κάποιες ερευνητικές μελέτες υποστηρίζουν ότι η απόδοση των αγοριών είναι καλύτερη από αυτή των κοριτσιών μετά τη χρήση της CAI (Achuonye, 2006; Onwuegbuna & Onwuegbuna, 2006; Achuonye & Olele, 2009; Park et al., 2009; Nduati, 2015).

B.2.1.2. Παιχνίδια Υπολογιστών

Τα παιχνίδια υπολογιστών (βιντεοπαιχνίδια) αποτελούν τη δημοφιλέστερη δραστηριότητα των παιδιών στο σπίτι (Downes, 1999; Harris, 1999; Mumtaz, 2001 όπ. αναφ. στο Papastergiou, 2009). Το γεγονός ότι πολλοί μαθητές απολαμβάνουν τη χρήση τους, άφησε (ήδη από τη δεκαετία του '70) ανοικτό το ενδεχόμενο χρησιμοποίησης τους για την ενίσχυση της μάθησης (Randel et al., 2002).

Η κατασκευή του πρώτου εκπαιδευτικού βιντεοπαιχνιδιού (Oregon Trail) κατέστη πραγματικότητα το 1974. Πρόκειται για ένα βιντεοπαιχνίδι που δημιουργήθηκε από τους Don Rawitsch, Bill Heinemann, και Paul Dillenberger το 1971, και παρασκευάστηκε από την εταιρία Minnesota Educational Computing Consortium (MECC) το 1974.

Από την παρθενική εμφάνιση του Oregon Trail μέχρι σήμερα, η χρήση των βιντεοπαιχνιδιών στην εκπαιδευτική πραγματικότητα έχει αυξηθεί ραγδαία και πλέον αποτελούν αναπόσπαστο μέρος του κοινωνικού και πολιτιστικού μας περιβάλλοντος (Oblinger, 2004 όπ. αναφ. στο Papastergiou, 2009). Μάλιστα, τη σημερινή εποχή της τεχνολογικής ανάπτυξης και καινοτομίας τα βιντεοπαιχνίδια έχουν φτάσει σε άλλο επίπεδο παρέχοντας στους χρήστες τους διαδραστικά εικονικά περιβάλλοντα (Prensky, 2001 όπ. αναφ. στο Mitchell & Savill-Smith, 2004), πλούσια οπτική και χωρική αισθητική, εισάγοντας τους σε κόσμους φανταστικούς, οι οποίοι φαίνονται πραγματικοί με τους δικούς τους όρους (Poole, 2000 όπ. αναφ. στο Mitchell & Savill-Smith, 2004).

Από την πρώτη στιγμή της χρήσης τους στην εκπαίδευση δημιούργησαν μια νέα κουλτούρα μάθησης (Prensky, 2001). Είτε γιατί είναι αποτελεσματικά εργαλεία για τη διδασκαλία δύσκολων και πολύπλοκων διαδικασιών, είτε επειδή ενισχύουν τα προσωπικά κίνητρα και παρέχουν διαδραστικό περιβάλλον λήψης αποφάσεων (Holland et al., 2002; Charles & McAlister, 2004 όπ. αναφ. στο Kebritchi et al., 2010), ενώ παράλληλα δημιουργούν την εντύπωση στους μαθητές ότι οι ίδιοι κατέχουν τον έλεγχο της μάθησης τους (Burguillo, 2010).

Συν τοις άλλοις, τα βιντεοπαιχνίδια μπορούν να υποστηρίξουν πολυαισθητηριακή, ενεργητική, και βιωματική μάθηση, ευνοούν την ανάκληση προηγούμενων γνώσεων, (οι παίκτες πρέπει να χρησιμοποιούν προηγούμενες πληροφορίες που έχουν μάθει για να προχωρήσουν), παρέχουν άμεση ανατροφοδότηση (επιτρέποντας στους παίκτες να δοκιμάζουν τις υποθέσεις τους και να μαθαίνουν από τις ενέργειες τους), προσφέρουν ευκαιρίες αυτοαξιολόγησης (μέσω των μηχανισμών βαθμολόγησης και προσέγγισης σε διαφορετικά επίπεδα) και καθίστανται όλο και περισσότερο κοινωνικά περιβάλλοντα (περιλαμβάνοντας κοινότητες παικτών) (Papastergiou, 2009).

Όσον αφορά την αποτελεσματικότητα τους, η ανασκόπηση των ευρημάτων των ερευνητικών μελετών έδειξε ότι τα παιχνίδια υπολογιστών χρησιμοποιήθηκαν για τη διδασκαλία όλων των μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών (Shedighian & Shedighian, 1996; Klawe, 1998; Din & Calao, 2000; Moreno, 2002; Rosas et al., 2003; Lim et al., 2006; Ke & Grabowski, 2007; Tuzun et al., 2009; Liao et al., 2011; Hung et al., 2012; Hwang et al., 2012; Sung & Hwang, 2013), με ιδιαίτερη έμφαση στη διδασκαλία των μαθηματικών (Shedighian & Shedighian, 1996; Klawe, 1998; Din & Calao, 2000; Moreno, 2002; Rosas et al., 2003; Beale et al., 2007; Ke & Grabowski, 2007; Annetta et al., 2009; Kebritchi et al., 2010; Hainey et al., 2011; Liao et al., 2011; Hung et al., 2012).

Η χρήση τους στην εκπαιδευτική πρακτική είχε θετικό αντίκτυπο στα μαθησιακά επιτεύγματα (Shedighian & Shedighian, 1996; Klawe, 1998; Moreno, 2002; Rosas et al., 2003; Corsi et al., 2006; Beale et al., 2007; Ke & Grabowski, 2007; Owston et al., 2009; Papastergiou, 2009; Tuzun et al., 2009; Kebritchi et al., 2010; Hwang et al., 2012), στην ενίσχυση των κινήτρων των μαθητών (Malouf, 1987; Koran & McLaughlin, 1990; Klein & Freitag, 1991; Klawe, 1998; Gee, 2003; Rosas et al., 2003; van Eck, 2006; Ebner & Holzinger, 2007; Lopez-Morteo & Lopez, 2007; Annetta et al., 2009; Papastergiou, 2009; Rosas, 2009; Tuzun et al., 2009; Chang et al., 2010; Huang et al., 2010; Liao et al., 2011; Hwang et al., 2012), στην ανάπτυξη και βελτίωση βασικών επιστημονικών δεξιοτήτων (Kraus, 1981), στην εννοιολογική κατανόηση δυσνόητων επιστημονικών εννοιών (Al-Tarawneh, 2016) και τέλος, στη στάση των μαθητών απέναντι στην επιστήμη (Tuzun et al., 2009; Hwang et al., 2012).

Ασφαλώς και δεν απουσίασαν και περιπτώσεις όπου δεν βρέθηκε διαφορά μεταξύ της βασιζόμενης σε βιντεοπαιχνίδια διδασκαλίας και της παραδοσιακής διδασκαλίας, αναφορικά με τα μαθησιακά επιτεύγματα των μαθητών (Spragins & Rowsey, 1986; Malouf, 1987; Koran & McLaughlin, 1990; Klein & Freitag, 1991; Din & Calao, 2000; Halttuten & Sormunen, 2000; McDonald & Hanafin, 2003; Laffey et al., 2003; Lim et al., 2006; Ebner & Holzinger, 2007; Annetta et al., 2009; Wang & Chen, 2010; Brom et al., 2011; Hainey et al., 2011) και τα κίνητρά τους (Din & Calao, 2000; Halttuten & Sormunen, 2000; McDonald & Hanafin, 2003; Laffey et al., 2003; Lim et al., 2006; Kebritchi et al., 2010).

B.2.1.3. Διαδίκτυο

Όταν ανέλαβα Πρόεδρος, μόνο οι φυσικοί
που ασχολούνται με τα υποατομικά σωματίδια
είχαν ακούσει για το λεγόμενο Διαδίκτυο.
Σήμερα, ακόμα και η γάτα μου
έχει τη δική της ιστοσελίδα.
(Μπιλ Κλίντον)

Ως όρος εισήχθη από τον Tim Berners-Lee στα τέλη του 1989 (Collier et al., 2014). Δεν πρέπει να συγχέεται με τον Παγκόσμιο Ιστό -ελληνική απόδοση του αγγλικού όρου World Wide Web-

(Aghaei, 2012). Έχει οριστεί ως ένα τεχνολογικό-κοινωνικό σύστημα για την αλληλεπίδραση ανθρώπων που στηρίζεται σε τεχνολογικά δίκτυα (Aghaei, 2012) κι αποτελεί τη μεγαλύτερη βάση δεδομένων, όπου ο χρήστης αναζητά και διαχειρίζεται πληροφορίες (Al-Khalifa & Al-Salman, 2006).

Από την πρώτη του εμφάνιση μέχρι σήμερα η εξέλιξη του είναι ταχύτατη. Από ιστός της πληροφορίας κατέστη ιστός της κοινωνικοποίησης, στη συνέχεια ιστός της γνώσης για να μετεξελιχθεί σε ιστό της ευφυΐας (Κεκκέρης, 2010). Οι αλλαγές αυτές στην ίδια τη δομή της πληροφορίας επέφεραν αλλαγές και στον τρόπο παρουσίασης της. Πλέον, το Διαδίκτυο σήμερα είναι σε θέση να προσφέρει διαδραστικότητα, ευελιξία και χαμηλό κόστος (Baer, 1998):

- **Διαδραστικότητα:** Διευκολύνει την επικοινωνία, τόσο σε πραγματικό χρόνο όσο και ασύγχρονα. Παρέχει διαδραστικές κοινότητες μάθησης, στις οποίες οι συμμετέχοντες ανταλλάσσουν συστηματικά πληροφορίες, συζητούν θέματα μαθημάτων και χτίζουν σχέσεις, μέσω άτυπης συζήτησης και κοινωνικής συνομιλίας.
- **Ευελιξία:** Παρέχει πρόσβαση στο διδακτικό υλικό στο προτιμώμενο χρόνο και τόπο των μαθητών. Για παράδειγμα, οι πληροφορίες και τα μηνύματα μπορούν εύκολα να μοιραστούν σε ολόκληρη την τάξη και τα υλικά του μαθήματος μπορούν να ενημερωθούν γρήγορα και να τεθούν στη διάθεση όλων των συμμετεχόντων ταυτόχρονα.
- **Κόστος και πρόσβαση:** Για τα ακαδημαϊκά ιδρύματα, η παροχή εκπαιδευτικού υλικού μέσω διαδικτύου είναι λιγότερο δαπανηρή από την παράδοση των ίδιων υλικών, διαμέσου άλλων μέσων μετάδοσης. Και για τους μαθητές, το κόστος χρήσης είναι αρκετά χαμηλό μόλις αποκτήσουν πρόσβαση στο Internet σε σύγκριση με τη χρήση άλλων διαδραστικών μέσων. Βέβαια, στο παρελθόν το αρχικό κόστος απόκτησης ενός υπολογιστή, μιας σύνδεσης στο Διαδίκτυο και (ειδικά) οι δεξιότητες για τη χρήση τους αποτελούσαν εμπόδια για πολλούς, αλλά πλέον οι περισσότεροι άνθρωποι διαθέτουν ηλεκτρονικούς υπολογιστές και είναι εξοικειωμένοι με τη χρήση του Διαδικτύου.

Ξεχωριστή αναφορά πρέπει να γίνει και στα τρία βασικά είδη εργαλείων που το Διαδίκτυο παρέχει στον εκπαιδευτικό τομέα:

- **Εργαλεία διερεύνησης:** Το Διαδίκτυο διευκολύνει την εξεύρεση πηγών πληροφοριών και ενισχύει την απόκτηση γνώσης, διευκολύνοντας την πρόσβαση και την αλληλεπίδραση των μαθητών με πόρους (Gudanescu, 2010). Είναι περιττό να τονιστεί ότι ακόμη κι αυτή η ίδια η περιήγηση στο Διαδίκτυο είναι μια εκπαιδευτική εμπειρία, καθώς πολλοί άνθρωποι ξεκινούν την περιήγηση με κάτι συγκεκριμένο στο μυαλό τους και καταλήγουν να εκτρέπονται από τον αρχικό τους στόχο, επειδή βρήκαν κάτι ενδιαφέρον, το οποίο δεν αναζητούσαν ρητά (Ibrahim & Franklin, 1995).
- **Εργαλεία επικοινωνίας:** Επικοινωνία σύγχρονη κι ασύγχρονη με επαγγελματίες του χώρου από απομακρυσμένους τόπους και πολιτισμούς (Gudanescu, 2010).
- **Εργαλεία κατασκευής:** Μάθηση μέσω αυθεντικών μαθησιακών δραστηριοτήτων και υποστήριξη της ανάπτυξης δεξιοτήτων σκέψης υψηλότερου επιπέδου (Gudanescu, 2010).

Ένας άλλος βασικός τρόπος με τον οποίο το Διαδίκτυο χρησιμοποιείται στην εκπαίδευση είναι ως ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον εργασίας για εξ αποστάσεως μάθηση, που συχνά ονομάζεται ηλεκτρονική μάθηση (Stakhnevich, 2000). Η ηλεκτρονική μάθηση (ή e-learning) είναι ένας τύπος εκπαίδευσης υποστηριζόμενος από την τεχνολογία, όπου το μέσο διδασκαλίας είναι μέσω της τεχνολογίας των υπολογιστών, ιδίως με ψηφιακές τεχνολογίες (Gökhan et al., 2012). Η ηλεκτρονική μάθηση περιλαμβάνει τη χρήση του Διαδικτύου για την παραγωγή υλικών για μάθηση, τη διδασκαλία των μαθητών και τη ρύθμιση των μαθημάτων (Fry, 2001 όπ. αναφ. στο Perrin et al., 2015). Τα πρώτα μαθήματα μέσω του Διαδικτύου άρχισαν να εμφανίζονται το 1995 και έκτοτε υπήρξε ταχεία επέκταση της διαδικτυακής μάθησης (Arenas-Gaitán et al., 2010).

Μερικά από τα **πλεονεκτήματα** αυτού του τύπου εκπαίδευσης αναφέρονται παρακάτω:

- **Χωρική και χρονική πρόσβαση:** Οι χρήστες μπορούν να παρακολουθήσουν ένα εκπαιδευτικό πρόγραμμα, με το δικό τους ρυθμό και από το δικό τους χώρο. Μπορούν, επίσης, να έχουν πρόσβαση ανά πάσα στιγμή, λαμβάνοντας μόνο όσα χρειάζονται. Με άλλα λόγια, "just in time and just enough" (James, 2002 όπ. αναφ. στο Talebian et al., 2014).
- **Ενίσχυση ομαδικής συνεργασίας:** Οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί μπορούν να συνδεθούν μεταξύ τους (Talebian et al., 2014), κι έτσι η ηλεκτρονική μάθηση βοηθά στην εξάλειψη φραγμών που εμποδίζουν τη συμμετοχή (συμπεριλαμβανομένου του φόβου επικοινωνίας), ενθαρρύνοντας τους χρήστες να αλληλεπιδρούν με άλλους, καθώς και να ανταλλάσσουν και να σέβονται τις διαφορετικές απόψεις (Perrin et al., 2015).
- **Άμεση πρόσβαση σε πολλούς πόρους:** Όπως υποστηρίζει κι ο Karimi (2007) ο αριθμός των αντιγράφων ενός βιβλίου είναι περιορισμένος. Ωστόσο, οι ψηφιακές βιβλιοθήκες προσφέρουν ποικίλα ηλεκτρονικά αντίγραφα πόρων, που οι μαθητές μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν παντού (Talebian et al., 2014). Έτσι, η ηλεκτρονική μάθηση διευκολύνει την πρόσβαση σε τεράστιο όγκο πληροφοριών (Perrin et al., 2015).
- **Ενίσχυση της διεθνούς διάστασης παροχής πόρων:** Οι μαθητές είναι σε θέση να βρουν τις απαιτούμενες πληροφορίες στον τομέα ενδιαφέροντος τους, χωρίς τα ληφθέντα δεδομένα να περιορίζονται μόνο σε πληροφορίες στη μητρική τους γλώσσα (Khaleghi, 2010 όπ. αναφ. στο Talebian et al., 2014).
- **Μείωση κόστους:** Η ηλεκτρονική μάθηση είναι οικονομικά αποδοτική υπό την έννοια ότι δεν χρειάζεται να ταξιδεύουν οι μαθητές και προσφέρει ευκαιρίες μάθησης για μέγιστο αριθμό μαθητών, χωρίς να χρειάζονται πολλά κτίρια (Perrin et al., 2015).
- **Επίκεντρο οι ατομικές ανάγκες των μαθητών:** Η ηλεκτρονική μάθηση λαμβάνει υπόψη τις ανάγκες κάθε μαθητή (Perrin et al., 2015).

Τα βασικότερα **μειονεκτήματα** της ηλεκτρονικής μάθησης που αναλύονται σε διάφορες μελέτες είναι τα εξής:

- **Απουσία εκπαιδευτικού:** Σε σύγκριση με τις παραδοσιακές μεθόδους, η ζωντανή επικοινωνία πρόσωπο με πρόσωπο δεν υπάρχει στην ηλεκτρονική μάθηση. Αυτό

μπορεί να έχει αρνητικές επιπτώσεις στην ακαδημαϊκή εξέλιξη και στην ανάπτυξη των μαθητών. Ωστόσο, με τη συνεχή και ταχεία τεχνολογική πρόοδο, το πρόβλημα αυτό γίνεται όλο και λιγότερο συχνό, καθώς σήμερα οι μαθητές μπορούν να αλληλεπιδρούν και να συνεργάζονται χρησιμοποιώντας τις τεχνολογίες πληροφοριών και επικοινωνιών (Behnam, 2012; Yadergarzadeh and Rahim, 2002 όπ. αναφ. στο Talebian et al., 2014).

- **Πρόσβαση σε μη επιστημονικά αποδεκτές πληροφορίες:** Στην ηλεκτρονική μάθηση οι μαθητές μερικές φορές αποκτούν πρόσβαση σε πληροφορίες στο Διαδίκτυο, οι οποίες δεν έχουν επιβεβαιωθεί επιστημονικά. Η πρόσβαση σε τέτοιες πληροφορίες μπορεί να προκαλέσει σύγχυση και να δυσχεράνει τη μάθηση (Hodarand, 2008 όπ. αναφ. στο Talebian et al., 2014).
- **Η ηλεκτρονική μάθηση μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τις δεξιότητες κοινωνικοποίησης:** Οι μαθητές μπορεί να αποκτούν άριστες ακαδημαϊκές γνώσεις, αλλά να μην έχουν τις απαραίτητες δεξιότητες για να μεταδώσουν τις γνώσεις τους σε άλλους (Perrin et al., 2015). Επίσης, οδηγεί **στην απομόνωση**, καθώς αποτελεί διαφορετικό είδος αλληλεπίδρασης από αυτό που συμβαίνει στις παραδοσιακές τάξεις και μερικοί μαθητές δεν είναι εξοικειωμένοι με αυτό (Kerka, 1996).

Παραπάνω, αναφέρθηκαν τα βασικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της χρήσης της ηλεκτρονικής μάθησης στην εκπαιδευτική πρακτική. Είναι, όμως, η ηλεκτρονική μάθηση αποτελεσματική εκπαιδευτικά; Τι υποστηρίζει η βιβλιογραφία; Μπορεί να αντικαταστήσει επιτυχώς τη παραδοσιακή διδασκαλία; Κι αν ναι, τι περισσότερο μπορεί να προσφέρει; Με αφετηρία τα ερωτήματα αυτά ακολουθεί συζήτηση για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της χρήσης της ηλεκτρονικής μάθησης.

Κατά κοινή ομολογία, οι ερευνητικές μελέτες που ασχολούνται με τη χρήση της ηλεκτρονικής μάθησης για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Woodward, 1964; Puzzuoli, 1970; Lin et al., 2002; Taraban et al., 2005; Jang, 2006; Park et al., 2014) στην τριτοβάθμια εκπαίδευση, αυξήθηκαν εκθετικά τα τελευταία χρόνια (Puzzuoli, 1970; Davis & Johnson, 1996; Heines & Hulse, 1996; Spickard, 2002; Allen & Seaman, 2010; Smith Jaggars & Bailey, 2010, Lathi et al., 2014), ενώ αξιοσημείωτος είναι και ο αριθμός των μελετών όπου η ηλεκτρονική μάθηση έχει χρησιμοποιηθεί για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Lin et al., 2002; Taraban et al., 2005; Jang, 2006; Park et al., 2014).

Έρευνες υποστηρίζουν ότι η ηλεκτρονική μάθηση έχει θετικό αντίκτυπο στα μαθησιακά επιτεύγματα (Lin et al., 2002; Taraban et al., 2005; Jang, 2006; Means et al, 2009; Tamim et al., 2011; Park et al., 2014), ωστόσο, δεν υπάρχει γενική συμφωνία, καθώς άλλες μελέτες ισχυρίζονται ότι δεν έχουν εντοπιστεί σημαντικές διαφορές μεταξύ της αποτελεσματικότητας της ηλεκτρονικής μάθησης και της μάθησης πρόσωπο με πρόσωπο (Puzzuoli, 1970; Davis & Johnson, 1996; Heines & Hulse, 1996; Spickard et al., 2002; Cook et al., 2008; Lathi et al., 2014). Φερ' ειπείν ως προς την ανάπτυξη των βασικών επιστημονικών δεξιοτήτων των μαθητών (Lathi et al., 2014).

Βέβαια, υπάρχουν κι έρευνες (αν και περιορισμένες), που υποστηρίζουν ότι η ηλεκτρονική μάθηση μειονεκτεί έναντι της μάθησης πρόσωπο με πρόσωπο (Woodward, 1964). Άξιο αναφοράς είναι και το γεγονός πως δεν έχει βρεθεί κάποιο είδος προτίμησης υπέρ της

διδασκαλίας πρόσωπο με πρόσωπο έναντι της ηλεκτρονικής μάθησης ή το αντίστροφο (Davis & Johnson, 1996; Spickard et al., 2002).

B.2.1.4. Προσομοιώσεις

«Αυτό είναι πολύ καλύτερο από το

να αναποδογυρίζεις ένα αληθινό ελικόπτερο»

(ειπώθηκε από εκπαιδευτή του στρατού στον Bruce Joyce το 1953).

Οι προσομοιώσεις αν και χρησιμοποιούνται στην εκπαιδευτική πραγματικότητα όλο και περισσότερο τα τελευταία 50 χρόνια, δεν αναπτύχθηκαν στα πλαίσια του τομέα της εκπαίδευσης. Αντίθετα, αποτέλεσαν μια εφαρμογή των αρχών της κυβερνητικής, ενός κλάδου της ψυχολογίας (Joyce et al., 2009). Για την σχετική ανακάλυψη τους, οι Kohn και Porle τιμήθηκαν με το βραβείο Nobel, το 1988 (Lévy et al., 2006 όπ. αναφ. στο Σκουλίδης & Πολάτογλου, 2014). Όπως έχει υποστηρίξει ήδη από το 1999 ο Ogborn, οι προσομοιώσεις αποτελούν θεμελιώδες εργαλείο για την εκμάθηση των Φυσικών Επιστημών (Ogborn, 1999), και μάλιστα, η χρήση τους εμφανίζει πολλαπλά πλεονεκτήματα (Wellington, 1985).

Πιο συγκεκριμένα, όταν χρησιμοποιούνται στην εκπαιδευτική διαδικασία βοηθούν τους μαθητές να εμπεδώσουν ευκολότερα και βαθύτερα το αντικείμενο της διδασκαλίας (Owen et al., 2002 όπ. αναφ. στο Σκουλίδης & Πολάτογλου, 2014), προσφέροντας εναλλακτικές αναπαραστάσεις. Ακόμη, βοηθούν τους μαθητές με «περιορισμένη» φαντασία, μέσω της πρακτικής εμπειρίας που προσφέρουν (Οσμάνογλου, 2014). Όντας μία από τις πλέον σημαντικές υπολογιστικές δυνατότητες, αποτελούν ένα μέσο για την τοποθέτηση των μαθητών σε ένα τεχνικό κόσμο, όπου μπορεί να πειραματίζονται με οτιδήποτε (Κόκκοτας & Βλάχος, 2001).

Μερικές φορές αποτελούν τη μόνη διέξοδο, όντας τα εποπτικά μέσα που μπορούν να προσεγγίσουν την παρατήρηση ενός φαινομένου, που θα ήταν ειδάλλως αδύνατο να παρατηρηθεί (Μιχαηλίδης, 2007). Φερ' ειπείν, στην προσομοίωση μιας διαδικασίας η οποία δεν θα μπορούσε να παρουσιαστεί με άλλα μέσα στους μαθητές, επειδή η κλίμακα του χρόνου είναι είτε μεγάλη, είτε πολύ μικρή, για λόγους ασφάλειας, στην προσομοίωση διαδικασιών που είναι αόρατες, είτε είναι απλά θεωρίες προς επαλήθευση (Κόλλιας, 1993).

Επιπροσθέτως, καθώς στα σχολικά εργαστήρια (όπου αυτά υφίστανται) υπάρχει έλλειψη υλικών, χώρου ή χρόνου, οι προσομοιώσεις συνιστούν τη μοναδική εναλλακτική λύση, ακόμη και για πειράματα και διαδικασίες που θα μπορούσαν να γίνουν σε ένα πραγματικό εργαστήριο. Οι υποστηρικτές τους ισχυρίζονται ότι η δυνατότητα εκτέλεσης ενός πειράματος με διαφορετικές αρχικές συνθήκες συμβάλλει στην καλύτερη κατανόηση του φαινομένου που μελετάται, ενώ, συνάμα, με την χρήση τους υπερπηδώνται οι τεχνικοί και πραγματικοί περιορισμοί του πραγματικού εργαστηρίου (Sassi, 2001 όπ. αναφ. στο Δουκέλη, 2012).

Άλλα σημαντικά οφέλη είναι ο ενθουσιασμός των μαθητών, η αφοσίωση τους κατά την διάρκεια εργασιών με προσομοιώσεις (Bell & Smetana, 2002), η επαναληψιμότητα των

αποτελεσμάτων, η δυνατότητα εκτέλεσης τους σε οποιοδήποτε περιβάλλον κι η ευκολία χειρισμού όλων των μεταβλητών (Σκουλίδης & Πολάτογλου, 2014). Επιπλέον, οι προσομοιώσεις μπορεί να απλουστεύσουν ή/και να τονίσουν ορισμένες πτυχές του φαινομένου, βοηθώντας τους μαθητές να παρατηρήσουν τα κρίσιμα χαρακτηριστικά του (van Joolingen & de Jong 1991a; de Jong & van Joolingen 1998; de Jong 2006a όπ. αναφ. στο Van Joolingen et al., 2007).

Από την άλλη πλευρά, οι πολέμιοι ισχυρίζονται ότι οι προσομοιώσεις δεν μπορούν πάντα να προβλέπουν και να ενσωματώνουν τους αστάθμητους παράγοντες, που πιθανά επηρεάζουν την εξέλιξη ενός πραγματικού φαινομένου (Πατσαδάκης, 2014). Για αυτούς οι προσομοιώσεις αποτελούν εξιδανίκευση της πραγματικότητας που βασίζεται σε αόρατα, αναμφισβήτητα, συχνά απλοποιημένα μοντέλα επιστημονικής διαδικασίας, δίνοντας στους μαθητές την εντύπωση ότι κάθε μεταβλητή ελέγχεται εύκολα (Hennessy et al., 2007).

Ισχυρίζονται ότι στις προσομοιώσεις ενός φυσικού φαινομένου παρατηρείται μια απεικόνιση της πραγματικότητας, λιγότερο ή περισσότερο καλή, ποτέ όμως πλήρης, καθότι οι προσομοιώσεις γίνονται με βάση την υπάρχουσα θεωρία, η οποία είναι πάντοτε προσεγγιστική. Στην άμεση παρατήρηση (πείραμα), ο παρατηρητής οφείλει να κάνει ένα «κοσκίνισμα» ως προς το τι είναι σημαντικό και τι όχι, και να έχει κάποια ιδέα για άλλες παραμέτρους που θεωρεί ασήμαντες. Στις προσομοιώσεις αυτή η πρόκληση απουσιάζει, καθόσον ο προγραμματιστής της εφαρμογής έχει ήδη κάνει αυτή την επιλογή, παραλείποντας όσα θεωρεί ο ίδιος ως άσχετα με το υπό μελέτη θέμα (Μιχαηλίδης, 2007).

Αναφορικά με την αποτελεσματικότητα τους, μεγάλος αριθμός πειραματικών μελετών εξέτασε την εκπαιδευτική τους αξία. Τα ευρήματα έδειξαν ότι η βασισμένη σε προσομοιώσεις διδασκαλία εφαρμόστηκε όχι μόνο για τη διδασκαλία όλων των μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών, αλλά και σε ευρύ φάσμα των διδακτικών τους αντικειμένων (Boblick, 1972a; Boblick, 1972b; Akkerhuis, 1974; Cavin & Lagowski, 1978; Zietsman & Hewson, 1986; Choi & Gennaro, 1987; Rivers & Vockell, 1987; Hounshell & Hill, 1989; Grimes & Willey, 1990; Jackman et al., 1990; Brant et al., 1991; Farguniarz & Lockwood, 1992; Friedler et al., 1992; Geban et al., 1992; Ronen et al., 1992; Kinzie et al., 1993; Mintz, 1993; Dewhurst, 1994; Roth, 1995; Weller, 1995; Jensen et al., 1996; Eylon et al., 1996; Doering, 1997; Raghavan et al., 1998; de Jong et al., 1999; Korfiatis et al., 1999; Monaghan & Clem et al., 1999; Lin & Lehman, 1999; Akpan & Andre, 2000; Eichinger et al., 2000; Tao & Gunstone, 1999; Ronen & Eliahu, 2000; Steinberg, 2000; Windschitt, 2001; Wu et al., 2001; Ardac & Sezen, 2002; Hsu & Thomas, 2002; Huppert et al., 2002; Soderberg, 2003; Stieff & Wilensky, 2003; Zacharia, 2003; Clark & Jorde, 2004; Kiboss et al., 2004; Lee et al., 2004; Finkelstein et al., 2005; Luo et al., 2005; Winn et al., 2005; Zacharia, 2005; Baser, 2006; Hennessy et al., 2006; Marshall & Young, 2006; Liu, 2006; Duran et al., 2007; Klahr et al., 2007; Winberg & Berg, 2007; Wu & Huang, 2007; Bell & Trundle, 2008; Chang et al., 2008; Kumar & Sherwood, 2008; Marbach-Ad et al., 2008; Limniou et al., 2008; Liu et al., 2008; Stern et al., 2008; Sun et al., 2008; Trey & Khan, 2008; Zacharia et al., 2008; Gelbart et al., 2009; Ozmen et al., 2009; Riess & Mischo, 2010; Trundle & Bell, 2010; Tang & Abraham, 2015), τόσο στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Boblick, 1972a; Boblick, 1972; Choi & Gennaro, 1987; Rivers & Vockell, 1987; Hounshell & Hill, 1989; Friedler et al., 1992; Geban et al., 1992; Kinzie et al., 1993; Mintz, 1993; Roth, 1995; Eylon et al., 1996; Regharan et al., 1998; Monaghan & Clement, 1999; Akpan & Andre, 2000; Steinberg, 2000; Wu et al., 2001; Ardac & Sezen, 2002; Hsu & Thomas, 2002;

Huppert et al., 2002; Huffman et al., 2003; Clark & Jorde, 2004; Kiboss et al., 2004; Finkelstein, 2005; Klahr et al., 2007; Wu & Huang, 2007; Chang et al., 2008; Marbach-Ad et al., 2008; McKagan et al., 2008; Stern et al., 2008; Trey & Khan, 2008; Ozmen et al., 2009; Sarabando et al., 2014; Tang & Abraham, 2015), όσο και στη τριτοβάθμια (Cavin & Lagowski, 1978; Jackman et al., 1990; Brant et al., 1991; Farymarz & Lockwood, 1992; Dewhurst, 1994; Jong et al., 1999; Korfiatis et al., 1999; Lin & Lehman, 1999; Eichinger et al., 2000; Hsu & Thomas, 2002; Stieff & Wilensky, 2003; Zacharia, 2003; Lee et al., 2004; Winn et al., 2005; Zacharia, 2005; Winberg & Berg, 2007; Limniou et al., 2008; Liu et al., 2008; Zacharia et al., 2008).

Ως επί το πλείστον, οι έρευνες ανέφεραν θετικά ευρήματα, όσον αφορά στα μαθησιακά επιτεύγματα (Geba et al., 1992; Lewis et al., 1993; Betz, 1996; Ronen & Eliahu, 2000; Campbell et al., 2002; Huppert et al., 2002; Huffman et al., 2003; Clark & Jorde, 2004; Kiboss et al., 2004; Luo et al., 2005; Riess & Mischo, 2010; Trundle & Bell, 2010), ιδίως μαθητών με χαμηλές ικανότητες συλλογιστικής (Smetana & Bell, 2012), στην ανάπτυξη βασικών επιστημονικών δεξιοτήτων (Davies, 1972; Geba et al., 1992; Gokhale, 1996; Kulik, 2002; Duran et al., 2007; McKagan et al., 2008), στη βελτίωση της εννοιολογικής κατανόησης των μαθητών (Akkerhuis, 1974; Grimes & Willey, 1990; Windschitl, 1995; Doering, 1997; Jimoyiannis & Komis, 2001; Wu et al., 2001; Finkelstein et al., 2005; Duran et al., 2007; Stern et al., 2008; Gelbart et al., 2009; Sarabando et al., 2014; Tang & Abraham, 2015), στην αναδόμηση των εναλλακτικών ιδεών τους (Ronen & Eliahu, 2000; Jimoyiannis & Komis, 2001), στη στάση τους απέναντι στην επιστήμη (Akkerhuis, 1974; Dewhurst, 1994; Duran et al., 2007) και στη καλλιέργεια των κινήτρων τους (Ronen & Eliahu, 2000; Duran et al., 2007).

Φυσικά, δεν απουσίασαν και περιπτώσεις όπου δεν βρέθηκε διαφορά μεταξύ της βασιζόμενης σε προσομοιώσεις διδασκαλίας και της παραδοσιακής διδασκαλίας, όσον αφορά στα μαθησιακά επιτεύγματα (Bangert-Drows et al., 1985; Carlsen & Andre, 1992; Dewhurst, 1994; Reamon & Sheppard, 1997; Steinberg, 2000; Hsu & Thomas, 2002), στην εννοιολογική κατανόηση των μαθητών (Trundle & Bell, 2010) και στη στάση τους απέναντι στην επιστήμη (Davies, 1972).

Πιο ενδελεχής μελέτη αποκάλυψε ότι οι περισσότερες προσομοιώσεις που βρέθηκαν αναποτελεσματικές χρησιμοποιήθηκαν μεμονωμένα (Cavin & Lagowski, 1978; Hsu & Thomas, 2002), ενώ θετικά ήταν τα ευρήματα για εκείνες που ενσωματώθηκαν σε άλλες εκπαιδευτικές δραστηριότητες (Clark & Jorde, 2004; Hennessy et al., 2006; Huppert et al., 2002; Klahr et al., 2007; Liu, 2006; Soderberg, 2003; Wu et al., 2001; Zacharia, 2005). Αυτό πιθανά οφείλεται στο γεγονός ότι κατά τον προγραμματισμό μιας διδασκαλίας, που χρησιμοποιεί προσομοιώσεις, οι εκπαιδευτικοί πρέπει να επωφεληθούν από τα μοναδικά χαρακτηριστικά της τεχνολογίας, χωρίς όμως να στερούν από τους μαθητές τους την ευκαιρία να ασχοληθούν με την επιστημονική πρακτική και να αποκτήσουν εμπειρία με αυθεντικά επιστημονικά όργανα και εξοπλισμό (Smetana & Bell, 2012).

Τέλος, ένας ακόμη πιθανός λόγος εμφάνισης αντιφατικών αποτελεσμάτων είναι η διαφορετική χρήση των προσομοιώσεων, είτε για παρουσίαση είτε για πρακτική εξάσκηση. Οι περισσότερες έρευνες έδειξαν ότι οι προσομοιώσεις είναι αποτελεσματικές μόνο όταν χρησιμοποιούνται για πρακτική εξάσκηση, υποστηρίζοντας ότι εάν χρησιμοποιούνται ως τρόποι παρουσίασης της νέας γνώσης, οι μαθητές χάνονται κατά τη διάρκεια της

διδασκαλίας, διότι δεν τους δίδονται συγκεκριμένες οδηγίες και επεξηγήσεις (Lee, 1999; Sitzmann, 2011; Merchant et al., 2014).

Από όσα αναφέρθηκαν παραπάνω γίνεται φανερό ότι η αποτελεσματικότητα των προσομοιώσεων εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά σχεδιασμού, τα μέτρα στήριξης, και την αλληλουχία των δραστηριοτήτων προσομοίωσης στο πλαίσιο του προγράμματος σπουδών (Bell & Smetana, 2002). Συνολικά, πάντως, τα ευρήματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα των προσομοιώσεων είναι ενθαρρυντικά, και δείχνουν ότι οι προσομοιώσεις είναι τουλάχιστον εξίσου αποτελεσματικές με τις πιο παραδοσιακές προσεγγίσεις και σε πολλές περιπτώσεις αποτελεσματικότερες (Smetana & Bell, 2012). Αξίζει να τονισθεί ότι υπάρχουν και μελέτες που προτείνουν τη συνδυαστική χρήση προσομοιώσεων και παραδοσιακών μέσων (Campbell et al., 2002; Colaso et al., 2002).

B.2.1.4.1. Εικονικά πειράματα

Ο ρόλος του πραγματικού πειραματισμού [απαιτεί τη φυσική παρουσία των εργαστηριακών αντικειμένων και την πραγματική αλληλεπίδραση με τα εργαστηριακά όργανα (Ταραμόπουλος, 2012)] στην εκπαίδευση ήταν και είναι ζωτικός (Ζαχαρία, 2007). Μάλιστα, έχει λεχθεί ότι αποτελεί αναπόσπαστο μέσο εισαγωγής των μαθητών σε κεντρικές εννοιολογικές γνώσεις και επιστημονικές δεξιότητες (Bybee, 2000, Hofstein & Lunetta, 2004 *οπ. αναφ. στο Zacharia, 2007*).

Ωστόσο, οι αποκλίσεις στις μετρήσεις και τα πειραματικά σφάλματα, πολλές φορές, οδηγούσαν σε πειραματικά δεδομένα που επιδέχονταν διάφορες ερμηνείες, με αποτέλεσμα τα συμπεράσματα των μαθητών να μην ήταν πάντα προς την επιστημονική κατεύθυνση, αλλά να ερμηνεύονταν με τρόπο, ο οποίος να στηρίζει εναλλακτικές ιδέες και αντιλήψεις (Chini et al., 2010 *οπ. αναφ. στο Ταραμόπουλος, 2012*). Επιπλέον, οι πραγματικές πειραματικές διατάξεις ενδέχεται να τραβήξουν την προσοχή των μαθητών και να τους αποπροσανατολίσουν από τα στοιχεία του μοντέλου που εξερευνούν (Finkelstein et al., 2005 *οπ. αναφ. στο Ταραμόπουλος, 2012*). Αλλά και το ενδεχόμενο υψηλό κόστος ή η υψηλή επικινδυνότητα είναι δυνητικά αποτρεπτικοί παράγοντες για την εκτέλεση τους (Klahr et al., 2007 *οπ. αναφ. στο Ταραμόπουλος, 2012*).

Έτσι, κατά τη διάρκεια της τελευταίας εικοσαετίας, υπήρξαν πολλές αξιώσεις σχετικά με τις δυνατότητες της εικονικής πραγματικότητας (Couture, 2004 *οπ. αναφ. στο Zacharia, 2007*). Το ενδιαφέρον των εκπαιδευτικών για αυτήν προέκυψε από τις απαιτήσεις για πιο ευέλικτες και εκφραστικές τεχνολογίες (Scheucher et al., 2009). Σύμφωνα με τους Johnson et al. η ιστορία της εικονικής πραγματικότητας ανάγεται μεν στη δεκαετία του 1960 (Johnson et al., 2010), ωστόσο η χρήση της έχει αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια.

Ο εικονικός πειραματισμός (εν αντιθέσει με το πραγματικό) δεν απαιτεί τη φυσική παρουσία πραγματικών αντικειμένων, αλλά υποδηλώνει την πραγματική αλληλεπίδραση με εικονικά εργαστηριακά όργανα (Ταραμόπουλος, 2012). Εικονικά εργαστήρια, που προσομοιώνουν με εικονικό και λειτουργικό τρόπο στην οθόνη του υπολογιστή εργαστήρια Φυσικών Επιστημών,

επιτρέπουν την αλληλεπίδραση και τον άμεσο και αληθοφανή χειρισμό αντικειμένων (Λεύκος και συν., 2005 όπ. αναφ. στο Ταραμόπουλος και συν., 2010).

Τα εικονικά περιβάλλοντα κάνοντας χρήση της τρίτης διάστασης αυξάνουν την αίσθηση της πραγματικότητας του συμμετέχοντα. Αποτελούμενα εξ ολοκλήρου από τρισδιάστατα στοιχεία, επιτρέπουν στο χρήστη να αλληλεπιδράσει με το εικονικό περιβάλλον. Με την επέκταση της πραγματικότητας πέρα από τα όρια της τάξης τόσο στον χρόνο όσο και στον χώρο, ο εκπαιδευτικός μπορεί να εμπλουτίσει τη μαθησιακή εμπειρία των μαθητών και να διευκολύνει την κατανόηση αφηρημένων εννοιών (Scheucher et al., 2009).

Συν τοις άλλοις, οι εικονικές εμπειρίες μπορεί να αποκτηθούν οποιαδήποτε στιγμή και οπουδήποτε, είναι «ταχύτερες» από τις παραδοσιακές δραστηριότητες και λιγότερο δαπανηρές, μόλις ικανοποιηθούν τα αρχικά κόστη παραγωγής. Μπορεί να χρησιμοποιηθούν σε μια τάξη από ομάδες μαθητών για να βοηθήσουν την τόνωση της συζήτησης και την ανάπτυξη δεξιοτήτων επικοινωνίας και κριτικής σκέψης, ως «προπόνηση» ή εναλλακτική λύση για πρακτικές εμπειρίες, όπως οι ανατομές για μαθητές που έχουν πολιτιστικές αντιρρήσεις με τη διαδικασία (Peat & Taylor, 2006). Ένα άλλο βασικό πλεονέκτημα της εικονικής πραγματικότητας είναι ότι οι μαθητές μπορούν να δουν ένα αντικείμενο ή ένα περιβάλλον από πολλές οπτικές γωνίες (Bricken, 1990; Dede et al., 1996 όπ. αναφ. στο Dickey, 2003).

Πλεονέκτημα των εικονικών πειραμάτων αποτελεί και το γεγονός ότι κατά την εκτέλεση ενός πραγματικού πειράματος οι μαθητές έρχονται αντιμέτωποι με δυσκολίες χειρισμού των πραγματικών οργάνων και διατάξεων, με αποτέλεσμα να μειώνεται η αποτελεσματικότητα της διδασκαλίας, κάτι το οποίο δεν συμβαίνει κατά τη διεξαγωγή εικονικών πειραμάτων. Επίσης, χρησιμοποιούνται επιτυχώς όταν το γνωστικό αντικείμενο περιλαμβάνει διαδικασίες επικίνδυνες, ακατάλληλες ή και άβολες, καθώς η χρήση τους δεν προκαλεί καταστροφή, βλάβη ή ρύπανση του περιβάλλοντος (Αλεξανδράτος, 2002).

Ακόμη, τα εικονικά πειράματα περιορίζουν τον χρόνο εκμάθησης της χρήσης των διαφόρων οργάνων, των διαδικασιών επεξεργασίας και παρουσίασης μετρήσεων, της προετοιμασίας ενός πειράματος (συγκέντρωση υλικών, ετοιμασία δειγμάτων) (Μιχαηλίδης, 2007). Επίσης, επιτρέπουν τη πραγματοποίηση της εκπαιδευτικής διαδικασίας κάτω από ρεαλιστικές συνθήκες για κόσμους (μικρόκοσμος-μακρόκοσμος) που δεν είναι ορατοί από τον άνθρωπο, χωρίς τη βοήθεια ειδικών οργάνων (Αλεξανδράτος, 2002), ενώ αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της έλλειψης μεγάλου αριθμού οργάνων, χώρων, καθώς και του υψηλού κόστους συντήρησης και αντικατάστασης που συνεπάγεται ο πραγματικός πειραματισμός (Μιχαηλίδης, 2007).

Όσον αφορά στην αποτελεσματικότητα τους, η ανασκόπηση των ευρημάτων των ερευνητικών μελετών έδειξε ότι ο εικονικός πειραματισμός χρησιμοποιήθηκε για τη διδασκαλία όλων των μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών (Jimoyiannis et al., 2000; Jimoyiannis & Komis, 2001; Finkelstein et al., 2005; Cepni et al., 2006; Olympiou & Zacharia, 2009; Tuysuz, 2010; Adjredini et al., 2014), κυρίως στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Choi & Gennaro, 1987; Jimoyiannis et al., 2000; Jimoyiannis & Kommis, 2001; Triona & Klahr, 2003; Cepni et al., 2006; Olympiou & Zacharia, 2009; Tuysuz, 2010; Ajredini et al., 2014), αλλά και στη τριτοβάθμια (Coye & Stonebraker, 1994; Finkelstein et al., 2005; Baser & Durmus, 2010).

Η χρήση τους στην εκπαιδευτική πρακτική έχει θετικό αντίκτυπο στα μαθησιακά επιτεύγματα (Jimoyiannis & Kommis, 2001; Finkelstein et al., 2004; Zacharia et al., 2008; Tuysuz, 2010; Σταμάτης, 2016), στην ανάπτυξη και βελτίωση βασικών επιστημονικών δεξιοτήτων (Zacharia, 2003; Zacharia & Anderson, 2003; Finkelstein et al., 2005), στην εννοιολογική κατανόηση δυσνόητων επιστημονικών εννοιών (Jimoyiannis et al., 2000; Zacharia & Anderson, 2003; Παναγιωτακόπουλος και συν., 2004; Finkelstein et al., 2005; Ajredini et al., 2014; Σταμάτης, 2016), στην αποδόμηση των ενναλακτικών ιδεών των μαθητών (Jimoyiannis et al., 2000), στην καλλιέργεια επιστημονικά αποδεκτών μοντέλων (Jaakola & Nurmi, 2004) και στη βελτίωση της ποιότητας των επιστημονικών εξηγήσεων (Zacharia, 2003; Ταβέλη και συν., 2008). Επίσης, συμβάλλει στη διέγερση του ενδιαφέροντος των μαθητών (Ronen & Eliahu, 1999), καθώς και στη βελτίωση της στάσης τους απέναντι στην επιστήμη (Finkelstein et al., 2005; Candole et al., 2006; Cepni et al., 2006; Tuysuz, 2010).

Υπήρξαν βέβαια και περιπτώσεις όπου ερευνητές υποστήριξαν ότι τα πραγματικά εργαστήρια, ως περιβάλλοντα μάθησης, δεν υστερούν σε σχέση με τα εικονικά, όσον αφορά στα μαθησιακά επιτεύγματα (Coye & Stonebraker, 1994; Baxter, 1995; Klahr et al., 2005), στην εννοιολογική κατανόηση των μαθητών (Choi & Gennaro, 1987; Airshadi, 1992; Keller et al., 2005; Zacharia & Constantinou, 2008; Olympiou & Zacharia, 2009; Baser & Durmus, 2010; Zacharia & Olympiou, 2011), στην κατανόηση και χρήση επιστημονικών εννοιών (Baser & Durmus, 2010) και στην καλλιέργεια βασικών επιστημονικών δεξιοτήτων (Triona & Klahr, 2003).

Επίσης, η πλειονότητα των μελετών συμφωνεί ότι ως προς την εννοιολογική εξέλιξη, ο εικονικός πειραματισμός έχει την ίδια αποτελεσματικότητα με τον πρακτικό (Jaakola et al., 2010; Zacharia, 2007; Finkelstein, 2005 *όπ. αναφ. στο Ταραμόπουλος, 2012*). Αυτό εν μέρει οφείλεται στο γεγονός ότι η απόκτηση γνώσεων ενός αντικειμένου ή μιας διαδικασίας ενδεχομένως δεν απαιτεί την αλληλεπίδραση με πραγματικά αντικείμενα (Klahr et al., 2007) και επομένως, αντικαθιστώντας τα πραγματικά όργανα με εικονικά δεν υπάρχει κάποια αρνητική επίπτωση (Zacharia et al., 2008). Άλλωστε, όπως παρατηρούν και οι Zacharia και Olympiou, μέχρι σήμερα δεν έχει βρεθεί κάποιος λόγος που να καθιστά τη φυσική επαφή με τα εργαστηριακά αντικείμενα περισσότερο επωφελή για τη γνωστική εξέλιξη των μαθητών (Zacharia & Olympiou 2011). Σε παρόμοια συμπεράσματα έφτασαν και οι Klahr et al., σύμφωνα με τους οποίους το μέσο που χρησιμοποιείται κατά τη διδασκαλία (πραγματικό ή εικονικό) ενδεχομένως έχει μικρή ή μηδενική επίδραση στην ικανότητα των μαθητών να κατανοήσουν αιτιακές σχέσεις (Klahr et al., 2007).

Φυσικά, δεν απουσίασαν και περιπτώσεις στις οποίες ερευνητές υποστήριξαν ότι τα πραγματικά εργαστήρια υστερούν σε σχέση με τα εικονικά, όσον αφορά στα μαθησιακά επιτεύγματα (Ευαγγέλου & Κώτσης, 2013), στην εννοιολογική κατανόηση των μαθητών (Κώτσης & Ευαγγέλου, 2010; Ευαγγέλου & Κώτσης, 2014), καθώς και στην ανάπτυξη και βελτίωση των βασικών επιστημονικών τους δεξιοτήτων (Ταραμόπουλος & Ψύλλος, 2013). Ενώ, ενοχοποιήθηκαν και για μετατόπιση της προσοχής των μαθητών από το σχεδιασμό των περαμάτων στην ανατροφοδότηση του συστήματος (Marshall & Young, 2006).

Βασιζόμενη σε τέτοιου είδους ερευνητικά ευρήματα, μια μερίδα επιστημόνων άσκησε σφοδρή κριτική στην αποτελεσματικότητα των εικονικών πειραμάτων, θεωρώντας ότι πολλές φορές στερούν την άμεση εμπειρία με φυσικά και πραγματικά υλικά, και την άμεση

παρατήρηση ή τον άμεσο σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός πειράματος, τα οποία θεωρούνται ουσιαστικά για τη μάθηση (Steinberg 2000, Corter et al., 2004, Μιχαηλίδης, 2006). Επιπρόσθετα, ισχυρίστηκαν ότι είναι πιθανόν οι μαθητές που εκτελούν προσομοιωμένα πειράματα να ενδυναμώνουν τις εναλλακτικές ιδέες τους, αντί να οδηγούνται στις κοινώς αποδεκτές επιστημονικές θεωρίες (Κώστης & Ευαγγέλου, 2011). Για εκείνους, η εικονική πραγματικότητα οφείλει να αντιμετωπίζεται ως υποκατάστατο των πραγματικών εργαστηρίων, κι όχι ως μια βιώσιμη μέθοδος πειραματισμού από μόνη της (Kirschner & Huisman 1998). Τέλος, υποστήριξαν ότι όταν χρησιμοποιείται η εικονική πραγματικότητα, ζητείται από τους μαθητές να μάθουν με έναν θεμελιωδώς διαφορετικό τρόπο από ότι οι επιστήμονες εργάζονται (Steinberg, 2000 σπ. αναφ. στο Ζαχαρία, 2007).

Συνοψίζοντας, η εκπαιδευτική κοινότητα φαίνεται να είναι διχασμένη απέναντι στις δύο μεθόδους πειραματισμού. Η μια μερίδα υποστηρίζει ότι η χρήση προσομοιώσεων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μπορεί να βελτιώσει σε ατομικό επίπεδο την επίδοση των μαθητών (Jimoyiannis et al, 2000; Jimoyiannis & Komis, 2001; Powell et al, 2003; Hanafit et al, 2005; Cepni et al, 2006), ενώ κάποιοι άλλοι υποστηρίζουν ότι η διδασκαλία στο πραγματικό εργαστήριο είναι περισσότερο αποτελεσματική σε σχέση με τη διδασκαλία μέσω εικονικών πειραμάτων (Wainwright, 1989; Morrell, 1992; Marshall & Young, 2006; Olympiou & Zacharia, 2009).

Εντούτοις, μια ενδιάμεση άποψη ισχυρίζεται ότι δεν επηρεάζονται σημαντικά οι επιδόσεις των μαθητών ανάμεσα στους δύο τρόπους εκτέλεσης των πειραμάτων (Coye & Stonebraker, 1994; Tjaden & Martin, 1995; Triona & Klahr, 2003; Keller et al, 2005; Klahr et al, 2007; Jaakkola & Nurmi, 2008). Ένα είναι σίγουρο, πάντως, ότι η χρήση της εικονικής πραγματικότητας υποστηρίζεται από την πλειοψηφία των εκπαιδευτικών της επιστήμης όταν ένα πραγματικό εργαστήριο δεν είναι διαθέσιμο, ή ένα πείραμα είναι υπερβολικά δαπανηρό ή περίπλοκο ή επικίνδυνο, ή υπάρχουν σοβαροί χρονικοί περιορισμοί (Zacharia, 2007). Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι υπάρχουν κι έρευνες που υποστηρίζουν την ανάγκη συνδυασμού φυσικής και εικονικής εμπειρίας (Winn et al., 2006; Zacharia, 2007; Jaakkola & Nurmi, 2008; Zacharia et al., 2008), διότι κάθε προσέγγιση έχει κάτι μοναδικό και συμβάλει με το δικό της τρόπο στην εκπαιδευτική εμπειρία.

B.2.1.4.2. Επαυξημένη πραγματικότητα

Η επαυξημένη πραγματικότητα είναι ένας κλάδος της εικονικής πραγματικότητας (Pengcheng et al., 2011). Ως όρος εισήχθη από τον Tom Caudell το 1990 (Lee, 2012). Η πρώτη καταγεγραμμένη αναφορά του χρονολογείται το 1901 από τον Frank Brawn, συγγραφέα του μυθιστορήματος «The master key»⁹. Από τις πρώτες εμπορικές εφαρμογές της ήταν η χρήση της σε αθλητικές εκπομπές στην τηλεόραση (Pasareti et al., 2011) το 1998.

Αν κι η άφιξη της δεν είναι κάτι τόσο νεοεμφανιζόμενο όσο αφήνεται να εννοηθεί¹⁰, στις μέρες μας αναγνωρίζονται όλο και περισσότερο οι δυνατότητες που παρέχει με αποτέλεσμα την αύξηση της δημοτικότητάς της μέσα στην εκπαιδευτική κοινότητα (Sakulphon et al.,

⁹adsreality.com

¹⁰ adsreality.com

2015). Πλέον, οι ερευνητές ισχυρίζονται ότι αποτελεί τη τεχνολογία με τη μεγαλύτερη δυνατότητα να επηρεάσει τα συναισθηματικά και γνωστικά μαθησιακά αποτελέσματα. Ωστόσο, έχει πραγματοποιηθεί λίγη δουλειά για την τεκμηρίωση τέτοιου είδους ισχυρισμών (Ibáñez et al., 2014).

Όσον αφορά στην αποτελεσματικότητα τους, η ανασκόπηση των ευρημάτων των ερευνητικών μελετών έδειξε ότι η επαυξημένη πραγματικότητα χρησιμοποιήθηκε για τη διδασκαλία όλων των μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών (Shelton & Hedley, 2002; Coffin et al., 2008; Lin et al., 2009; Martin-Gutierrez, 2010; Cerqueira & Krimer, 2012; Hsiao et al., 2012; Mathison & Gabriel, 2012; Sigal et al., 2012; Lin et al., 2013; Chiang et al., 2014a; Civelek et al., 2014; Ibáñez et al., 2014; Martin-Gutierrez & Fernandez, 2014; Fonseca et al., 2014; Cheng & Wang, 2015; Zhang et al., 2014; Chin et al., 2015; Estapa & Nadolny, 2015; Ferrer-Torregrosa et al., 2015; Lin et al., 2015; Lu & Lin, 2015; Akcayir et al., 2016; Hsiao et al., 2016; Hwang et al., 2016), κυρίως στη δευτεροβάθμια (Shelton & Hedley, 2002; Martin-Gutierrez, 2010; Hsiao et al., 2012; Chiang et al., 2014a; Civelek et al., 2014; Fonseca et al., 2014; Ibáñez et al., 2014; Zhang et al., 2014; Cheng & Wang, 2015; Chin et al., 2015; Estapa & Nadolny, 2015; Lu & Lin, 2015; Cihak et al., 2016; Davis, 2016; Hsiao et al., 2016; Hwang et al., 2016), αλλά και στη τριτοβάθμια εκπαίδευση (Lin et al., 2009; Lin et al., 2013; Martin-Gutierrez & Fernandez, 2014; Ferrer-Torregrosa et al., 2015; Akcayir et al., 2016).

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση της επαυξημένης πραγματικότητας στην τάξη βελτιώνει τα μαθησιακά επιτεύγματα (Liu et al., 2009; Hsia et al., 2012; Tarng & Ou, 2012; Lin et al., 2013; Chiang et al., 2014a; Civelek et al., 2014; Fonseca et al., 2014; Ibáñez et al., 2014; Martin-Gutierrez & Fernandez, 2014; Sommerauer & Mülle, 2014; Zhang et al., 2014; Cheng & Wang, 2015; Chin et al., 2015; Estapa & Nadolny, 2015; Ferrer-Torregrosa et al., 2015; Lu & Lin, 2015; Cihak et al., 2016; Davis, 2016; Hsiao et al., 2016; Hwang et al., 2016), ακόμη και αδύναμων μαθητών (Lu & Lin, 2015) ή μαθητών με αυτισμό (Cihak et al., 2015), τη στάση τους απέναντι στην επιστήμη (Akcayir et al., 2016; Hwang et al., 2016), την εννοιολογική τους κατανόηση (Shelton & Hedley, 2002) και την αποδόμηση των παρανοήσεων τους (Chin et al., 2015). Επίσης, καλλιεργεί τις βασικές επιστημονικές δεξιότητες των μαθητών (Fonseca et al., 2014; Zhang et al., 2014; Akcayir et al., 2016), ενισχύει τα κίνητρα τους (Chiang et al., 2014a; Civelek et al., 2014; Martin-Gutierrez & Fernandez, 2014; Estapa & Nadolny, 2015; Ferrer-Torregrosa et al., 2015; Hsiao et al., 2016) και διεγείρει το ενδιαφέρον τους (Lin et al., 2009; Davis, 2016). Υπήρξαν, βέβαια, και περιπτώσεις όπου οι ερευνητές υποστήριξαν ότι η επαυξημένη πραγματικότητα δεν υστερεί σε σχέση με την παραδοσιακή διδασκαλία, όσον αφορά τα μαθησιακά επιτεύγματα μαθητών υψηλών επιδόσεων (Lin et al., 2015).

Β.2.2. Πλεονεκτήματα και Μειονεκτήματα της χρήσης των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική πρακτική

Προηγουμένως, αναφέρθηκαν κάποια από τα σημαντικότερα και πιο γνωστά τεχνολογικά επιτεύγματα που επέδρασαν καθοριστικά στο τι διδάσκεται, πώς διδάσκεται, πότε και πού η μάθηση λαμβάνει χώρα, ποιος μαθαίνει και ποιος διδάσκει (Oliver, 2002 όπ. αναφ. στο Νικολακοπούλου, 2014), ενώ ακολούθησε αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας τους, λαμβάνοντας υπόψη τα ευρήματα δημοσιευμένων μελετών.

Από τα ερευνητικά ευρήματα που παρουσιάστηκαν, γίνεται, εύκολα αντιληπτό ότι η εισαγωγή των ΤΠΕ στην εκπαίδευση, όπως συνήθως συμβαίνει στην ιστορία των ανθρώπινων επινοήσεων, πλαισιώνεται τόσο από θιασώτες όσο και από πολέμιους (Ανδριώτης, 1995), ενώ δεν λείπουν κι οι οπαδοί της λεγόμενης «μέσης οδού», που συνιστούν ψύχραιμη αντιμετώπιση και παραθέτουν επιχειρήματα υπέρ, όσο και λύσεις για τις αδυναμίες των νέων μέσων (Σκαράκης-Τατίδου, 2001).

Στο σημείο αυτό, προβάλλει ως αδήριτη ανάγκη η παρουσίαση (έστω και συνοπτικά) των σημαντικότερων πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων της χρήσης των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική πρακτική και ιδίως στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, προκειμένου ο αναγνώστης να αποκτήσει πλήρη εικόνα των δυνατοτήτων που παρέχει η τεχνολογία, αλλά και των κινδύνων που ελλοχεύουν από τη χρήση της στην εκπαιδευτική πράξη.

Β.2.2.1. Πλεονεκτήματα

Τι μπορούν, λοιπόν, να κάνουν οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί με την τεχνολογία, που είναι είτε αδύνατο είτε πολύ δύσκολο όταν δεν τη διαθέτουν; (Κυνηγός, 2011), ή με άλλα λόγια τι μας προσφέρουν τα εποπτικά μέσα διδασκαλίας; Η απάντηση στην ερώτηση αυτή είναι σημαντική στην προσπάθειά μας να αντιληφθούμε πώς μπορούν οι τεχνολογίες να συμβάλλουν στη μάθηση (Sherman & Kurshan, 2005).

Στις μέρες μας, αποτελεί κοινό τόπο, ο καθοριστικός ρόλος που μπορεί να διαδραματίσουν οι ΤΠΕ στην εκπαίδευση ως προς τη (ν):

- *Διέγερση του ενδιαφέροντος* των μαθητών, μιας και συνδυάζουν το λόγο (γραπτό ή προφορικό) με εικόνα και μουσική (Σιμάτος, 1995). Ο συνδυασμός κειμένου, ήχου και πολύχρωμων κινουμένων εικόνων, παρέχει προκλητικό και αυθεντικό περιεχόμενο, που εμπλέκει τους μαθητές στη διαδικασία μάθησης (Tinio, 2003), αποτελώντας ένα αποτελεσματικό εργαλείο διέγερσης ενδιαφέροντος και ενεργητικής εξερεύνησης (Sherman & Kurshan, 2005). Ο υψηλός βαθμός αλληλεπίδρασης που επιτρέπουν αυξάνει την απόλαυση του μαθήματος, εντείνει τα μαθησιακά κίνητρα και βελτιώνει τη στάση των μαθητών απέναντι στη νέα γνώση (Βούλτσιου, 2007).
- *Δημιουργία σαφών παραστάσεων*, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται για να απεικονίσουν, αναπαραστήσουν ή διευκρινίσουν δύσκολες έννοιες (Σιμάτος, 1995).
- *Καλύτερη κατανόηση του μαθήματος*, αφού ο συνδυασμός διαφορετικών τρόπων παρουσίασης ενός διδακτικού αντικειμένου μπορεί να λύσει γρήγορα και εύκολα

απορίες που ένας συγκεκριμένος τρόπος παρουσίασης (π.χ. λεκτική περιγραφή) δεν μπορεί να κάνει με την ίδια τουλάχιστον ευκολία (Σιμάτος, 1995).

- *Εξοικονόμηση πολύτιμου διδακτικού χρόνου* μιας και μας βοηθούν να οργανώσουμε καλύτερα τη διδασκαλία, προκειμένου αυτή να καταστεί περισσότερο παραγωγική (Σιμάτος, 1995), περιορίζοντας το χρόνο εκμάθησης της χρήσης των διαφόρων οργάνων, των διαδικασιών επεξεργασίας και παρουσίασης των μετρήσεων και της προετοιμασίας ενός πειράματος (Michaelides, 2007).
- *Εξατομίκευση της διδασκαλίας*, μιας και ο κάθε μαθητής μπορεί να βρει στοιχεία που τον ενδιαφέρουν προσωπικά στις εναλλακτικές παρουσιάσεις του ίδιου θέματος, και να ακολουθήσει έτσι το δικό του ιδιαίτερο δρόμο προς τη γνώση (Σιμάτος, 1995). Ακόμη, διαφοροποιούν το περιεχόμενο και το ρυθμό διδασκαλίας της νέας ύλης ανάλογα με τις αποκρίσεις των μαθητών (Slavin, 2007).
- *Επικαιροποίηση της διδασκαλίας* με την ενσωμάτωση και χρησιμοποίηση νέων και σύγχρονων πληροφοριών, αλλά και στοιχείων της καθημερινής ζωής. Μ' αυτόν τον τρόπο οι παρεχόμενες γνώσεις εκσυγχρονίζονται και συνδέονται αποτελεσματικά με τη καθημερινότητα (Σιμάτος, 1995).
- Προσφορά *απεριόριστης πρόσβασης σε επί πλέον πληροφορία* και επιστημονικό υλικό (Gudanescu, 2010).
- Διευκόλυνση της συλλογής, επεξεργασίας, ερμηνείας και παρουσίασης δεδομένων, μέσω βάσεων δεδομένων, λογιστικών φύλλων, MBL συστημάτων λήψης και αναπαράστασης δεδομένων, λογισμικών δημιουργίας γραφικών παραστάσεων και περιβαλλόντων μοντελοποίησης, λογισμικών πολυμέσων για την προσομοίωση διαδικασιών και τη διεξαγωγή «εικονικών πειραμάτων», συστημάτων πληροφοριών και εργαλείων δημοσίευσης και παρουσίασης (Μαρκαντώνης, 2007).
- Ενίσχυση και επιτάχυνση της εργασίας, προσφέροντας απελευθέρωση από επίπονες χειρωνακτικές διαδικασίες και επομένως περισσότερο χρόνο για σκέψη, συζήτηση και ερμηνεία (Osborne & Hennessy, 2003).
- Υποστήριξη της *συνεργασίας μεταξύ των μαθητών*, επιτρέποντάς τους να επικοινωνούν, να μοιράζονται δεδομένα, αποτελέσματα και ιδέες (Okada & Simon 1997; van Joolingen et al., 2005 όπ. αναφ. στο Van Joolingen, De Jong, & Dimitrakopoulou, 2007).
- *Αντιμετώπιση προβλημάτων* έλλειψης μεγάλου αριθμού συσκευών και οργάνων, των χώρων και του υψηλού κόστους συντήρησης και αντικατάστασης, που συνεπάγεται η άσκηση και ο πειραματισμός με τη λειτουργία των εργαστηριακών συσκευών (Michaelides, 2007).
- Παροχή δυνατότητας *εύκολων και συνεχών επαναλήψεων του υπό μελέτη φαινομένου* (Πατσαδάκης, 2014).
- Συμβολή στη *βελτίωση των μαθησιακών επιτευγμάτων*, γιατί οι μαθητές περνούν περισσότερο χρόνο εργασίας ή εξάσκησης των δεξιοτήτων που μελετώνται, καθώς απολαμβάνουν τη χρήση των υπολογιστών (Higgins, 2003).

- *Απουσία χαρακτηρισμών*, με αποτέλεσμα οι μαθητές να μην φοβούνται μήπως χαρακτηριστούν ως κακοί, κάτι που δεν αποφεύγεται στην παραδοσιακή αίθουσα διδασκαλίας (Βούλτσου, 2007).

B.2.2.2. Μειονεκτήματα

Στον αντίποδα του τεχνολογικού οπτισισμού οι πολέμιοι υποστήριξαν ότι:

- Οι ΤΠΕ, καθορίζοντας νέα επικοινωνιακά ήθη και δημιουργώντας ζητήματα κοινωνικής προσαρμογής, αλλοιώνουν τον χαρακτήρα των ανθρωπίνων σχέσεων και αλλάζουν μαζί με τον τρόπο και το προϊόν της επικοινωνίας (Ταρνανίδας, 2014).
- Η χρήση τους οδηγεί σε έλλειψη σοβαρότητας του έργου των μαθητών (Yunus et al., 2013).
- Η διάχυσή τους δεν είναι ίδια σε κάθε σχολείο, ούτε καν στο ίδιο το σχολείο (Τζίμπα, 2012), ενώ άνιση είναι και η εξοικείωση των παιδιών πριν ενταχθούν στους κόλπους του σχολείου (Σολομωνίδου, 2000).
- Για την καθιέρωσή τους χρειάζεται διοικητική και τεχνική υποστήριξη, κεντρική και ενδοσχολική επιμόρφωση (Τζίμπα, 2012).
- Εγκυμονεί κίνδυνος διαστρέβλωσης του εκπαιδευτικού τους ρόλου, από τη στιγμή που το μέσο γίνεται αυτοσκοπός (Σολομωνίδου, 2000).
- Προσφέρουν εικονικές εμπειρίες (από «δεύτερο χέρι»), και όχι ρεαλιστικές εμπειρίες - από «πρώτο χέρι» - (Plowman et al., 2010).
- Οι μαθητές περνούν περισσότερο χρόνο σε κλειστούς χώρους κι η υγεία τους κινδυνεύει - η καθιστική ζωή αυξάνει τον κίνδυνο παχυσαρκίας - (Plowman et al., 2010).
- Η χρήση τους μπορεί να οδηγήσει σε εθισμό με την τεχνολογία και ενέχει τον κίνδυνο έκθεσης σε ακατάλληλο περιεχόμενο (Plowman et al., 2010).

Ασφαλώς, δεν απουσιάζουν κι οι οπαδοί της «μέσης οδού», οι οποίοι υποστηρίζουν (λαμβάνοντας υπόψιν σύγχρονα ερευνητικά ευρήματα) ότι η αποτελεσματικότητα των ΤΠΕ εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο χρησιμοποιούνται και το σκοπό. Και όπως κάθε εκπαιδευτικό εργαλείο, δεν λειτουργούν για όλους, παντού και πάντα με τον ίδιο τρόπο (Tinio, 2003), ή, με άλλα λόγια, δεν αποτελούν πανάκεια για οποιαδήποτε διδασκαλία, κι επομένως είναι απαραίτητη η προσεκτική επιλογή κι η συνετή χρήση τους (Πλακίτση, 2008).

Αυτοί ισχυρίζονται ότι τα τεχνολογικά μέσα δεν είναι τίποτα άλλο παρά τα οχήματα, που χρησιμοποιούνται στη διδασκαλία και δεν έχουν τη δυνατότητα να αυξήσουν από μόνα τους τα μαθησιακά αποτελέσματα (Κούτρας και συν., 2012), ούτε να επιφέρουν την επιδιωκόμενη αλλαγή «παραδείγματος» στην εκπαίδευση (Βοσνιάδου, 2006).

Η επιλογή τους πρέπει να καθοδηγείται από τις ανάγκες των μαθητών κι όχι από την καινοτομία (Mckimm et al., 2003), ενώ απαιτεί συνδυασμό με τις διδακτικές μεθόδους και τη φύση του διδακτικού αντικειμένου (Ματσαγγούρας, 2009), ώστε να έχουν πρόσθετη παιδαγωγική αξία στην εκπαιδευτική πράξη (Κυνηγός, 2011).

B.2.2.3. Ιδιαίτερη η συμβολή της τεχνολογίας στη διδασκαλία της Βιολογίας

Στο σημείο αυτό αξίζει να τονιστεί η ιδιαίτερη συμβολή των ΤΠΕ στη διδασκαλία της Βιολογίας, που αποτελεί και αντικείμενο της παρούσας εργασίας. Αναλυτικότερα, οι ΤΠΕ συμβάλλουν στην αποτελεσματικότητα του μαθησιακού αντικειμένου της Βιολογίας, διότι στα παραδοσιακά διδακτικά μέσα, προσθέτουν εργαλεία που καθιστούν δυνατή:

- την αναπαράσταση περιβαλλόντων του μικρόκοσμου και του μακρόκοσμου από το κύτταρο, ως τον οργανισμό και τα οικοσυστήματα ([Στασινάκης, 2016](#)).
- την πραγματοποίηση εικονικών πειραμάτων, των οποίων η εκτέλεση στο σχολικό εργαστήριο είναι ανέφικτη για οικονομικούς λόγους, είτε για λόγους χρόνου ή επικινδυνότητας ([Βασιλοπούλου, 2013](#)), είτε λόγω του πολυμορφισμού και της μοναδικότητας των βιολογικών συστημάτων, που επηρεάζουν κατά απρόβλεπτο, πολλές φορές, τρόπο το αποτέλεσμα των πειραμάτων ([Δομουχτσίδου, 2016](#)).
- την εικονική αναπαραγωγή φαινομένων που η διάρκειά τους είναι μεγαλύτερη της σχολικής ώρας, αν όχι της διάρκειας της ζωής μας (π.χ. της εξέλιξης) ([Βασιλοπούλου, 2013](#)).

B.2.3. Η πύλη Go-Lab

Με δεδομένα τα πλεονεκτήματα της χρήσης των ΤΠΕ στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, γενικά, και της Βιολογίας ειδικότερα (και λαμβάνοντας υπόψιν τα μειονεκτήματα), στην παρούσα διπλωματική εργασία επιλέχθηκε η χρήση της πύλης Go-Lab για τη διδασκαλία της φωτοσύνθεσης μέσω διερεύνησης. Η επιλογή χρήσης ενός νέου τεχνολογικού επιτεύγματος για τη διδασκαλία της Φωτοσύνθεσης δεν αποτελεί έκπληξη, αν αναλογιστεί κανείς τις δυνατότητες που παρέχουν τα σύγχρονα τεχνολογικά μέσα στην εκπαιδευτική πράξη.

Προτού διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα χρήσης αυτής της διαδικτυακής πλατφόρμας, ακολουθεί μια περιληπτική αναφορά των βασικότερων ιστορικών στοιχείων του προγράμματος Go-Lab, καθώς και μια σύντομη περιήγηση στο περιβάλλον του αποθετηρίου Go-Lab, και της πλατφόρμας Graasp.

Το πρόγραμμα **Go-Lab** (**G**lobal **O**nline **S**cience **L**abs for Enquiry Learning at School) είναι ένα Ευρωπαϊκό συνεργατικό πρόγραμμα, συγχρηματοδοτούμενο από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και τις διοικητικές μονάδες 18 οργανισμών από 11 διαφορετικές χώρες¹¹. Πρόκειται για ένα πρόγραμμα αφιερωμένο στην προώθηση και υποστήριξη της εκπαίδευσης STEM (Schneegass et al., 2016), που βασίζεται στη διερευνητική διδακτική προσέγγιση (de Jong et al., 2014), καθώς και σε ελεύθερης πρόσβασης εκπαιδευτικούς πόρους και εικονικά εργαστήρια (Rodríguez-Triana et al., 2016).

Κύριος στόχος της πύλης Go-Lab είναι να παρέχει μία απλή και ελκυστική πλατφόρμα στους εκπαιδευτικούς, και τους μαθητές¹², για την υποστήριξη δραστηριοτήτων διερευνητικής μάθησης στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών. Επιτρέπει τη δημιουργία ενός παιδαγωγικού και τεχνικού πλαισίου, το οποίο παρέχει διαδικτυακά εικονικά εργαστήρια, καθώς και υποστηρικτικά εργαλεία μάθησης (Dikke et al., 2014). Το Graasp -περιβάλλον συγγραφής της πλατφόρμας Go-Lab- σχεδιάστηκε για την υποστήριξη της συνεργασίας, της μάθησης και τη διαχείριση της γνώσης (Vozniuk et al., 2015).

Η κατάρτιση των εκπαιδευτικών, σχετικά με τη χρήση της πλατφόρμας Go-Lab, πραγματοποιήθηκε σε 15 ευρωπαϊκές χώρες (μέχρι στιγμής), προκειμένου οι εκπαιδευτικοί να βοηθηθούν στη δημιουργία παιδαγωγικών σεναρίων βασισμένων στη διερευνητική προσέγγιση και να τα εφαρμόσουν στις τάξεις τους χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα (Dikke & Faltin, 2015). Η πλατφόρμα Go-Lab εστιάζει στην ηλικιακή ομάδα 10-18 ετών, καλύπτοντας την ύστερη πρωτοβάθμια, τη δευτεροβάθμια, και ενδεχομένως, την αρχή της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (Στυλιανίδου & Τσουρλιδάκη, 2015).

Ο σχεδιασμός των μαθημάτων της πύλης Go-Lab ακολουθεί έναν κύκλο διερεύνησης, ο οποίος περιλαμβάνει τις εξής πέντε φάσεις (Dikke et al., 2014):

- **Προσανατολισμός:** Η φάση αυτή εστιάζει στη διέγερση του ενδιαφέροντος και της περιέργειας των μαθητών για το υπό μελέτη ζήτημα. Στη φάση προσανατολισμού εντοπίζονται οι κύριες μεταβλητές του υπό μελέτη ζητήματος και διατυπώνεται το πρόβλημα με τη μορφή ερώτησης.

⁴<http://go-lab-project.eu/project>

⁵ <http://go-lab-project.eu/project>

- **Εννοιολόγηση:** Είναι η διαδικασία κατανόησης εννοιών, σχετικών με το υπό μελέτη πρόβλημα, και χωρίζεται σε δύο υπο-φάσεις, την *ερώτηση* και την *υπόθεση*. Σε γενικές γραμμές, η *ερώτηση* είναι η διατύπωση ερωτήσεων που μπορούν να ερευνηθούν (White & Frederiksen, 1998 όπ. αναφ. στο Dikke et al., 2014) και η *υπόθεση* είναι η διατύπωση μιας δήλωσης ή μιας σειράς δηλώσεων (de Jong, 2006b όπ. αναφ. στο Dikke et al., 2014). Τα αποτελέσματα της φάσης εννοιολόγησης είναι ερευνητικά ερωτήματα ή/και υποθέσεις που θα διερευνηθούν στη συνέχεια.
- **Διερεύνηση:** Είναι η φάση όπου η περιέργεια μετατρέπεται σε δράση για να δοθεί απάντηση σε μια ερευνητική ερώτηση ή υπόθεση (Scanlon et al., 2011 όπ. αναφ. στο Dikke et al., 2014). Οι μαθητές σχεδιάζουν πειράματα, διερευνούν-παρατηρούν, κάνουν προβλέψεις, και ερμηνεύουν αποτελέσματα (Lim, 2004; White & Frederiksen, 2005; de Jong, 2006b όπ. αναφ. στο Dikke et al., 2014). Οι υπο-φάσεις είναι η *εξερεύνηση*, ο *πειραματισμός*, και η *ερμηνεία δεδομένων*. Η *εξερεύνηση* είναι ένας συστηματικός τρόπος επεξεργασίας δεδομένων με σκοπό την εύρεση ενδείξεων για μια σχέση μεταξύ των μεταβλητών (Lim, 2004 όπ. αναφ. στο Dikke et al., 2014). Στην *εξερεύνηση* δεν υπάρχει συγκεκριμένη προσδοκία για το αποτέλεσμα της επεξεργασίας των δεδομένων. Ο *πειραματισμός* επικεντρώνεται στην ανάπτυξη και εφαρμογή ενός σχεδίου για χειρισμό δεδομένων με συγκεκριμένη προσδοκία για το αποτέλεσμα. Και οι δύο υπο-φάσεις (*εξερεύνηση* και *πειραματισμός*) συνίστανται στο σχεδιασμό και στην εκτέλεση δραστηριοτήτων. Η υπο-φάση της *ερμηνείας δεδομένων* επικεντρώνεται στην εξήγηση των συλλεχθέντων δεδομένων και στη σύνθεση νέων γνώσεων (White & Frederiksen, 1998; Justice et al., 2001; Lim, 2004; Wilhelm & Walters, 2006; Bruce & Casey, 2012 όπ. αναφ. στο Dikke et al., 2014). Τελικό αποτέλεσμα αυτής της φάσης είναι μια «ερμηνεία» των δεδομένων για τις σχέσεις μεταξύ των μεταβλητών.
- **Συμπέρασμα:** Είναι η φάση δήλωσης των βασικών συμπερασμάτων μιας μελέτης (de Jong, 2006b όπ. αναφ. στο Dikke et al., 2014). Σε αυτή τη φάση οι μαθητές επανεξετάζουν τα αρχικά ερευνητικά τους ερωτήματα ή τις υποθέσεις τους και ελέγχουν εάν αυτά απαντώνται, ή εάν υποστηρίζονται από τα αποτελέσματα της έρευνας (White et al., 1999; Scanlon, et al., 2011 όπ. αναφ. στο Dikke et al., 2014).
- **Συζήτηση:** Είναι η κοινοποίηση της διαδικασίας διερεύνησης που ακολουθήθηκε και των αποτελεσμάτων της. Περιέχει τις υπο-φάσεις *επικοινωνίας* και *προβληματισμού*. Η υπο-φάση της *επικοινωνίας* είναι η διαδικασία παρουσίασης και κοινοποίησης από τους μαθητές των ευρημάτων τους και των συμπερασμάτων τους (Scanlon, et al., 2011 όπ. αναφ. στο Dikke et al., 2014), ενώ παράλληλα καταγράφουν τα συμπεράσματα των συνομηλίκων τους (Bruce & Casey, 2012 όπ. αναφ. στο Dikke et al., 2014). Ο *προβληματισμός* ορίζεται ως η διαδικασία αξιολόγησης της επιτυχίας της έρευνας, ενώ προτείνονται νέα προβλήματα, καθώς και τρόποι βελτίωσης της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε (Lim, 2004; White & Frederiksen, 1998 όπ. αναφ. στο Dikke et al., 2014). Ο *προβληματισμός* ορίζεται, επίσης, ως λήψη σχολίων (από τους ίδιους τους μαθητές, τους εκπαιδευτικούς ή συνομηλίκους) για τη βελτίωση της πειραματικής προσέγγισης σε μια επόμενη μελέτη (de Jong, 2013 όπ. αναφ. στο Dikke et al., 2014).

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί πως αν και το πρόγραμμα Go-Lab ολοκληρώθηκε επισήμως τον Οκτώβριο του 2016, ένα νέο πρόγραμμα με την επωνυμία **Next-Lab** (νεότερη εκδοχή του Go-Lab), ξεκίνησε τον Ιανουάριο του 2017, με διάρκεια τριών ετών. Πρόκειται για ένα έργο το οποίο διεξάγεται στο πλαίσιο του προγράμματος Horizon 2020 της Ευρωπαϊκής Ένωσης, και συντονίζεται από το Πανεπιστήμιο Twente της Ολλανδίας. Στόχος του είναι να αυξήσει τον αριθμό των εμπλεκόμενων με την πύλη Go-Lab εκπαιδευτικών και μαθητών και να ενθαρρύνει περισσότερους νέους να ασχοληθούν με την επιστήμη¹³. Ακολουθεί μια σύντομη ξενάγηση στη πλατφόρμα Go-Lab και στο περιβάλλον συγγραφής ηλεκτρονικών μαθημάτων Graasp.

⁶ <http://www.go-lab-project.eu/next-lab-project>

B.2.3.1. Μια σύντομη περιήγηση στο αποθετήριο Go-Lab και στο περιβάλλον συγγραφής του Graasp

1. Ανοίξετε ένα φυλλομετρητή (browser) και πληκτρολογήστε τη λέξη **Golabz**.

Golabz: Home

www.golabz.eu/ ▼ Μετάφραση αυτής της σελίδας

Sharing and Authoring Platform. Find the largest collection of online labs, try-out interactive inquiry apps, combine labs and apps into Inquiry Learning Spaces, and share these with your students and colleagues. Electrical Circuit Lab. In the Electrical Circuit Lab students can create their own electrical circuits... LAB ...

Έχετε επισκεφτεί αυτή τη σελίδα πολλές φορές. Τελευταία επίσκεψη: 6/1/2018

Labs

Online labs provide your students with the possibility to conduct ...

Apps

Apps are dedicated software tools that help students in their ...

Spaces

Inquiry Learning Spaces (ILSs) are personalized learning ...

Foucault Pendulum

Foucault's Pendulum allows students to perform the famous ...

Electrical Circuit Lab

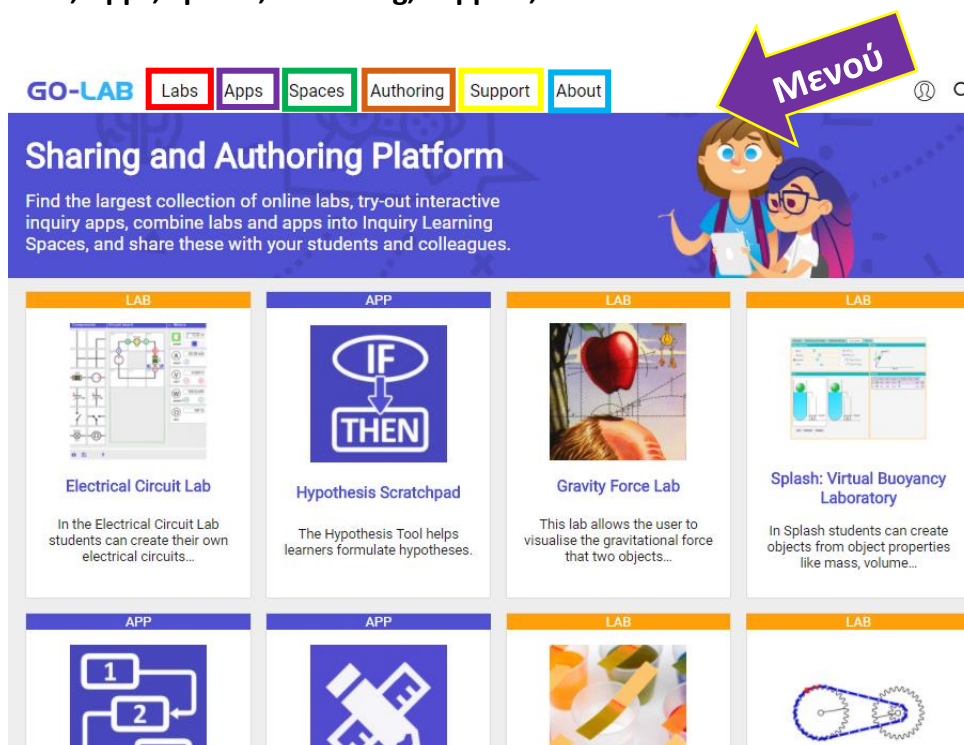
In the Electrical Circuit Lab students can create their own ...

Chemical Equilibrium

In this lab, our objective is to study the shift of equilibrium between ...

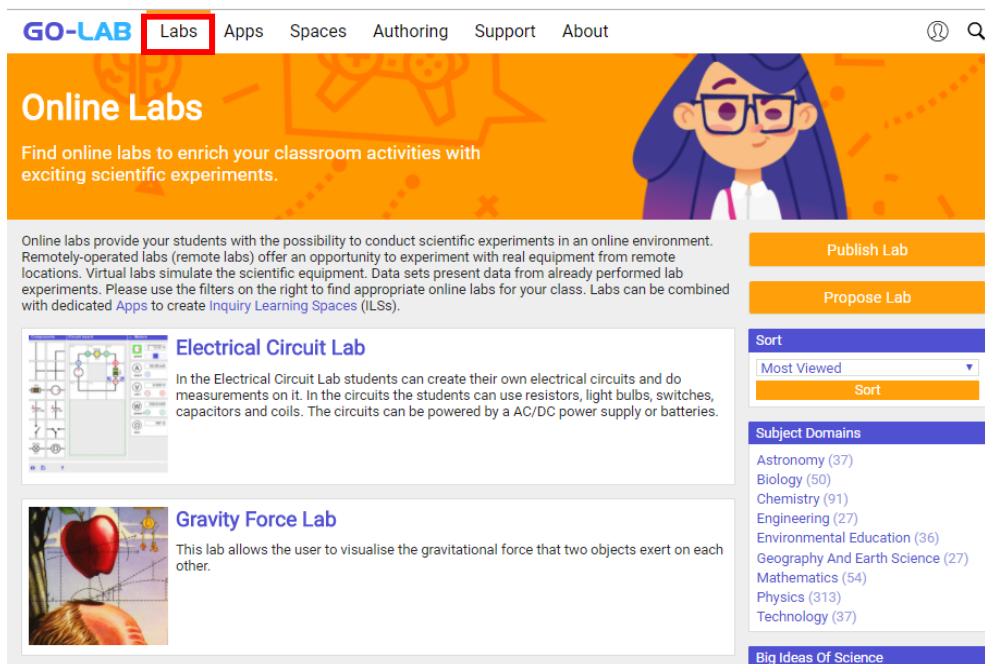
Εικόνα 1: Αναζήτηση στο Διαδίκτυο

2. Επιλέγοντας τη σελίδα **Golabz: Home** θα βρεθείτε στο περιβάλλον του αποθετηρίου Go-Lab. Όπως βλέπετε στο πάνω μέρος της σελίδας υπάρχει μενού με τις επιλογές **Labs, Apps, Spaces, Authoring, Support, About**.



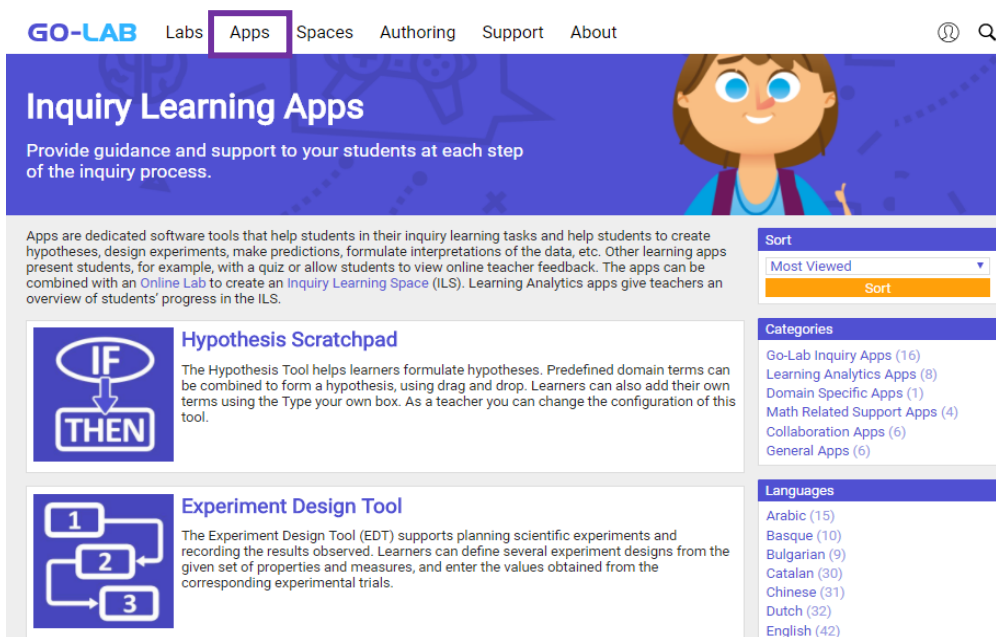
Εικόνα 2: Το αποθετήριο του Go-Lab

3. Κλικάροντας στην επιλογή **Labs** θα βρεθείτε σε μία διαδικτυακή σελίδα, που περιέχει διαδικτυακά εικονικά εργαστήρια.



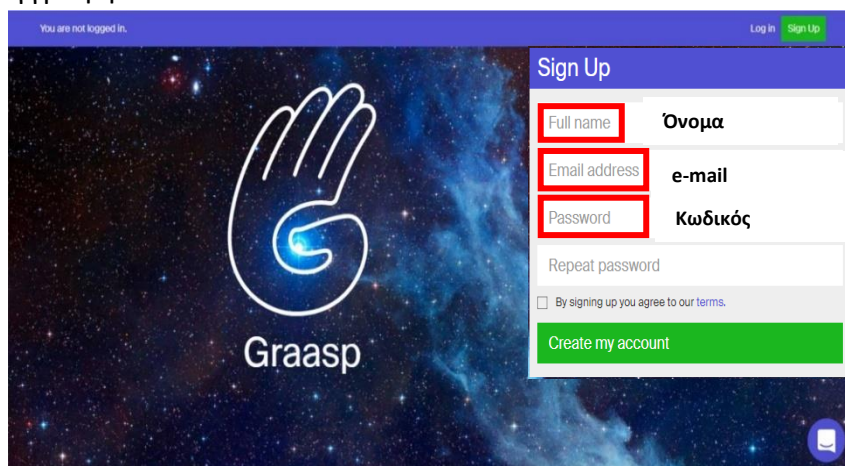
Εικόνα 3: Εικονικά εργαστήρια

4. Κλικάροντας στην επιλογή **Apps** θα βρεθείτε σε μία διαδικτυακή σελίδα, που περιέχει εφαρμογές, τις οποίες μπορείτε να χρησιμοποιήσετε για να βοηθήσετε τους μαθητές σας να διατυπώσουν υποθέσεις, να σχεδιάσουν πειράματα, να κάνουν προβλέψεις, να επεξεργαστούν δεδομένα, να παρουσιάσουν τα ερευνητικά τους ευρήματα και να διατυπώσουν τα συμπεράσματά τους.



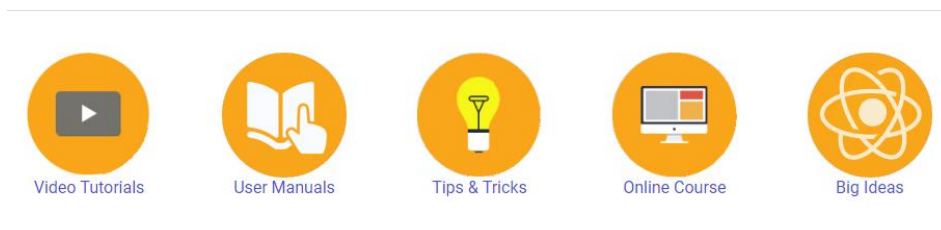
Εικόνα 4: Υποστηρικτικές εφαρμογές

5. Κλικάροντας στην επιλογή **Spaces** θα βρεθείτε σε μία διαδικτυακή σελίδα, που σας δίνει τη δυνατότητα να δημιουργήσετε το δικό σας ηλεκτρονικό μάθημα, κάνοντας απλά εγγραφή.



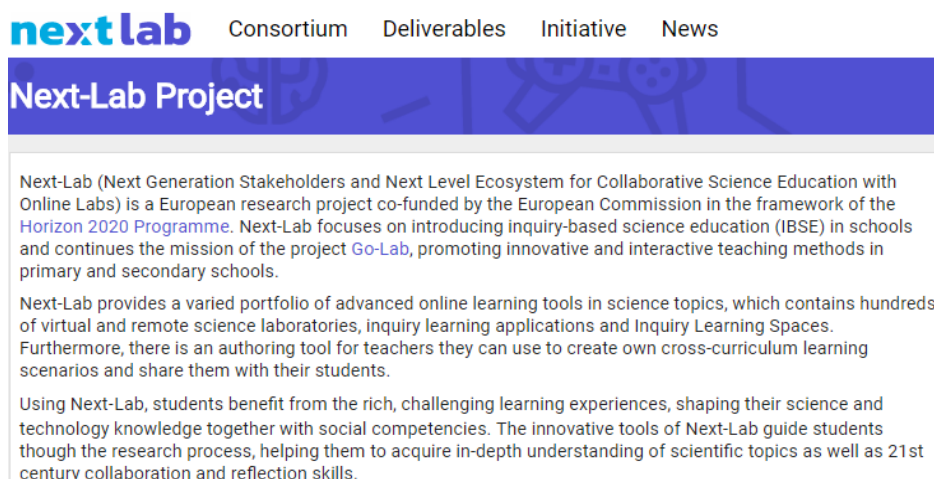
Εικόνα 5: Graasp «Το περιβάλλον συγγραφής του Go-Lab»

6. Κλικάροντας στην επιλογή **Support** θα βρεθείτε σε μία διαδικτυακή σελίδα, που σας παρέχει βοήθεια (σε μορφή pdf, video), τόσο για την κατασκευή του δικού σας ηλεκτρονικού μαθήματος, όσο και για την εύκολη περιήγηση σας στα ήδη διαθέσιμα ηλεκτρονικά μαθήματα.



Εικόνα 6: Διαδικτυακή υποστήριξη εκπαιδευτικών

7. Κλικάροντας στην επιλογή **About** θα βρεθείτε σε μία διαδικτυακή σελίδα, που περιέχει πληροφορίες σχετικά με το project δημιουργίας της διαδικτυακής αυτής πλατφόρμας και τους στόχους της.



nextlab Consortium Deliverables Initiative News

Next-Lab Project

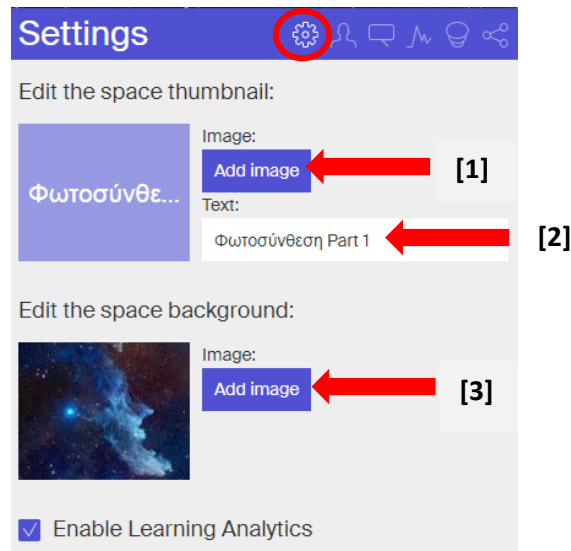
Next-Lab (Next Generation Stakeholders and Next Level Ecosystem for Collaborative Science Education with Online Labs) is a European research project co-funded by the European Commission in the framework of the [Horizon 2020 Programme](#). Next-Lab focuses on introducing inquiry-based science education (IBSE) in schools and continues the mission of the project [Go-Lab](#), promoting innovative and interactive teaching methods in primary and secondary schools.

Next-Lab provides a varied portfolio of advanced online learning tools in science topics, which contains hundreds of virtual and remote science laboratories, inquiry learning applications and Inquiry Learning Spaces. Furthermore, there is an authoring tool for teachers they can use to create own cross-curriculum learning scenarios and share them with their students.

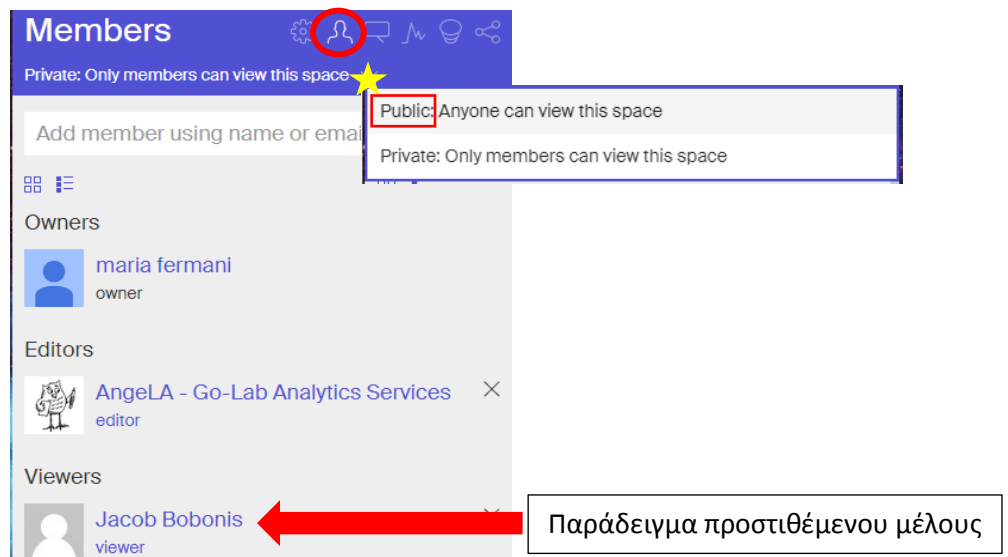
Using Next-Lab, students benefit from the rich, challenging learning experiences, shaping their science and technology knowledge together with social competencies. The innovative tools of Next-Lab guide students through the research process, helping them to acquire in-depth understanding of scientific topics as well as 21st century collaboration and reflection skills.

B.2.3.2. Το περιβάλλον συγγραφής του Go-Lab

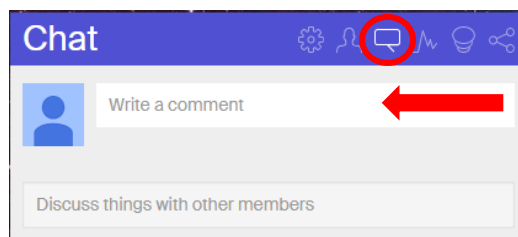
1. Επιλέγοντας το εικονίδιο  θα μπορέσετε να αλλάξετε το όνομα και την εμφάνιση της μικρογραφίας του χώρου [1,2], καθώς και την εικόνα του φόντου [3].



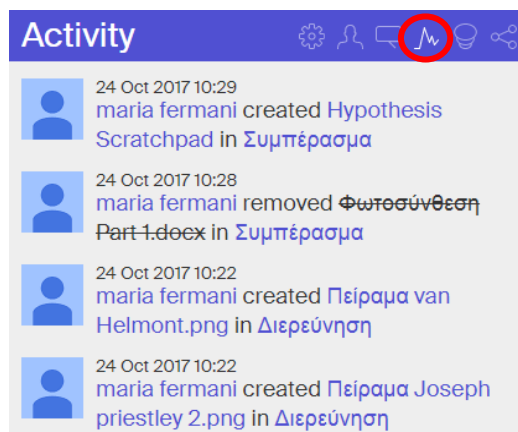
2. Επιλέγοντας το εικονίδιο  θα μπορέσετε να προσθέσετε τα ονόματα ή τις ηλεκτρονικές διευθύνσεις των ατόμων που επιθυμείτε να έχουν πρόσβαση στο ηλεκτρονικό σας μάθημα. Βέβαια, μπορείτε να μετατρέψετε το ηλεκτρονικό σας μάθημα σε Δημόσιο (★) καθιστώντας το με αυτό τον τρόπο ορατό από όλους τους χρήστες της πλατφόρμας.



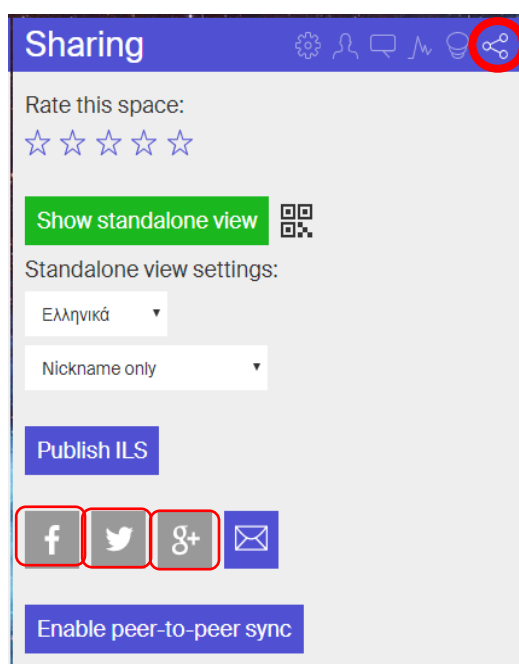
3. Επιλέγοντας το εικονίδιο  θα μπορέσετε να καταγράψετε σχόλια σας.



4. Επιλέγοντας το εικονίδιο  θα μπορέσετε να δείτε με αντίστροφη χρονολογική σειρά τις ενέργειες στις οποίες έχετε προβεί κατά τη διάρκεια δημιουργίας του ηλεκτρονικού σας μαθήματος.

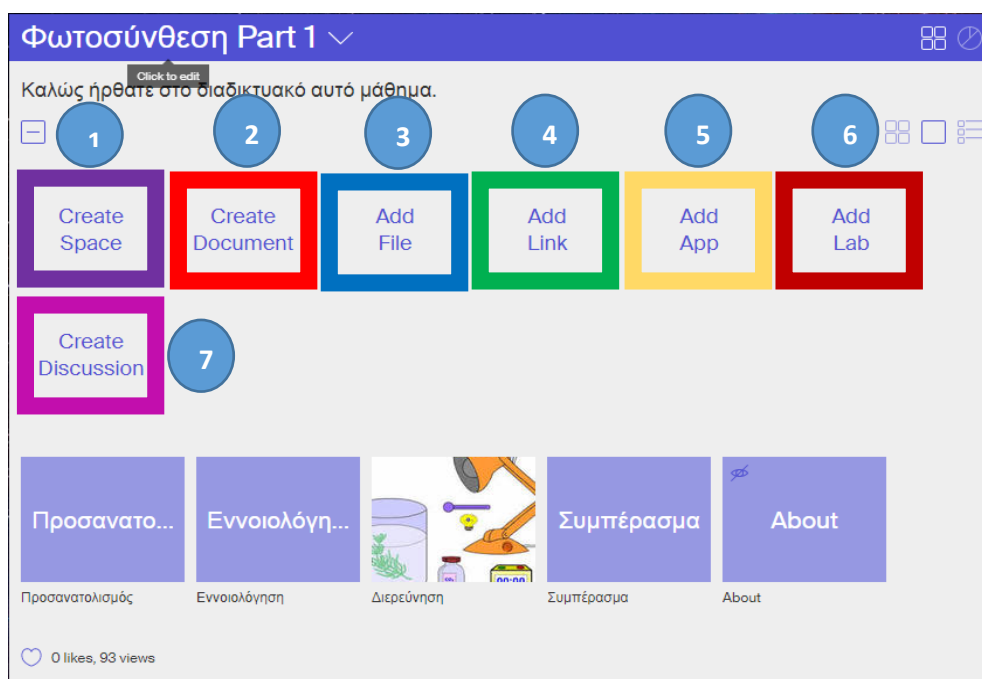


5. Επιλέγοντας το εικονίδιο  θα μπορέσετε να διαμοιράσετε το περιεχόμενο του ηλεκτρονικού σας μαθήματος στα συνηθέστερα μέσα κοινωνικής δικτύωσης (facebook, twitter, gmail).



B.2.3.3. Προσθήκη περιεχομένου στο ηλεκτρονικό μάθημα

1. Επιλέγοντας **Create Space [1]** θα μπορέσετε να δημιουργήσετε μια υπο-περιοχή εντός του ηλεκτρονικού σας μαθήματος.
2. Επιλέγοντας **Create Document [2]** θα μπορέσετε να δημιουργήσετε ένα έγγραφο που να περιλαμβάνει κείμενο, σύνδεσμο ή πίνακα.
3. Επιλέγοντας **Add File [3]** θα μπορέσετε να προσθέσετε κάθε λογής πόρο, συμπεριλαμβανομένων εικόνων ή αρχείων της μορφής pdf.
4. Επιλέγοντας **Add Link [4]** θα μπορέσετε να προσθέσετε διαδικτυακούς συνδέσμους στο ηλεκτρονικό σας μάθημα.
5. Επιλέγοντας **Add App [5]** θα μπορέσετε να προσθέσετε υποστηρικτικές εφαρμογές στο ηλεκτρονικό σας μάθημα, είτε από το αποθετήριο του Golabz, είτε από κάποια άλλη πηγή.
6. Επιλέγοντας **Add Lab [6]** θα μπορέσετε να προσθέσετε διαδικτυακά εικονικά εργαστήρια στο ηλεκτρονικό σας μάθημα.
7. Επιλέγοντας **Create Discussion [7]** θα μπορέσετε να δημιουργήσετε μια συζήτηση εντός του ηλεκτρονικού σας μαθήματος.



- I. Για περισσότερες πληροφορίες παρακολουθείστε τα διαθέσιμα video της διαδικτυακής υποστήριξης για τους εκπαιδευτικούς.
- II. Μη διστάσετε να ζητήσετε βοήθεια από την τεχνική υποστήριξη του Go-Lab επιλέγοντας το εικονίδιο  και αποστέλλοντας ηλεκτρονικά το δικό σας ερώτημα/απορία.

Β.3. Οι Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών για την έννοια της Φωτοσύνθεσης

«Ο πιο σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη μάθηση, είναι ό,τι γνωρίζει ήδη ο μαθητής. Εξακρίβωσε το και δίδαξε ανάλογα».

(Ausubel, 1968)

Πρωτίτερα, τεκμηριώθηκε η επιλογή της πλατφόρμας Go-Lab. Τώρα, θα αιτιολογηθεί η επιλογή της Φωτοσύνθεσης ως το υπό διδασκαλία μαθησιακό αντικείμενο έναντι οποιουδήποτε άλλου βιολογικού φαινομένου ή έννοιας. Γιατί επιλέχθηκε η Φωτοσύνθεση κι όχι κάποιο άλλο βιολογικό φαινόμενο; Τι υποστηρίζει η βιβλιογραφία; Είναι κοινός τόπος ότι μία από τις πιο σημαντικές έννοιες της σχολικής βιολογίας είναι η φωτοσύνθεση (Stavy et al., 1987). Αυτό βέβαια δεν προκαλεί έκπληξη, αν αναλογιστεί κανείς ότι αποτελεί τη «σημαντικότερη βιοχημική διαδικασία πάνω στη Γη» (Barker & Carr, 1989 *όπ. αναφ. στο Marmaroti & Galanopoulou, 2006*).

Εκτός της σημαντικότητας της, βέβαια, είναι κι ένα από τα πλέον δυσνόητα θέματα για τους μαθητές (Johnstone & Mahmoud 1980; Finley et al., 1982, *όπ. αναφ. στο Stavy et al., 1987*), μία από τις πιο προβληματικές έννοιες (Johnstone & Mahmoud 1980; Finley et al., 1982, *όπ. αναφ. στο Stavy et al., 2014*), καθώς παρόλο που αποτελεί υποχρεωτικό μέρος του προγράμματος σπουδών, οι μαθητές συχνά εμφανίζουν ανεπαρκή κατανόηση της (Ray & Beardsley, 2010). Η δυσκολία της έγκειται στο γεγονός ότι πρόκειται για ένα περίπλοκο βιολογικό θέμα, με πολλές εννοιολογικές πτυχές, των οποίων η σύνδεση δύσκολα αναγνωρίζεται (Waheed & Lucas, 1992 *όπ. αναφ. στο Marmaroti & Galanopoulou, 2006*).

Προκειμένου να καταστεί κατανοητή πρέπει να ιδωθεί μέσα από τέσσερις διαστάσεις: τη φυσιολογική, την ενεργειακή, την βιοχημική και την οικολογική (Ζόγκζα & Οικονομοπούλου, 1999). Ειδικότερα (Μάτσα, 2007):

- α) Η *φυσιολογική διάσταση* της φωτοσύνθεσης αναφέρεται σε συγκεκριμένες φυτικές δομές οι οποίες συμμετέχουν στη φωτοσύνθεση, ενώ ταυτόχρονα συνδέει το φαινόμενο με εξωγενείς παράγοντες.
- β) Η *ενεργειακή διάσταση* της φωτοσύνθεσης αναφέρεται στη σημασία της φωτεινής ενέργειας για την πραγματοποίησή της.
- γ) Η *βιοχημική διάσταση* της φωτοσύνθεσης αναφέρεται στις χημικές αντιδράσεις που συμβαίνουν κατά τη φωτοσύνθεση, όπου κάποιες χημικές ουσίες μετατρέπονται σε κάποιες άλλες.
- δ) Η *οικολογική διάσταση* περιγράφει την έννοια της αυτοτροφίας και την εν γένει σημασία της φωτοσύνθεσης για το οικοσύστημα, μιας και μέσω αυτής πραγματοποιείται η πρωτογενής εισαγωγή συστατικών, αλλά και ενέργειας στα οικοσυστήματα.

Εκτενής έρευνα περί της αλληλοσύνδεσης των πτυχών της φωτοσύνθεσης (Waheed & Lucas, 1992), έδειξε ότι αν και μπορεί να γνωρίζουν οι μαθητές κάποιες μεμονωμένες πτυχές της (π.χ. ενεργειακή, οικολογική), μονάχα ένα πολύ μικρό ποσοστό είναι σε θέση να τις συνδέσει μεταξύ τους, όταν καλείται να περιγράψει φαινόμενα που σχετίζονται με αυτήν (Μάτσα, 2007).

Επίσης, η φωτοσύνθεση είναι μια διαδικασία, που για να καταστεί κατανοητή πρέπει να μελετηθεί σε δύο επίπεδα: στο κυτταρικό και το οργανισμικό (Ζόγκζα, 2006).

A) Κυτταρικό επίπεδο: Η φωτοσύνθεση ως λειτουργία προϋποθέτει ειδικές δομές, όπως είναι τα καταφρακτικά κύτταρα, τα στόματα των φύλλων, και οι χλωροπλάστες.

B) Επίπεδο οργανισμού: Αναφέρεται στη θρέψη ολόκληρου του οργανισμού από τα σάκχαρα που παράγονται στα κύτταρα των πράσινων μερών των φυτών.

Ακόμη, η φωτοσύνθεση είναι (μεταξύ των άλλων) μια διαδικασία, η οποία συνδέει τους αβιοτικούς με τους βιοτικούς παράγοντες ενός οικοσυστήματος (Waheed & Lucas, 1992 όπ. αναφ. στο Μάτσα, 2007), γεγονός που προσθέτει ένα ακόμη επίπεδο δυσκολίας στην κατανόηση της.

Στις μέρες μας, είναι ευρέως αποδεκτό ότι για να καταστεί αποτελεσματική η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών πρέπει να παρέχει δραστηριότητες, οι οποίες θα βοηθήσουν τους μαθητές να κάνουν το «ταξίδι» από τις τρέχουσες αντιλήψεις τους, προς μία πιο επιστημονικά υποστηριζόμενη άποψη (Driver et al., 1993). Με άλλα λόγια, προκειμένου να επιτευχθεί αποσταθεροποίηση των εναλλακτικών ιδεών στους μαθητές πρέπει να παρουσιαστούν ισχυρά στοιχεία που αντικρούουν τις απόψεις τους. Ο τρόπος παρουσίασης αυτών των στοιχείων είναι εξίσου σημαντικός με τα στοιχεία.

Όσον αφορά στην έννοια της φωτοσύνθεσης, οι εναλλακτικές απόψεις των μαθητών έχουν καταγραφεί με πολλούς και διαφορετικούς τρόπους: συνεντεύξεις, επιλογή απαντήσεων σε ερωτήματα πολλαπλής επιλογής, και ερμηνείες καταστάσεων (Bell & Book, 1984; Bell, 1985; Stavy et al., 1987; Oldham et al., 1991; Baker, 1995; Ζόγκζα & Οικονομοπούλου, 1996 όπ. αναφ. στο Ζόγκζα, 2006). Οι περισσότεροι μαθητές με βάση τις έρευνες φάνηκε ότι έχουν ασαφείς και συγκεχυμένες αντιλήψεις για τη φωτοσύνθεση και το ρόλο που παίζει στην αύξηση και ανάπτυξη των φυτών. Οι εναλλακτικές ιδέες που αποτέλεσαν τα σημαντικότερα εμπόδια στην επίτευξη βιολογικής κατανόησης της φωτοσύνθεσης επικεντρώθηκαν σε δύο όρους: τη «τροφή» και το «φως» (Bishop et al., 1986).

B.3.1. Αυτοτροφική σίτιση των φυτών

Πολλοί ερευνητές υποστήριξαν ότι οι μαθητές έχουν αρκετές εναλλακτικές ιδέες σχετικά με τον όρο τροφή, και δη την τροφή των φυτών (Simpson & Arnold, 1982; Roth et al., 1983; Barker, 1995; Driver et al., 1998; Ζόγκζα, 2007 όπ. αναφ. στο Χαλκιά, 2008). Ένας βασικός λόγος για αυτό είναι -μεταξύ άλλων- ότι ο όρος «τροφή» (το σημαίνουν) έχει διαφορετικά σημαινόμενα σε διαφορετικά πλαίσια. Με άλλα λόγια, η λέξη «τροφή» έχει διαφορετικές σημασίες στο καθημερινό και στο επιστημονικό επίπεδο. Επιπλέον, δεν προσφέρονται

εναλλακτικοί όροι, ώστε να μπορέσουν οι μαθητές να τους χρησιμοποιήσουν σε συγκεκριμένο πλαίσιο, καθημερινό ή επιστημονικό αντίστοιχα (Χαλκιά, 2006). Φερ' ειπείν, οι βιολόγοι χρησιμοποιούν τον όρο τροφή για να περιγράψουν μια τάξη χημικών ενώσεων (οργανικών), που μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους οργανισμούς ως πηγή ενέργειας. Αντίθετα, οι μαθητές ορίζουν τη τροφή με μια ευρύτερη και περισσότερο ασαφή έννοια (Bishop et al., 1986). Για παράδειγμα, για αυτούς τα υλικά με υψηλή περιεκτικότητα σε ενέργεια (υδατάνθρακες, λίπη, πρωτεΐνες) ταξινομούνται ως τροφή, αλλά ο ίδιος ορισμός καλύπτει και μέταλλα, βιταμίνες, νερό και ακατέργαστα υλικά (Barker & Carr, 1989). Δηλαδή, πολλοί μαθητές χρησιμοποιούν τον όρο τροφή, τόσο για τη γλυκόζη, όσο και για τα θρεπτικά συστατικά (Ζόγκζα & Οικονομοπούλου), ενώ άλλοι ορίζουν ως τροφή την ενέργεια. Έτσι γίνεται φανερό ότι η έννοια της τροφής είναι μεταβλητή και εξαρτάται από το περιβάλλον στο οποίο χρησιμοποιείται (Barker, 1985 όπ. αναφ. στο Barker & Carr, 1989). Αυτό καθιστά σχεδόν ακατανόητη την πρόταση «τα φυτά φτιάχνουν τη τροφή τους». Επιπλέον, οι χημικοί τύποι που περιγράφουν τη φωτοσύνθεση θεωρούνται από τους μαθητές απομονωμένες πληροφορίες, που πρέπει να απομνημονευθούν (Bishop et al., 1986). Μάλιστα, οι μαθητές συχνά έδιναν μια μη λειτουργική εξήγηση για την αναγκαιότητα της τροφής, υποστηρίζοντας ότι η τροφή είναι αναγκαία για να κρατά τα ζώα και τα φυτά στη ζωή, χωρίς όμως να κάνουν αναφορά στο μεταβολικό της ρόλο (Driver et al., 2000).

Πολύχρονες έρευνες έδειξαν ότι οι περισσότεροι μαθητές μέσα από τη βιωματική τους εμπειρία είχαν αποδώσει έναν ετερότροφο τρόπο θρέψης στα φυτά, ανάλογο με αυτό των ζώων. Αυτός ο τρόπος θρέψης είχε υποστηριχθεί και από πολλούς επιστήμονες μέχρι τις αρχές του 20^{ου} αιώνα, ώσπου αποδείχτηκε η σημασία της φωτοσύνθεσης (Barker, 1995). Οι μαθητές προσδιόριζαν ως πιθανές πηγές τροφής το έδαφος, τον αέρα, τον ήλιο (Barker & Carr, 1989a; Oldham et al., 1991; Ζόγκζα & Οικονομοπούλου, 1999 όπ. αναφ. στο Ζόγκζα, 2006). Συνηθέστερη εναλλακτική ιδέα ήταν αυτή του εδάφους (Roth et al., 1983; Wandersee, 1983; Bell, 1985; Eisen & Stavy, 1988; Barker & Carr, 1989; Wood- Robinson, 1991 όπ. αναφ. στο Marmaroti & Galanopoulou, 2006). Για παράδειγμα, στο πρόβλημα της αύξησης του βάρους ενός φυτού, όταν αναζητείτο η προέλευση του παραπάνω βάρους, οι μαθητές απαντούσαν ότι «όσο βάρος παίρνει το φυτό, τόσο χάνει το χώμα». Ακόμη ανέφεραν ότι το φυτό «ρουφά» την τροφή με τις ρίζες του (Ζόγκζα, 2006). Ωστόσο, αν και τροφή των φυτών θεωρούνταν τα θρεπτικά συστατικά του περιβάλλοντος, σπάνια γινόταν αναφορά στα συστατικά του αέρα (Ζόγκζα, 2006), καθώς αυτό απαιτούσε οι μαθητές να καταλάβουν και να πιστέψουν ότι ένα αέριο είναι μια ουσία που έχει μάζα (Stavy et al., 1987). Όμως, οι μαθητές θεωρούσαν πως τα αέρια (π.χ. διοξείδιο του άνθρακα) δεν έχουν υλική υπόσταση. Αυτή η αντίληψη επιτείνονταν από το γεγονός ότι το CO₂ δεν γίνεται άμεσα αντιληπτό από τις αισθήσεις (Χαλκιά, 2006).

Αξιοσημείωτο είναι ότι παρά τη σχολική διδασκαλία, οι μαθητές εξακολουθούσαν να πιστεύουν ότι το φυτό είναι σαν ένα ζώο που στηρίζεται στο έδαφος με τις ρίζες του και τρέφεται από αυτές (Χατζηνικήτα, 2001β όπ. αναφ. στο Μάτσα, 2007). Έτσι, το ετερότροφο μοντέλο θρέψης αποδείχθηκε ιδιαίτερα ανθεκτικό ακόμη και μετά τη διδασκαλία. Σε πολλές μελέτες, μάλιστα, δείχθηκε ότι παρόλο που μπορεί να απομνημόνευαν οι μαθητές μηχανικά τη φωτοσύνθεση στο σχολείο, καλούμενοι να απαντήσουν για το ποια είναι η τροφή των φυτών, επέμεναν ότι είναι οι «θρεπτικές ουσίες», που παίρνει από το έδαφος μέσω των ριζών του (Χατζηνικήτα, 2001β όπ. αναφ. στο Μάτσα, 2007), ή όταν τους ρωτούσε κανείς άτυπα,

χωρίς το φόβο του βαθμού, (είτε πολύ καιρό μετά τη διδασκαλία) επανέρχονταν πάλι στην αρχική αυτή διαισθητική άποψη (Vosniadou, 1994 όπ. αναφ. στο Καριώτογλου, 2006), ενώ ελάχιστοι κατανοούσαν ότι η τροφή παράγεται μόνο μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης (Μαυραγάνη, 2012). Ευρήματα της μελέτη του Barker (1985) αποκάλυψαν ότι μέχρι και το 54% των μαθητών στη Νέα Ζηλανδία δέχονταν ότι τα προϊόντα της φωτοσύνθεσης είναι η πραγματική τροφή των φυτών, χωρίς ωστόσο αυτό να αποτελέσει εμπόδιο για να θεωρήσουν ως τροφή και τις ουσίες που προέρχονται από το περιβάλλον (Baker, 1985 όπ. αναφ. στο Cañal, 1999).

Αξίζει να σημειωθεί ότι η πλειονότητα των μαθητών θεωρούσε ως όργανα θρέψης του φυτού τις ρίζες και όχι τα φύλλα (και τα άλλα πράσινα μέρη του), σε αντιστοιχία πάλι με το αναλογικό μοντέλο του ετερότροφου τρόπου θρέψης των ζώων. Αυτή η παρανόηση είναι πολύ πιθανό να οφείλεται στο ανιμιστικό και ανθρωπομορφικό τρόπο σκέψης που παρουσιάζουν οι μαθητές (Watts & Bentley, 1994; Ζόγκζα & Οικονομοπούλου, 1999 όπ. αναφ. στο Μάτσα, 2007). Οι μαθητές θεωρώντας τον άνθρωπο ως το κέντρο της δημιουργίας υπέθεταν ότι αυτός έχει τον πλήρη έλεγχο του περιβάλλοντός. Είναι δύσκολο για αυτούς να δεχτούν ότι η ανθρώπινη ζωή εξαρτάται από την ύπαρξη φυτών. Συνήθως, τείνουν να σκέφτονται τα φυτά ως εξαρτώμενα από τον άνθρωπο κι όχι το αντίστροφο (Eisen & Stavy, 2014).

Οι Arnold και Simpson συνοψίζοντας τις απαιτήσεις που δημιουργούνται από την αφηρημένη και περίπλοκη έννοια της φωτοσύνθεσης, επεσήμαναν πως οι μαθητές χρειάζονται να κατανοήσουν ότι ένα στοιχείο, ο άνθρακας (ο οποίος είναι στερεός σε καθαρή μορφή) υπάρχει στο διοξείδιο του άνθρακα (το οποίο είναι ένα άχρωμο αέριο και περιέχεται στον ατμοσφαιρικό αέρα), και ότι αυτό το αέριο μετατρέπεται σε γλυκόζη (ένα στερεό, αλλά σε διάλυμα) από ένα πράσινο φυτό, όταν υδρογόνο (ένα αέριο) από νερό (ένα υγρό) προστεθεί σε αυτό, χρησιμοποιώντας φωτεινή ενέργεια, που στη συνέχεια μετατρέπεται σε χημική ενέργεια (Driver et al., 1993). Οι Barker και Carr τόνισαν το πόσο «ασυνήθιστη και μη διαισθητική είναι η έννοια της φωτοσύνθεσης». Η αλληλουχία των γεγονότων της έχει τα «στοιχεία παραμυθιού», ενώ περισσότερο ευλογοφανής φαίνεται να είναι η πιθανότητα τα φυτά να απορροφούν την τροφή τους από το έδαφος (Driver et al., 1993).

B.3.2. Ο «εναλλακτικός» ρόλος του φωτός

Όσον αφορά στο ρόλο του φωτός, έρευνες κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι οι μαθητές βρίσκονταν σε σύγχυση σχετικά με το ρόλο που παίζει στην αύξηση και ανάπτυξη των φυτών. Αν και πίστευαν ότι τα φυτά χρειάζονταν φως για να ζήσουν και να αναπτυχθούν, πολύ λίγοι μπόρεσαν να ορίσουν τη λειτουργία του φωτός για τα πράσινα φυτά. Για παράδειγμα, οι περισσότεροι σκέφτονταν ως αιτία θανάτου κάποιο είδος ασθένειας (που προκαλείται από την έλλειψη του φωτός) κι όχι την πείνα, που προκαλείται εξαιτίας της αδυναμίας του φυτού να φτιάξει την τροφή του (Bishop et al., 1986). Έδιναν μη λειτουργικές εξηγήσεις, εστιαζόμενοι στις επιδράσεις του φωτός στα φυτά, και όχι στον τρόπο που τα φυτά χρησιμοποιούν το φως (Bell, 1985).

B.3.3. Ο «ξεχασμένος» μετασχηματισμός ενέργειας

Κι ο μετασχηματισμός ενέργειας, δηλαδή η αλλαγή της ενέργειας από τη μία μορφή στην άλλη, αποτελεί βασική ιδέα στη φωτοσύνθεση ([American Association for the Advancement of Science, 1993](#); [National Research Council, 1996](#) όπ. αναφ. στο [Ryoo & Linn, 2012](#)). Για να κατανοήσουν πλήρως τη φωτοσύνθεση, λοιπόν, οι μαθητές πρέπει να αντιληφθούν τη σχέση μεταξύ μετασχηματισμού ενέργειας και ανάπτυξης των φυτών ([Kesidou & Roseman, 2002](#); [Stern & Roseman, 2004](#) όπ. αναφ. στο [Ryoo & Linn, 2012](#)). Ωστόσο, η κατανόηση του μετασχηματισμού της ενέργειας είναι δύσκολη για τους μαθητές της μέσης εκπαίδευσης για δύο λόγους. Πρώτον, η διαδικασία της μετατροπής της φωτεινής ενέργειας σε χημική ενέργεια κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης είναι αφηρημένη και μη παρατηρίσιμη ([Roseman et al., 2010](#) όπ. αναφ. στο [Ryoo & Linn, 2012](#)). Δεύτερον, απαιτεί από τους μαθητές να καταλάβουν ότι η φωτεινή ενέργεια παρέχει την ενέργεια ενεργοποίησης για την αντίδραση μεταξύ των μορίων του διοξειδίου του άνθρακα και των μορίων νερού και ουσιαστικά χρησιμοποιείται για να σπάσει τους δεσμούς αυτών των μορίων ([Ryoo & Linn, 2012](#)).

Συνάμα, η έλλειψη σαφών αναπαραστάσεων μετασχηματισμού ενέργειας έχει ως συνέπεια την αδυναμία των μαθητών να κάνουν συνδέσεις μεταξύ ενεργειακών ζητημάτων σε διάφορα θέματα της επιστήμης, όπως η κυτταρική αναπνοή και τα οικοσυστήματα ([Kesidou & Roseman, 2002](#); [Stern & Roseman, 2004](#); [Kose, 2008](#); [Nordine et al., 2011](#) όπ. αναφ. στο [Ryoo & Linn, 2012](#)). Για παράδειγμα, όταν τα βιβλία εισάγουν την ιδέα ότι τα φυτά απελευθερώνουν ενέργεια από τη γλυκόζη κατά τη διάρκεια της κυτταρικής αναπνοής, οι μαθητές πρέπει να συνδέσουν αυτές τις πληροφορίες με τον μετασχηματισμό ενέργειας στη φωτοσύνθεση και να καταλάβουν ότι η ενέργεια αρχικά προέρχεται από τον ήλιο. Χωρίς μια ολοκληρωμένη κατανόηση του μετασχηματισμού της ενέργειας στη φωτοσύνθεση, οι μαθητές δεν είναι σε θέση να αξιοποιήσουν τις γνώσεις τους για την ενέργεια και να κατανοήσουν πώς πηγάζει η ενέργεια σε ένα οικοσύστημα ([Kesidou & Roseman, 2002](#); [Stern & Roseman, 2004](#) όπ. αναφ. στο [Ryoo & Linn, 2012](#)).

B.3.4. Ο «εναλλακτικός» ρόλος της χλωροφύλλης

Τα ερευνητικά ευρήματα υποστηρίζουν ότι οι μαθητές θεωρούσαν τη χλωροφύλλη ως μια ουσία της τροφής, ένα αποθηκευμένο προϊόν, μια ζωτική ουσία όπως το αίμα, κάτι το οποίο κάνει τα φυτά δυνατά ή ως κάτι που διασπά το άμυλο ([Driver et al., 1993](#)). Κάποιοι, μάλιστα, είχαν την ανθρωποκεντρική άποψη ότι υπάρχει απλώς για να κάνει τα φύλλα πράσινα και ωραία. Ο ρόλος της χλωροφύλλης στην απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας φάνηκε ότι γινόταν σπάνια αποδεκτός από τους μαθητές, ακόμη και μετά τη διδασκαλία ([Driver et al., 1993](#)).

Συμπερασματικά, έχει καταστεί σαφές ότι οι δυσκολίες των μαθητών στην κατανόηση της φωτοσύνθεσης οφείλονται κυρίως στις εναλλακτικές ιδέες τους σχετικά με τις εξής βασικές έννοιες ([Marmaroti & Galanopoulou, 2006](#)):

- Πολλοί μαθητές θεωρούν το φως είτε ως ένα είδος φυτικής τροφής, είτε απλώς ως κάτι απαραίτητο για την υγεία του φυτού (Cañal, 1999). Στη δεύτερη περίπτωση το φως είναι απαραίτητο για την υγεία των πράσινων φυτών και τη δύναμή τους, καθώς, απουσία του, τα φυτά γίνονται αδύναμα και καταλήγουν να πεθαίνουν (Näs, 2010).
- Εμφανίζουν ανεπαρκή κατανόηση της λειτουργίας της ηλιακής ενέργειας, αναφερόμενοι κυρίως στη θερμότητα του ήλιου, και όχι στη φωτεινή ενέργεια (Ζόγκζα, 2006).
- Δεν αντιλαμβάνονται τη μετατροπή της φωτεινής ενέργειας σε χημική, μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης, καθώς και την εμπλοκή της χλωροφύλλης (Ζόγκζα, 2006).
- Συχνά θεωρούν ότι τα φυτά παίρνουν μεταλλικά στοιχεία από το έδαφος και πιστεύουν ότι αυτά είναι η τροφή τους ή ότι συνεισφέρουν άμεσα στη φωτοσύνθεση (Driver et al., 1993). Οι ουσίες που απορροφούν από τη γη σχηματίζουν τον ακατέργαστο χυμό, που μετακινείται μέσω του μίσχου και επιτρέπει στο φυτό να αναπτυχθεί και να εκτελέσει τις άλλες ζωτικές λειτουργίες του (Canal, 1999). Η καθημερινή αναφορά στα λιπάσματα ως «τροφή των φυτών» ενισχύει την ιδέα τους αυτή (Driver et al., 1993).
- Η φωτοσύνθεση θεωρείται όχι ως κάτι το σημαντικό για τα ίδια τα φυτά, αλλά ως κάτι που τα φυτά κάνουν για το καλό των ανθρώπων και των ζώων, κυρίως δε σε σχέση με την ανταλλαγή των αερίων (Driver et al., 1993).

B.4. Τεκμηρίωση

Το σχολείο μας προετοιμάζει για τη ζωή

σε έναν κόσμο που δεν υπάρχει.

(Άλμπερ Καμύ, 1913-1960)

Ήδη από το 1996, οι Sherrit και Bassom διαπίστωσαν πως αν και τα σχολεία στη βιομηχανική εποχή εκπαίδευαν επιτυχώς τους μαθητές, στην εποχή της πληροφορίας είναι αναποτελεσματικά, πιθανά λόγω αλλαγών συνθηκών εργασίας και κοινωνικών απαιτήσεων (Sherrit & Bassom, 1996 όπ. αναφ. στο Νικολακοπούλου, 2014). Στην ίδια πεπατημένη περί αναποτελεσματικότητας είχε κινηθεί και η δήλωση του Γενικού Γραμματέα HEW (Health Education Welfare) της Καλιφόρνια, ο οποίος υποστήριξε ότι η εκπαίδευση σήμερα είναι μνημειωδώς αναποτελεσματική, καθώς δίνουμε στους νέους κομμένα λουλούδια, τη στιγμή που θα έπρεπε να μαθαίνουν πως να τα καλλιεργούν (Gardner, 1912-2002).

Οι διαπιστώσεις αυτές δεν είναι κινδυνολογικές. Αδιάσειστα στοιχεία υπέρ τους είναι οι επιδόσεις των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες, οι οποίες, αν μη τι άλλο, δεν είναι καλές (Gökhan et al., 2012). Η έρευνα PISA 2015 έδειξε ότι στην πλειοψηφία των χωρών δεν σημειώθηκαν σημαντικές μεταβολές στις μαθητικές επιδόσεις συγκριτικά με το 2006 (παρά μόνο μικρές πτώσεις μη στατιστικά σημαντικές). Φυσικά, δεν απουσίαζαν κάποιες χώρες-φωτεινές εξαιρέσεις. Στον ελληνικό χώρο τα ευρήματα συνεχίζουν να είναι δυσοίωνα, καθώς η Ελλάδα παραμένει στην ομάδα των χωρών του ΟΟΣΑ με επιδόσεις χαμηλότερες του μέσου όρου¹⁴.

Οι χαμηλές μαθητικές επιδόσεις, συνδυαζόμενες με την έκδηλη έλλειψη ενδιαφέροντος από την πλευρά των μαθητών (Csermely et al., 2007), ενίσχυσαν την ανάγκη ανάπτυξης διδακτικών δραστηριοτήτων για τη προσέλκυση του μαθητικού ενδιαφέροντος. Αρκετές μελέτες πρότειναν διάφορες προσεγγίσεις για την καλύτερη κατανόηση των Φυσικών Επιστημών (Ross et al., 2005; Akpinar, 2007), μεταξύ των οποίων τη διερευνητική μάθηση (O'Connell, 2008; Ray & Beardsley, 2008; Käpylä et al. 2009; Günes et al., 2011), τη δραματική μέθοδο (Carlsson, 2003), και τη χρήση της τεχνολογίας (Kici, 2012).

Μάλιστα, δεδομένου ότι οι πληροφορίες αφομοιώνονται βέλτιστα χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικούς υπολογιστές (Μιχαήλ και συν., 2012), κρίθηκε αναγκαία η ενσωμάτωση των τεχνολογικών εφαρμογών στην εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών (Ασωνίτης, 2016). Επίσης, λαμβάνοντας υπόψη τις εκκλήσεις τόσο του National Science Education Standards, όσο και του Benchmarks for Science Literacy, που καλούν τους εκπαιδευτικούς να υιοθετήσουν μια «μεθοδολογία διερεύνησης» για τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών (Weinburgh, 2003), επιλέχθηκε η διερευνητική διδακτική προσέγγιση για τη διδασκαλία της φωτοσύνθεσης.

Φυσικά, η διερευνητική προσέγγιση μπορεί να εφαρμοσθεί με πολλούς τρόπους, ωστόσο τα περιβάλλοντα μάθησης με υπολογιστή έχουν αναγνωριστεί ως ένα από τα καλύτερα, διότι εμφανίζουν πλεονεκτήματα συγκριτικά με παραδοσιακά μέσα (de Jong 2006a; Gerjets et al.

¹⁴ PISA 2015 Results, Excellence and Equity in Education

2008; Furtak et al. 2012; Rubin, 1996 όπ. αναφ. στο Γκιόλμα, 2013). Ειδικότερα, η έρευνα έχει αποφανθεί ότι τα υπολογιστικά περιβάλλοντα μάθησης, εαν είναι κατάλληλα σχεδιασμένα, έχουν θετικό αντίκτυπο στη μάθηση (Saidin et al., 2015), και μάλιστα, μπορούν να ενισχύσουν περαιτέρω τα μαθησιακά επιτεύγματα της διερευνητικής προσέγγισης (van Joolingen & Zacharia 2009; Alfieri et al. 2011; Slavin et al. 2014). Βελτιώνουν τις δεξιότητες έρευνας, όπως τον εντοπισμό προβλημάτων, τη διατύπωση ερωτήσεων και υποθέσεων, τον προγραμματισμό και τη διεξαγωγή πειραμάτων, τη συλλογή και ανάλυση δεδομένων, την παρουσίαση των αποτελεσμάτων, και την εξαγωγή συμπερασμάτων (Mäeots et al., 2008 όπ. αναφ. στο Pedaste et al., 2015). Συνολικά, η τεχνολογία ενισχύει την διερευνητική διδακτική προσέγγιση (Blumenfeld et al., 1991) μέσω:

- Διέγερσης του ενδιαφέροντος και κινητοποίησης των κινήτρων των μαθητών.
- Παροχής πρόσβασης σε πληροφορίες.
- Διάγνωσης και διόρθωσης σφαλμάτων.
- Διαχείρισης της πολυπλοκότητας.

Όλα αυτά τα ερευνητικά δεδομένα οδήγησαν τη συγγραφέα της παρούσας μελέτης στην επιλογή της διαδικτυακής πλατφόρμας Go-Lab, η οποία στηρίζεται στη παιδαγωγική προσέγγιση της διερεύνησης για τη διδασκαλία της φωτοσύνθεσης. Όσον αφορά την επιλογή της συγκεκριμένης διδακτικής ενότητας (έναντι οποιαδήποτε άλλης) έγινε εξαιτίας του γεγονότος ότι η φωτοσύνθεση αποτελεί μια βασική διαδικασία στη διδασκαλία της Βιολογίας, αλλά ταυτόχρονα και ένα πολύπλοκο φαινόμενο στο οποίο οι μαθητές εμφανίζουν πληθώρα εναλλακτικών ιδεών σε όλα τα επίπεδα της σχολικής εκπαίδευσης. Τέλος, ο έλεγχος που θα πραγματοποιηθεί σχετικά με το εάν τα πιθανά μαθησιακά οφέλη από τη χρήση της πλατφόρμας Go-Lab είναι φυλετικά καθοριζόμενα, οφείλεται στο γεγονός πως, από τη βιβλιογραφία, αν και υποστηρίζεται ότι η βελτίωση των μαθητικών επιδόσεων από τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή είναι ανεξάρτητη από το φύλο, μελέτες ισχυρίζονται ότι η βελτίωση αυτή είναι υψηλότερη για τα αγόρια, σε σύγκριση με τα κορίτσια.

B.4.1. Σημαντικότητα έρευνας

Η διεξαγωγή της παρούσας έρευνας κρίνεται απαραίτητη, καθότι διαπιστώθηκε στη βιβλιογραφία έλλειψη ερευνών για την αξιολόγηση της χρήσης της διαδικτυακής πλατφόρμας Go-Lab στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η παρούσα έρευνα αποτελεί αφετηρία ενός γενικότερου προβληματισμού για τον βαθμό αποτελεσματικότητας της πλατφόρμας Go-lab στο πεδίο εφαρμογής νέων εκπαιδευτικών καινοτομιών, αφού ως σήμερα απουσίαζαν σχετικές έρευνες. Συνάμα, η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της στην εκπαιδευτική πρακτική αποτελεί αδήριτη ανάγκη, καθότι το πρόγραμμα Go-Lab βρίσκεται σε επόμενο στάδιο (Next-Lab), χωρίς πρωτίστως να έχει υπάρξει αξιολόγηση της αποτελεσματικότητάς του.

B.4.2. Σκοπός

Η παρούσα έρευνα στοχεύει να διερευνήσει αν η εφαρμογή της διερευνητικής διδακτικής προσέγγισης, με την ταυτόχρονη παροχή κατάλληλης τεχνολογικής υποστήριξης, μπορεί να έχει θετικό αντίκτυπο στη κατανόηση των μαθητών σχετικά με τη φωτοσύνθεση.

B.4.3. Ερευνητικά ερωτήματα

Με βάση την πρότερη βιβλιογραφική ανασκόπηση διατυπώθηκαν τα εξής ερευνητικά ερωτήματα:

1. Η διδασκαλία της φωτοσύνθεσης μέσω της πλατφόρμας Go-Lab επιφέρει θετικά μαθησιακά οφέλη; και
2. Η αποτελεσματικότητα της χρήσης της πλατφόρμας Go-Lab επηρεάζεται από το φύλο;

B.4.4. Ερευνητική υπόθεση

Με βάση τα ερευνητικά ερωτήματα διατυπώθηκε η εξής υπόθεση:

H₁: «Η διδασκαλία της φωτοσύνθεσης μέσω της πλατφόρμας Go-Lab επιφέρει θετικά μαθησιακά αποτελέσματα, ανεξαρτήτως φύλου».

Γ. Μεθοδολογία έρευνας

Η επιλογή του μεθοδολογικού πλαισίου για τη συλλογή των δεδομένων σχετίζεται άμεσα με το σκοπό και τους στόχους της έρευνας (Bird et al., 1999; Faulkner et al., 1999, όπ. αναφ. στο Φλαμπούρη, 2009). Στη παρούσα διπλωματική εργασία επιλέχθηκε η ποσοτική ανάλυση μιας μελέτης περίπτωσης. Η κατηγοριοποίηση της παρούσας έρευνας ως μελέτης περίπτωσης έγκειται στο μικρό (και βολικό) αριθμό υποκειμένων της έρευνας, καθώς και στο περιορισμένο εύρος των πτυχών του ζητήματος που πραγματεύεται (μελέτη μόνο των μαθησιακών αποτελεσμάτων στην προσπάθεια αξιολόγησης της αποτελεσματικότητας της πλατφόρμας Go-Lab κι όχι των δεξιοτήτων ή και των στάσεων των μαθητών), αλλά και στην ιδιαιτερότητα της πλατφόρμας Go-Lab που παρουσιάστηκε προηγουμένως.

Η περιπτώσιολογική μελέτη, όντας ένα συγκεκριμένο επιστημονικό παράδειγμα που συχνά σχεδιάζεται για να σκιαγραφήσει μια γενικότερη κατάσταση (Nisbet & Watt, 1984 όπ. αναφ. στο Cohen et al., 2008), αποτελεί «τη μελέτη ενός περιστατικού εν τη εξελίξει του» (Adelman et al., 1980 όπ. αναφ. στο Cohen et al., 2008). Συνήθως, το συγκεκριμένο περιστατικό είναι τμήμα ενός ευρύτερου συστήματος. Συνιστά ένα μοναδικό παράδειγμα πραγματικών προσώπων σε πραγματικές καταστάσεις, δίνοντας τη δυνατότητα στους αναγνώστες να κατανοήσουν έννοιες πιο ξεκάθαρα έναντι της απλής παρουσίασης τους με αφηρημένες θεωρίες (Cohen et al., 2008). Είναι κατάλληλη για νέους ερευνητικούς τομείς ή ερευνητικούς τομείς στους οποίους η υπάρχουσα θεωρία είναι ανεπαρκής (Eisenhardt, 1989).

Στις αρνητικές επιπτώσεις της χρήσης της συγκαταλέγεται το γεγονός πως παρέχει πολύ λίγη βάση για επιστημονική γενίκευση, θέτοντας το ερώτημα του «πώς μπορεί να γενικευθεί μια μεμονωμένη περίπτωση» (Yin, 1984), και να εξαχθούν συμπεράσματα για το γενικότερο πληθυσμό, όταν η επιλογή του δείγματος δεν είναι αντιπροσωπευτική. Η αδυναμία της αυτή δεν πρέπει να οδηγεί σε ακραιφνείς δηλώσεις πως πρόκειται για ψευδοεπιστημονική μέθοδο, καθώς η αξία της είναι αδιαμφισβήτητη, ενώ η χρήση της ως ερευνητική στρατηγική είναι διαδεδομένη σε πλήθος ερευνητικών πεδίων (Μαγγόπουλος, 2014).

Λαμβάνοντας υπόψη τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, η παρούσα μεταπτυχιακή εργασία είναι βέβαιο ότι δεν διεκδικεί γενίκευση των ερευνητικών της ευρημάτων, ούτε ευελπιστεί σε αυτούσια αναπαραγωγή των αποτελεσμάτων της (μια άλλη ομάδα μπορεί να φαίνεται παρόμοια, αλλά δεν είναι ποτέ ακριβώς η ίδια). Ωστόσο, τα δεδομένα της είναι σημαντικά τόσο γιατί συλλέχθηκαν από την αλληλεπίδραση με τους μαθητές στο πλαίσιο της σχολικής πραγματικότητας, όσο και γιατί αποτελεί την πρώτη συλλογή δεδομένων για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της πλατφόρμας Go-Lab.

Γ.1. Δείγμα της έρευνας

Η διαδικασία της δειγματοληψίας αποτελεί σημαντικό κομμάτι του ερευνητικού σχεδιασμού, καθώς η επιλογή του δείγματος επηρεάζει τόσο την ποιότητα των δεδομένων όσο και τα συμπεράσματα της έρευνας (Ίσαρη & Πουρκός, 2015). Επειδή στο πλαίσιο μιας

μεταπτυχιακής διπλωματικής έρευνας, όπως είναι η παρούσα, οι διαθέσιμοι πόροι είναι λίγοι και η δυνατότητα πρόσβασης στον πληθυσμό είναι μικρή, η συλλογή των δεδομένων περιορίστηκε σε ένα «βολικό» δείγμα.

Η «βολική» δειγματοληψία -ή όπως μερικές φορές ονομάζεται συμπτωματική ή ευκαιριακή- περιλαμβάνει την επιλογή ατόμων που βρίσκονται πιο κοντά στον ερευνητή. Καθώς το παραπάνω δείγμα δεν είναι αντιπροσωπευτικό καμίας άλλης ομάδας, εκτός από τον εαυτό του, τα αποτελέσματα του δεν επιδέχονται κανενός είδους γενίκευση στον ευρύτερο πληθυσμό (Cohen et al., 2008).

Η παρούσα έρευνα επικεντρώθηκε στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση και συγκεκριμένα στα Ημερήσια Γενικά Λύκεια. Τον πληθυσμό μελέτης αποτελούσαν οι μαθητές της Β' Λυκείου και το δείγμα οι παρευρισκόμενοι (την ημέρα και ώρα διεξαγωγής της διδακτικής παρέμβασης) μαθητές της Β' Λυκείου του έτους 2018, σε ένα σχολείο ενός μικρού νησιού της Δωδεκανήσου και σε ένα σχολείο των δυτικών προαστείων της πρωτεύουσας. Οι συμμετέχοντες αριθμούσαν τους 92 μαθητές (31 εκ της πρωτεύουσας και 61 εκ του μικρού νησιού της Δωδεκανήσου), από τους οποίους το 40,2% (37) ήταν αγόρια και το 59,8% (55) ήταν κορίτσια (βλ. Γραφήματα 1 & 2 στο Παράρτημα Α).

Οι μαθητές/τριες χωρίστηκαν σε τμήματα των 15-16 ατόμων (4 τμήματα των 15, 2 τμήματα των 16), τα οποία ήταν ισοδύναμα όσον αφορά στο γνωστικό επίπεδο. Η γνωστική αυτή ισοδυναμία επιτευχθή μέσω του διαχωρισμού των μαθητών με βάση τις επιδόσεις τους στο ερωτηματολόγιο των Μαρμαρώτη και Γαλανοπούλου (2006), το οποίο δόθηκε πριν τη διεξαγωγή της διδακτικής παρέμβασης.

Η δεδομένη δυσκολία συνεργασίας που παρουσιάζουν διευθυντές και εκπαιδευτικοί ως προς την εκπόνηση ερευνών στο χώρο του σχολείου τους ή στο χώρο και στην ώρα του μαθήματος τους αντίστοιχα προσπελάστηκε, λόγω της στενής φιλικής σχέσης με τους υπεύθυνους εκπαιδευτικούς και της φιλικής διάθεσης των διευθυντών των σχολείων.

Γ.2. Ερευνητικά εργαλεία

Στην παρούσα εργασία επιλέχτηκε η χρήση ερωτηματολογίου, τόσο για την ανίχνευση του γνωστικού επιπέδου των μαθητών πριν τη διεξαγωγή της διδακτικής παρέμβασης, όσο και για την αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων μετά τη διδασκαλία με τη χρήση της πλατφόρμας Go-Lab.

Σε πρώτη φάση δόθηκε στους μαθητές, δύο μέρες πριν τη διεξαγωγή της διδακτικής παρέμβασης το ερωτηματολόγιο που χρησιμοποιήθηκε στην έρευνα των Μαρμαρώτη και Γαλανοπούλου (2006) με κάποιες διαφοροποιήσεις¹⁵. Το ερωτηματολόγιο ήταν κλειστού τύπου και επιλέχθηκαν 11 ερωτήσεις με απαντήσεις πολλαπλής επιλογής (επισημαίνεται ότι ζητείτο η καλύτερη δυνατή απάντηση).

Η επιλογή του συγκεκριμένου ερωτηματολογίου δικαιολογείται διότι, αφενός πρόκειται για ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου, το οποίο παρέχει άμεσα και μετρήσιμα αποτελέσματα και

¹⁵ Αφαίρεση ερωτήσεων που αφορούσαν τη σύνδεση φωτοσύνθεσης και κυτταρικής αναπνοής. Οι εναπομείνουσες ερωτήσεις ομαδοποιούνται στις εξής θεματικές: Χημική διεργασία φωτοσύνθεσης, Φωτοσύνθεση & Ενέργεια, Φωτοσύνθεση & Θρέψη, Φωτοσύνθεση & Λειτουργία Οικοσυστήματος.

αφετέρου έχει βασιστεί σε δοκιμασμένες ερωτήσεις ξένων ερευνών, που έλαβαν υπόψη τους τις προϋπάρχουσες αντιλήψεις, αλλά και παρανοήσεις των μαθητών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης σχετικά με τη θεματική της φωτοσύνθεσης.

Επιπρόσθετα, το ερωτηματολόγιο των Μαρμαρώτη και Γαλανοπούλου (2006), παρουσιάζει το πλεονέκτημα ότι σχεδιάστηκε με βάση τους στόχους του ελληνικού Αναλυτικού Προγράμματος και εφαρμόστηκε σε μαθητές ελληνικών σχολείων. Τόσο σε εκείνη την έρευνα, όσο και στην παρούσα, το δείγμα το αποτελούν μαθητές, που έχουν ήδη διδαχτεί το φαινόμενο της φωτοσύνθεσης στο σχολείο. Στην έρευνα των Μαρμαρώτη και Γαλανοπούλου το ερωτηματολόγιο διανεμήθηκε σε μαθητές της Α΄ Γυμνασίου, μετά από διδασκαλία της φωτοσύνθεσης, ενώ στην παρούσα έρευνα διανεμήθηκε σε μαθητές της Β΄ Λυκείου (που είχαν ήδη διδαχτεί το φαινόμενο της φωτοσύνθεσης στην Α΄ Γυμνασίου) πριν τη διδασκαλία της φωτοσύνθεσης για την ανίχνευση των εναλλακτικών αντιλήψεων τους και το διαχωρισμό τους σε τμήματα με βάση το γνωστικό τους επίπεδο.

Σε δεύτερη φάση μετά το πέρας της διδασκαλίας, στους μαθητές δόθηκε το ερωτηματολόγιο, το οποίο σχεδιάστηκε για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας. Το ερωτηματολόγιο αυτό απαρτίζεται από δεκαέξι κατηγορίες. Για κάθε κατηγορία χρησιμοποιήθηκαν από δύο έως οχτώ ερωτήσεις διατυπωμένες με διαφορετικό τρόπο που αξιολογούσαν τις ίδιες μεταβλητές. Οι κατηγορίες ήταν οι εξής:

1. Τα φυτά τρέφονται από το έδαφος.
2. Τα φυτά τρέφονται από το νερό.
3. Τα φυτά τρέφονται από το διοξείδιο του άνθρακα.
4. Ρόλος φωτός.
5. Ρόλος χλωροφύλλης.
6. Τόπος διεξαγωγής φωτοσύνθεσης.
7. Χρόνος διεξαγωγής φωτοσύνθεσης.
8. Αντιδρώντα και Προϊόντα φωτοσυνθετικής διαδικασίας.
9. Μετασχηματισμός ενέργειας
10. Σημασία φωτοσύνθεσης.
11. Διάκριση οργανισμών σε αυτότροφους και ετερότροφους.
12. Ρυθμός φωτοσύνθεσης.
13. Εξάρτηση ρυθμού φωτοσύνθεσης από διαθεσιμότητα νερού.
14. Εξάρτηση ρυθμού φωτοσύνθεσης από ένταση φωτεινής ακτινοβολίας.
15. Εξάρτηση ρυθμού φωτοσύνθεσης από θερμοκρασία.
16. Εξάρτηση ρυθμού φωτοσύνθεσης από συγκέντρωση διοξειδίου άνθρακα.

Κατά το σχεδιασμό του ερωτηματολογίου λήφθηκαν υπόψιν οι βασικές αρχές σχεδιασμού, έτσι ώστε να είναι όσο το δυνατό πιο σαφή τα ζητούμενα στοιχεία και πιο αξιόπιστα τα αποτελέσματα της επιστημονικής μελέτης. Οι βασικότερες αποφάσεις που έπρεπε να ληφθούν κατά την κατάρτιση των ερωτήσεων του ερωτηματολογίου ήταν το είδος των ερωτήσεων που θα χρησιμοποιηθούν και ο αριθμός τους. Επειδή δεν υπάρχει μία μόνο απάντηση στο ερώτημα αυτό, εφαρμόστηκε η αρχή ότι «οι ερωτήσεις είναι τέτοιες και τόσες, ώστε να εξασφαλιστεί η συγκέντρωση των επιθυμητών δεδομένων, τόσο σε ποιότητα όσο και σε ποσότητα» (Δημητρόπουλος, 2009 σ.69).

Ο κυριότερος λόγος που οδήγησε στην επιλογή του ερωτηματολογίου ως βασικού εργαλείου για την παρούσα έρευνα είναι ότι δίνει τη δυνατότητα να συλλεχθούν δεδομένα σε σύντομο σχετικά χρονικό διάστημα, είναι περισσότερο αξιόπιστο επειδή είναι ανώνυμο, ενθαρρύνει την ειλικρίνεια και είναι πιο οικονομικό από πλευράς κόστους (Cohen & Manion, 2000).

Από την άλλη πλευρά, δεν πρέπει να παραβλέπονται τα μειονεκτήματα του, όπως το ότι συχνά απαντάται βιαστικά και χωρίς συγκέντρωση από τους ερωτώμενους (Cohen & Manion, 2000). Σε μια προσπάθεια ελάττωσης του φαινομένου αυτού οι μαθητές υποχρεώθηκαν να συμπληρώσουν το ερωτηματολόγιο εντός μίας διδακτικής ώρας στο χώρο του σχολείου και όχι ως εργασία για το σπίτι. Επίσης, η χρήση του ερωτηματολογίου δεν δίνει τη δυνατότητα να εξηγηθούν τυχόν σημεία που οι συμμετέχοντες θα μπορούσαν να παρερμηνεύσουν (Milne, 1994). Αυτό είναι σοβαρό μειονέκτημα, δεδομένου ότι οι ίδιες ερωτήσεις μπορεί να σημαίνουν διαφορετικά πράγματα για διαφορετικά άτομα, όταν χρησιμοποιούνται μόνο κλειστού τύπου ερωτήσεις (Cohen et al., 2008). Για την άμβλυνση του φαινομένου αυτού στη πιλοτική έρευνα που προηγήθηκε έγινε έλεγχος παρερμηνειών κι αξιολόγηση της συνάφειας των απαντήσεων σε ερωτήματα διατυπωμένα με διαφορετικό τρόπο.

Γ.3. Πιλοτική μελέτη

Η πιλοτική μελέτη πραγματοποιήθηκε το Φλεβάρη του 2018 στο ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Αθηνών με την οικειοθελή συμμετοχή 10 φοιτητών. Στόχοι του ερευνητικού αυτού σταδίου ήταν:

1. η εξασφάλιση του κατάλληλου επιπέδου, τόσο στην έκφραση, όσο και στη δυσκολία των ερωτήσεων
2. ο έλεγχος παρερμηνειών στις απαντήσεις
3. η ευκολία στην αντίληψη των χρησιμοποιούμενων όρων,
4. ο τρόπος διατύπωσης των ερωτήσεων να επιτρέπει τη συλλογή των επιθυμητών στοιχείων,
5. το ερωτηματολόγιο να μην είναι ιδιαίτερα εκτενές προκαλώντας την αδιαφορία ή τον εκνευρισμό των ερωτώμενων (Javeau, 2000).

Η πιλοτική δοκιμή του ερωτηματολογίου αποσκοπούσε στη καταγραφή παρατηρήσεων και σχολίων των υποκειμένων. Η συνολική αντίδραση τους ήταν θετική. Αναλυτικότερα, η ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν έδειξε ότι η έκφραση και το γνωστικό επίπεδο των ερωτήσεων ανταποκρίνονταν στους στόχους της διδασκαλίας, ενώ δεν υπήρξε παρερμηνεία των ερωτήσεων από τους συμμετέχοντες. Αξίζει να σημειωθεί ότι προτάθηκε τρόπος βελτίωσης της εμφάνισης του ερωτηματολογίου, ο οποίος και υιοθετήθηκε.

Γ.4. Η φωτοσύνθεση στα σχολικά εγχειρίδια

Πριν παρουσιαστεί η διδακτική παρέμβαση για τη διδασκαλία της Φωτοσύνθεσης, όπως αυτή σχεδιάστηκε για τις ανάγκες της παρούσας πτυχιακής εργασίας, ακολουθεί σχολιασμός του τρόπου παρουσίασής της στο σχολικό εγχειρίδιο. Όπως έχει ήδη ειπωθεί, η

φωτοσύνθεση θεωρείται ένα από τα κύρια θέματα της σχολικής βιολογίας, με αποτέλεσμα να συμπεριλαμβάνεται σε κάθε αναλυτικό πρόγραμμα δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (Marmaroti & Galanopoulou, 2006).

Στο σχολικό εγχειρίδιο της Β' Λυκείου, περιλαμβάνονται οι εξής υποενότητες:

1. Αυτότροφοι & Ετερότροφοι οργανισμοί
2. Σημασία φωτοσύνθεσης
3. Το φύλλο ως όργανο φωτοσύνθεσης των φυτών
4. Ορατό φως-φωτοσυνθετικές χρωστικές
5. Πορεία της φωτοσύνθεσης
6. Παράγοντες που επηρεάζουν το ρυθμό της φωτοσύνθεσης

Συγκεκριμένα, στην πρώτη υποενότητα δίδεται ο ορισμός της φωτοσύνθεσης και γίνεται διάκριση των οργανισμών σε αυτότροφους και ετερότροφους, ενώ αναφέρονται και ποιοι είναι οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί. Αξίζει στο σημείο αυτό να σημειωθεί η χρήση του όρου «φωτεινή» κι όχι «ηλιακή» ενέργεια, όπως γινόταν σε αντίστοιχη διδακτική ενότητα στο Γυμνάσιο.

Η επόμενη υποενότητα πραγματεύεται τη σημασία της φωτοσύνθεσης για όλους τους οργανισμούς. Έτσι η οικολογική πτυχή της φωτοσύνθεσης καλύπτεται πλήρως στη Β' Λυκείου, καθώς τονίζεται ότι (σελ. 93): «Όλοι σχεδόν οι οργανισμοί πάνω στον πλανήτη μας εξαρτώνται άμεσα ή έμμεσα από τη φωτοσύνθεση. Οι σύνθετες οργανικές ουσίες που παράγονται από τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς αποτελούν, μέσω των τροφικών αλυσίδων, πηγές θρεπτικών ουσιών για τους ετερότροφους οργανισμούς».

Ακολουθεί αναφορά στο πού πραγματοποιείται η φωτοσύνθεση και περιγραφή του κύριου (φύλλο), αλλά όχι μοναδικού φωτοσυνθετικού οργάνου των φυτών. Έπεται εκτενής αναφορά στα είδη της φωτεινής ακτινοβολίας που συμμετέχουν στη διαδικασία της φωτοσύνθεσης στην υποενότητα «Ορατό φως-Φωτοσυνθετικές χρωστικές».

Στη συνέχεια, γίνεται αναλυτική αναφορά των σταδίων της φωτοσύνθεσης. Ωστόσο, η αναφορά στο σχολικό βιβλίο στον κύκλο αφομοίωσης του άνθρακα με τον όρο «σκοτεινές αντιδράσεις», είναι παραπλανητική και ανακριβής, οδηγώντας τους μαθητές πολλές φορές στην παρανόηση ότι η φωτοσύνθεση συμβαίνει στο σκοτάδι στα πράσινα φυτά (Storey, 2015).

Τέλος, μελετώνται οι σημαντικότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση της φωτοσύνθεσης, δηλαδή η θερμοκρασία, η ένταση του φωτός, η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα, η διαθεσιμότητα του νερού, αλλά και των ανόργανων αλάτων.

Αξίζει να τονιστεί ότι σύμφωνα με τις Οδηγίες για τη Διαχείριση της Διδακτέας Ύλης του μαθήματος της Βιολογίας Β' Λυκείου¹⁶, που απέστειλε το Υπουργείο Παιδείας στις σχολικές μονάδες για το έτος 2017-2018, εντός ύλης βρίσκονται οι υποενότητες:

1. Αυτότροφοι & Ετερότροφοι
2. Σημασία Φωτοσύνθεσης

¹⁶ https://www.esos.gr/sites/default/files/articles-legacy/05_10_17fysikes_epistimes.pdf

3. Το φύλλο ως όργανο φωτοσύνθεσης των φυτών.

Για τις δύο πρώτες προβλέπεται η διδασκαλία τους εντός μίας διδακτικής ώρας για τη κάθε μία, ενώ για τη τρίτη υποενότητα προτείνεται η διδασκαλία της στο χρονικό διάστημα δύο διδακτικών ωρών. Εκτός ύλης κρίθηκαν από το Υπουργείο Παιδείας οι υποενότητες:

1. Ορατό φως-φωτοσυνθετικές χρωστικές
2. Πορεία της φωτοσύνθεσης
3. Παράγοντες που επηρεάζουν το ρυθμό της φωτοσύνθεσης

Στη διδακτική παρέμβαση που σχεδιάστηκε στα πλαίσια της παρούσας ερευνητικής εργασίας συμπεριλήφθηκαν όλες οι υποενότητες με εξαίρεση την *Πορεία της φωτοσύνθεσης*. Η συγκεκριμένη επιλογή οφείλεται στο γεγονός πως στο σχολικό εγχειρίδιο η αναφορά στη *Πορεία της φωτοσύνθεσης* περιέχει αρκετές λεπτομέρειες, αλλά και πληροφορίες οι οποίες είναι ανούσιες, ενώ σκοπός είναι αποδόμηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών και η σφαιρική κατανόηση του φαινομένου της Φωτοσύνθεσης.

Γ.5. Διδακτική παρέμβαση

Σημείο εκκίνησης της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης αποτέλεσαν οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών, ώστε σύμφωνα με το αποδεκτό πρότυπο του εποικοδομισμού να επιτευχθεί η αποδόμησή τους και η αντικατάστασή τους με την ισχύουσα επιστημονική γνώση.

Η προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση αξιοποίησε τη διαδικτυακή πλατφόρμα Go-Lab ως εργαλείο, με τη μέθοδο της καθοδηγούμενης διερεύνησης, για τη διδασκαλία της φωτοσύνθεσης στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Σκοπός της ήταν η αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων που θα επέφερε η εφαρμογή του διδακτικού αυτού μοντέλου στη σχολική τάξη. Η παρούσα παρέμβαση έκανε χρήση των ΤΠΕ κι ως εκ τούτου στην απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή περιλαμβάνονται ο Η/Υ κι η σύνδεση στο διαδίκτυο. Κρίνεται σκόπιμο να έχει προηγηθεί έλεγχος της ορθής λειτουργίας τους από τον εκπαιδευτικό, για αποφυγή (όσο το δυνατόν) τυχόν ανωμαλιών κατά τη διδασκαλία.

Ακολουθεί περιγραφή του τρόπου με τον οποίο πραγματοποιήθηκε η διδακτική παρέμβαση, της οποίας η διάρκεια ήταν τρεις διδακτικές ώρες¹⁷. Αναφορικά με την οργάνωση της τάξης, κάθε δυάδα μαθητών διαθέτει το δικό της ηλεκτρονικό υπολογιστή κι επιτρέπεται η χαμηλόφωνη συζήτηση μεταξύ τους για επίλυση τυχόν αποριών ή ανταλλαγή απόψεων. Ο χωρισμός των μαθητών σε δυάδες πραγματοποιήθηκε αφενός επειδή στα δημόσια σχολεία ο αριθμός των διαθέσιμων υπολογιστών είναι περιορισμένος (οι υπολογιστές δεν επαρκούσαν για να υποστηρίξουν το δυναμικό της τάξης) και αφετέρου επειδή η

¹⁷ Το κέρδος μιας διδακτικής ώρας (η διδακτική παρέμβαση διαρκεί τρεις ώρες ενώ από το Υπουργείο Παιδείας διατίθενται τέσσερις διδακτικές ώρες για τη διδασκαλία του φαινομένου) είναι ιδιαίτερα σημαντικό, δεδομένου του περιορισμένου διδακτικού χρόνου.

ομαδοσυνεργατική προσέγγιση έχει αποδειχθεί ότι αποτελεί ένα αποτελεσματικό σύστημα μάθησης.¹⁸

Η διδασκαλία χωρίστηκε σε τέσσερα στάδια: Διαδικασία Φωτοσύνθεσης (αντιδρώντα και προϊόντα φωτοσυνθετικής διαδικασίας), Ρόλος χλωροφύλλης και φωτός, Σημασία Φωτοσύνθεσης, Παράγοντες που επηρεάζουν ρυθμό Φωτοσύνθεσης.

Α' μέρος: Η διαδικασία της Φωτοσύνθεσης

Αρχικά, κοινοποιήθηκε το θέμα στους μαθητές κι ανακοινώθηκαν οι βασικοί στόχοι του μαθήματος¹⁹. Στη συνέχεια έγινε αφόρμηση της διδασκαλίας μέσω της ερώτησης:

- Πώς εξασφαλίζουν ο άνθρωπος και τα ζώα την απαραίτητη για την επιβίωση τους ενέργεια; [Οι μαθητές καταγράφουν τις απαντήσεις τους στον πίνακα της πλατφόρμας].

Ακολουθεί η διατύπωση του κεντρικού ερωτήματος «**Πως εξασφαλίζουν τα φυτά την απαραίτητη για την επιβίωση τους ενέργεια;**» και η διατύπωση υποθέσεων από τους μαθητές. Οι μαθητές καταγράφουν τις υποθέσεις τους στο Hypothesis Scratchpad της πλατφόρμας. Μέσω της διατύπωσης των υποθέσεων θα επιτευχθεί η ανάδειξη τυχόν παρανοήσεων των μαθητών, με σκοπό όχι τη «διόρθωση» τους, αλλά τη συλλογή των απόψεων τους, ώστε αργότερα αν αυτές αποκλίνουν από το επιστημονικά ορθό να ανατραπούν, μέσω της γνωστικής σύγκρουσης που θα επέλθει.

Εν συνεχεία, γίνεται παρακολούθηση του βίντεο «Η Φωτοσύνθεση & (ο δικός μου) Ιντιάνα Τζόουνς», το οποίο εξιστορεί την παρακάτω ιστορία, προϊόν μυθοπλασίας:

Είσαι ένας από τους ντεντέκτιβ του βασιλιά Όστιν της Ατλαντίδας. Σήμερα η μέρα είναι γεμάτη απρόσμενες εξελίξεις. Στην Ατλαντίδα κατέφθασε ο ξακουστός Ιντιάνα Τζόουνς από την Εξερευνούπολη, ο οποίος σου έδωσε έναν χάρτη τυπωμένο σε δέρμα ζώου. Σε αυτόν απεικονίζεται ένας πολύτιμος τόμος που περιγράφει ιστορικά πειράματα διάσημων ερευνητών, τα οποία οδήγησαν στην ανακάλυψη του τρόπου με τον οποίο τρέφονται τα φυτά. Παρατηρώντας το χάρτη, βλέπεις πως ο πολύτιμος αυτός τόμος βρίσκεται σε ένα μακρινό χωριό της Ατλαντίδας. Ο Ιντιάνα Τζόουνς προσπαθεί να πείσει το βασιλιά σου κι εσένα πως είναι ζήτημα ζωής και θανάτου η εύρεση αυτού του τόμου, γιατί αποτελεί πολύτιμο κειμήλιο για την ερευνητική κοινότητα της Εξερευνούπολης. Φυσικά το αντίτιμο είναι μεγάλης αξίας, 100.000.000 λίρες! Ο βασιλιάς Όστιν τελικά πείθεται και επιτρέπει στον Ιντιάνα Τζόουνς την εξερεύνηση της Ατλαντίδας. Όμως, σου αναθέτει να παραβρεθείς κι εσύ σε αυτήν την αποστολή με πρόσχημα να βοηθήσεις τον Ιντιάνα Τζόουνς. Φυσικά,

¹⁸ Ανάμεσα στους διάφορους λόγους για τους οποίους προκρίνεται αυτή η προσέγγιση είναι ότι η ομαδοσυνεργατική διδασκαλία ενθαρρύνει την εμπλοκή των μαθητών στη μαθησιακή διδασκαλία, προσφέρει ακριβώς εκείνο το πλαίσιο της αυθεντικής επικοινωνίας και της διαπραγμάτευσης του νοήματος που επιτρέπει στα παιδιά να μάθουν μέσα από τη συνεργασία, καλλιεργεί τις αξίες και τις δεξιότητες της συνεργασίας, της διαλλακτικότητας και της διαπραγμάτευσης για την επίτευξη ενός κοινού στόχου και τέλος, συμβάλλει στη διαμόρφωση πολιτών με συγκροτημένη ατομική και κοινωνική ταυτότητα, με δημοκρατικό ήθος αλλά και με κριτική σκέψη και ηθική και γνωστική αυτονομία. (Ματσαγγούρας, 2000).

¹⁹ Μετά το πέρας της διδασκαλίας οι μαθητές είναι σε θέση:

1. Να αναφέρουν τι χρησιμοποιείται και τι παράγεται κατά τη φωτοσυνθετική διαδικασία.

απώτερος σκοπός του βασιλιά σου είναι η στενή παρακολούθηση του Ιντιάνα Τζόουνς, γιατί ίσως αυτός ο πολύτιμος τόμος περιέχει κάτι πιο συγκλονιστικό...

Μέσα από αυτή την ιστορία μυθοπλασίας, επιχειρήθηκε να πραγματοποιηθεί διέγερση του ενδιαφέροντος και της προσοχής των μαθητών σε μια προσπάθεια υπέρβασης των εμποδίων που εγείρονται από την «κλειστή» και φορμαλιστική γλώσσα των Φυσικών Επιστημών (Λαμπρόγλου, 2004). Οι έννοιες παρέμειναν αδιαπραγμάτευτες και το πλαίσιο του μύθου είχε ως μοναδική λειτουργία τη δημιουργία συναισθηματικού κινήτρου στους μαθητές (Χαλκιά και συν., 2000).

Εν συνεχεία, στους μαθητές δόθηκαν διάσπαρτες οι σελίδες του τόμου αυτού. Δυστυχώς, σελιδοποίηση δεν υπάρχει. Έτσι αναγκάζονται οι ίδιοι να ανακαλύψουν τη σειρά των πολύτιμων σελίδων και επομένως να μάθουν για τα βασικά πειράματα με τα οποία η επιστημονική κοινότητα οδηγήθηκε στη γνώση του πώς πραγματοποιείται η φωτοσύνθεση. Σε αυτό το σημείο να τονιστεί ότι η παραγωγή γλυκόζης κατά τη φωτοσυνθετική διαδικασία επιλέχθηκε να αναφερθεί μέσω μετωπικής διδασκαλίας, καθότι τα αντίστοιχα πειράματα που οδήγησαν στην ανακάλυψη της απαιτούν περαιτέρω γνώσεις, που οι μαθητές δεν κατέχουν στο επίπεδο της Β' Λυκείου.

Η μελέτη ιστορικών πειραμάτων δεν επιλέχθηκε τυχαία, καθώς είναι ευρέως γνωστό ότι η χρήση της Ιστορίας των Επιστημών προωθεί τη βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών θεμάτων και συμβάλλει στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης των μαθητών (Malamitsa et al., 2005). Επίσης, βοηθά τους μαθητές να κατανοήσουν πώς εργάζονται οι επιστήμονες, με αποτέλεσμα τον εξανθρωπισμό της επιστήμης, την αναγνώριση των επιστημόνων ως καθημερινών ανθρώπων και του επιστημονικού τους έργου ως ανθρώπινου έργου, στόχος σημαντικός από μόνος του (Καψαλά, 2012). Τέλος, συμβάλλει στην ανάπτυξη δεξιοτήτων κριτικής σκέψης που είναι απαραίτητες για την ανάλυση ιδεών, για την παρατήρηση της λειτουργίας της φύσης και της αναγνώρισης των νόμων που τη διέπουν, με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων και τη διατύπωση υποθέσεων (Chinn & Brewer, 1998 όπ. αναφ. στο Μαλαμίτσα και συν., 2006).

Συνάμα, έχει αποδειχθεί ότι πολλές από τις αποδεκτές σήμερα επιστημονικές απόψεις, αν ιχνηλατηθούν στην πορεία της ιστορικής τους διαδρομής, αποκαλύπτουν εναλλακτικές εννοιολογικές δομές παρόμοιες με τις νοητικές αναπαραστάσεις των μαθητών. Έτσι, η ιδέα ότι είναι χρήσιμο να διδάσκεται η επιστημονική πορεία μέσα από την οποία κατακτιέται η γνώση είναι ευρέως αποδεκτή κι έχει τονισθεί από εκπαιδευτικούς των φυσικών επιστημών, αναπτυξιακούς ψυχολόγους, φιλόσοφους και ιστορικούς της επιστήμης (Gauld, 1991). Μάλιστα, συνάδει με το σκεπτικό ότι πιο σημαντική από την απλή κατανόηση των επιστημονικών θεμάτων είναι η επιστημονική εγγραμματοσύνη, που έχει σχέση με το πώς αναπτύσσονται οι επιστημονικές ιδέες (Καψαλά, 2012). Από όλα τα παραπάνω γίνεται φανερό γιατί επιλέχθηκε η μελέτη ιστορικών πειραμάτων κι όχι η μετωπική διδασκαλία, κάποιο εκπαιδευτικό βίντεο ή κάποια άλλη διδακτική παρέμβαση για τη διδασκαλία της Φωτοσύνθεσης.

Το Α' μέρος ολοκληρώνεται με την καταγραφή των συμπερασμάτων των μαθητών, χρησιμοποιώντας την εφαρμογή Hypothesis Scratchpad. Έτσι, δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να συγκρίνουν την αρχική τους υπόθεση με το συμπέρασμα στο οποίο κατέληξαν μετά τον «πειραματισμό». Και φυσικά, να αντιληφθούν ότι ο έλεγχος των υποθέσεων για

τους ερευνητές δεν εξαντλείται στη (καθαρά) πειραματική προσέγγιση, αλλά υπάρχει και εκτενής βιβλιογραφία (πειράματα προγενέστερων τους ερευνητών ή ερευνητών που κατοικούν σε άλλα μέρη και χώρες της Γης την ίδια χρονική περίοδο με αυτούς) για την οποία πρέπει να είναι ενήμεροι στην προσπάθειά τους να αξιολογήσουν αν μια δεδομένη υπόθεση ισχύει ή όχι.

Β' μέρος: Ο ρόλος της χλωροφύλλης και του φωτός & Γ' μέρος: Η σημασία της Φωτοσύνθεσης

Όπως και στην πρώτη διδακτική ώρα, αρχικά, γίνεται κοινοποίηση του θέματος στους μαθητές κι ανακοίνωση των βασικών στόχων²⁰ του μαθήματος.

Ακολουθεί η διατύπωση του κεντρικού ερωτήματος «**Γιατί είναι σημαντική η χλωροφύλλη;**» και η διατύπωση υποθέσεων από τους μαθητές. Οι μαθητές καταγράφουν τις υποθέσεις τους στο Hypothesis Scratchpad της πλατφόρμας. Μέσω της διατύπωσης των υποθέσεων θα επιτευχθεί ανάδειξη τυχόν παρανοήσεων των μαθητών.

Εν συνεχεία, γίνεται παρακολούθηση του Powerpoint «Η Αλίκη στη χώρα των Φυτών!», το οποίο εξιστορεί την ιστορία που ακολουθεί, στοχεύοντας στην κινητοποίηση του ενδιαφέροντος των μαθητών και την εισαγωγή τους στο κεντρικό προβληματισμό:

«Τελευταίο δεκαήμερο του Αυγούστου. Στο εξοχικό τους η μητέρα της είχε ήδη αρχίσει να μαζεύει τα πράγματα τους για την επιστροφή τους στη Θεσσαλονίκη. Στεκόταν στην παραλία και πέταγε βότσαλα στη θάλασσα. Σκεφτόταν ότι το καλοκαίρι είχε τελειώσει, ότι σε λίγες ώρες ο Άλεξ θα έφευγε κι ένιωθε ένα κενό μέσα της. Στεναχωρημένη και νευριασμένη κάθισε σε ένα βράχο. Μα, τι τελospάντων έβρισκε ο Άλεξ στη Βιολογία; Η ίδια τη βαριότητα θανάσιμα. Εκείνος πάλι, όλη μέρα στα εργαστήρια να πειραματίζεται με τα φυτά. Αχ, αυτά τα φυτά πόσο τα μισούσε... Της είχαν κλέψει το αγόρι της. Τον έβλεπε μια-δυο φορές το χρόνο για τρεις-τέσσερις μέρες. Η οθόνη του κινητού της φωτίστηκε από το μήνυμα που κατέφθασε. Αυτός ο μικρός φωτισμός την έκανε ξαφνικά να παρατηρήσει ότι δίπλα της βρισκόταν ένα μικρό φυτό, ένα λουλούδι. Πήγε να το ξεριζώσει, να το εκδικηθεί, να το πονέσει... Και τότε; Ω του θαύματος! Εκεί δίπλα της βρέθηκε ο Άλεξ και η ίδια ξεναγός του στη μαγική χώρα των φυτών, όπου τα πάντα μοιάζουν σαν παιγνίδισμα της φαντασίας, σαν μύθος, σαν παραμύθι, σαν όνειρο κι εν τέλει σαν (βιολογική) πραγματικότητα...».

Ακολουθεί η παρακολούθηση του βίντεο «Η Αλίκη στη χώρα των Φυτών!» (αποτελεί το μαγικό ταξίδι με ξεναγό την Αλίκη), μέσω του οποίου γίνεται περιγραφή της δομής του φύλλου που αποτελεί το κύριο φωτοσυνθετικό όργανο (άλλα όχι το μοναδικό), καθώς και των εκπαιδευτικών βίντεο «Δομή χλωροπλάστη» και «Ανίχνευση αμύλου σε φύλλο φυτού».

Έπειτα, ζητείται από τους μαθητές να βοηθήσουν την Αλίκη, η όποια βρίσκεται αντιμέτωπη με τον εξής προβληματισμό: «Βρίσκει μπροστά της ένα φυτό αλλιώτικο από τα άλλα. Αποφασισμένη να ανακαλύψει πως πραγματοποιεί αυτό το φυτό φωτοσύνθεση συμβουλευεται τον φίλο της Άλεξ. Ο Άλεξ ανακαλύπτει ότι το φυτό αυτό δεν έχει

²⁰ Μετά το πέρας της διδασκαλίας οι μαθητές είναι σε θέση:

2. Να περιγράφουν το ρόλο της χλωροφύλλης και του φωτός στη φωτοσυνθετική διαδικασία.
3. Να αναφέρουν τη σημασία της φωτοσύνθεσης για τη διατήρηση της ζωής στη γη.

χλωροφύλλη! Από τους μαθητές ζητείται να αιτιολογήσουν αν είναι δυνατόν το φυτό αυτό να φωτοσυνθέτει.

Τέλος, ζητείται από τους μαθητές να διατυπώσουν τα συμπεράσματα τους σχετικά με το ρόλο της χλωροφύλλης και του φωτός και να τα αντιπαραβάλλουν με τις αρχικές τους υποθέσεις. Στην ίδια διδακτική ώρα λαμβάνει χώρα και η διδασκαλία του Γ' μέρους με τίτλο: «Η σημασία της Φωτοσύνθεσης».

Αρχικά, τίθενται το κεντρικό ερώτημα «**Γιατί είναι σημαντική η φωτοσύνθεση;**» κι ακολουθεί η διατύπωση υποθέσεων από τους μαθητές. Οι μαθητές καταγράφουν τις υποθέσεις τους στο Hypothesis Scratchpad της πλατφόρμας. Μέσω της διατύπωσης των υποθέσεων θα επιτευχθεί ανάδειξη τυχόν παρανοήσεων των μαθητών.

Εν συνεχεία, γίνεται διαδικτυακή κατασκευή τροφικής αλυσίδας, η οποία είναι διαθέσιμη στην πλατφόρμα. Μέσω αυτής της δραστηριότητας, οι μαθητές αντιλαμβάνονται τη σημασία των φυτών για τη ροή ενέργειας του οικοσυστήματος.

Τέλος, ζητείται από τους μαθητές να διατυπώσουν τα συμπεράσματα τους σχετικά με το ρόλο της φωτοσύνθεσης για τη διατήρηση της ζωής στη γη και να τα αντιπαραβάλλουν με τις αρχικές τους υποθέσεις.

Δ' μέρος: Παράγοντες που επηρεάζουν το ρυθμό της φωτοσύνθεσης

Αρχικά, γίνεται κοινοποίηση του θέματος στους μαθητές κι ανακοίνωση των βασικών στόχων²¹ του μαθήματος.

Ακολουθεί η διατύπωση του κεντρικού ερωτήματος «**Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν το ρυθμό της φωτοσύνθεσης;**». Οι μαθητές καταγράφουν τις απαντήσεις τους στο πίνακα της πλατφόρμας και μετά διατυπώνουν τις υποθέσεις τους σχετικά με την εξάρτηση του ρυθμού φωτοσύνθεσης από κάθε παράγοντα στο Hypothesis Scratchpad.

Εν συνεχεία, ακολουθεί ο σχεδιασμός ενός πειράματος (με αυτό τον τρόπο οι μαθητές μυσούνται στο σχεδιασμό μιας πειραματικής διαδικασίας) και ο έλεγχος των υποθέσεων των μαθητών μέσω του εικονικού εργαστηρίου Photolab, που είναι διαθέσιμο στην πλατφόρμα.

Τέλος, ζητείται από τους μαθητές να διατυπώσουν τα συμπεράσματα τους και να τα αντιπαραβάλλουν με τις αρχικές τους υποθέσεις.

Μετά την ολοκλήρωση της τρίωρης αυτής διδακτικής παρέμβασης, οι μαθητές συμπληρώνουν ένα ερωτηματολόγιο κλειστού τύπου με 54 ερωτήσεις Σ/Λ, προκειμένου να επιτευχθεί αξιολόγηση των μαθησιακών αποτελεσμάτων της διδακτικής πρακτικής που πραγματοποιήθηκε.

²¹ Μετά το πέρας της διδασκαλίας οι μαθητές είναι σε θέση:

4. Να απαριθμούν τους παράγοντες που επηρεάζουν το ρυθμό με τον οποίο πραγματοποιείται η φωτοσύνθεση.
5. Να περιγράφουν πως επηρεάζει το φωτοσυνθετικό ρυθμό κάθε παράγοντα.

Χρόνος και Τόπος διεξαγωγής της διδακτικής παρέμβασης

Αφού ολοκληρώθηκε η περιγραφή του πώς πραγματοποιήθηκε η διδακτική παρέμβαση, ακολουθεί αναφορά στο πού και πότε πραγματοποιήθηκε, αλλά και παρουσίαση των δυσκολιών και απροόπτων, που προέκυψαν κατά τη διεξαγωγή της.

Στις 12/3/2018 ημέρα Δευτέρα κι ώρα 8:05, σε ένα μικρό νησί της Δωδεκανήσου πραγματοποιήθηκε το μάθημα της Φωτοσύνθεσης, μέσω διερεύνησης χρησιμοποιώντας τη διαδικτυακή πλατφόρμα Go-Lab στο τμήμα B1 και εν συνεχεία στο B3. Η ίδια διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε και στις 15/3/2018 ημέρα Πέμπτη κι ώρα 8:05 στο τμήμα B2 και ακολούθως στο B4. Οι μαθητές ήταν ενήμεροι για την επικείμενη δειγματική διδασκαλία και την αλλαγή στο εβδομαδιαίο σχολικό πρόγραμμα τους. Πριν τη διδασκαλία είχε προηγηθεί έλεγχος της συμβατότητας της πλατφόρμας με το λογισμικό Windows, της ορθής λειτουργίας των ηχείων κάθε υπολογιστή καθώς και της ταχύτητας σύνδεσης του διαδικτύου. Με αυτόν τον τρόπο αποκλείστηκαν τυχόν προβλήματα με τους υπολογιστές και τη σύνδεση στο διαδίκτυο με αποτέλεσμα η διδακτική παρέμβαση να πραγματοποιηθεί δίχως απρόοπτα.

Επίσης, στις 20/4/2018 ημέρα Παρασκευή κι ώρα 10:55 σε σχολείο των δυτικών προαστείων της πρωτεύουσας πραγματοποιήθηκε το μάθημα της Φωτοσύνθεσης, μέσω διερεύνησης χρησιμοποιώντας τη διαδικτυακή πλατφόρμα Go-Lab στο τμήμα B3. Η ίδια διδακτική παρέμβαση πραγματοποιήθηκε και στις 23/4/2018 ημέρα Δευτέρα κι ώρα 10:55 στο τμήμα B1. Οι μαθητές ήταν ενήμεροι για την επικείμενη δειγματική διδασκαλία και την αλλαγή στο εβδομαδιαίο σχολικό πρόγραμμα τους. Πριν τη διδασκαλία, ένας συνάδελφος και φιλικό πρόσωπο πραγματοποίησε έλεγχο της συμβατότητας της πλατφόρμας με το ήδη εγκατεστημένο στους υπολογιστές λογισμικό Ubuntu, καθώς και της ταχύτητας σύνδεσης του διαδικτύου. Δυστυχώς, δεν πραγματοποιήθηκε έλεγχος της ορθής λειτουργίας των ηχείων κάθε υπολογιστή με αποτέλεσμα να μην επιδιορθωθούν τα προβλήματα ήχου που υπήρχαν. Έτσι, την Παρασκευή 20/4/2018 λίγα λεπτά αφότου είχε αρχίσει η διδακτική παρέμβαση αντιληφθήκαμε την αδυναμία αναπαραγωγής ήχου των βίντεο και ως λύση ακολουθήθηκε η λεκτική περιγραφή τους από τη διδάσκουσα. Την Δευτέρα 23/4/2018 το πρόβλημα παρακάμφθηκε καθώς ο συνάδελφος έφερε ηχεία, τα οποία συνδέθηκαν στο κεντρικό υπολογιστή με αποτέλεσμα να καταστεί δυνατή η παρακολούθηση τους μέσω βιντεοπροβολέα. Μια άλλη παράμετρος διαφοροποίησης ήταν πως στα τμήματα του σχολείου των δυτικών προαστείων της πρωτεύουσας στην αίθουσα διδασκαλίας παραβρέθηκαν και φοιτητές του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Αθηνών, σε μια προσπάθεια ανίχνευσης (μέσω συνεντεύξεων) της διάθεσης των μελλοντικών εκπαιδευτικών για τη χρήση της πλατφόρμας Go-Lab στη διδακτική πράξη.

Γ.6. Καταχώρηση δεδομένων

Μετά την παραλαβή των ερωτηματολογίων, ξεκίνησε η κωδικοποίηση των απαντήσεων και η εισαγωγή των στοιχείων στο στατιστικό πρόγραμμα IBM® SPSS Statistics 24. Η καταχώρηση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε δύο φορές, ώστε να εξασφαλιστεί η ορθότητα των εισαγόμενων στοιχείων και να αποκλειστεί η περίπτωση λάθους. Στην περίπτωση όπου η δεύτερη καταχώρηση διέφερε από την πρώτη πραγματοποιήθηκε τρίτος έλεγχος.

Γ.7. Ανάλυση δεδομένων

Για να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητα της πλατφόρμας Go-Lab στη διδασκαλία της φωτοσύνθεσης μέσω διερεύνησης, αναλύθηκαν τα ερωτηματολόγια που συμπληρώθηκαν από τους μαθητές. Για την κάλυψη των αναγκών της παρούσας έρευνας χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικοί τύποι στατιστικών αναλύσεων.

Για την πληρέστερη περιγραφή της κατανομής του δείγματος και των δεδομένων χρησιμοποιήθηκαν τα αριθμητικά περιγραφικά μέτρα. Το στατιστικό κριτήριο t για ανεξάρτητα δείγματα χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο στατιστικών υποθέσεων ανάμεσα στο μέσο όρο του σκορ επίδοσης των μαθητών πριν τη διδακτική παρέμβαση²² και το μέσο όρο του σκορ επίδοσης των μαθητών μετά τη διδακτική παρέμβαση²³, καθότι δεν γνωρίζαμε τα ονόματα των μαθητών κι επομένως δεν μπορούσε να πραγματοποιηθεί το t -test εξαρτημένων δειγμάτων, αν και τα δείγματα ήταν εξαρτημένα.

Όσον αφορά στους μαθητές του νησιωτικού δείγματος, σε κάθε μαθητή του σχολείου του μικρού νησιού της Δωδεκανήσου είχε δοθεί ένας τυχαίος αριθμός, τον οποίο οι μαθητές συμπλήρωσαν τόσο στο ερωτηματολόγιο που δόθηκε πριν τη διδακτική παρέμβαση, όσο και σε αυτό που συμπληρώθηκε μετά το πέρας της διδασκαλίας. Με αυτόν τον τρόπο κατέστη γνωστό το σκορ επίδοσης **κάθε μαθητή** πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Κάτι το οποίο δεν συνέβη με τους μαθητές του σχολείου των δυτικών προαστείων της πρωτεύουσας και για αυτό επιλέγη προηγουμένως το μη παραμετρικό στατιστικό κριτήριο t για ανεξάρτητα δείγματα. Για τους μαθητές του νησιωτικού δείγματος, λοιπόν, χρησιμοποιήθηκε το στατιστικό κριτήριο t για εξαρτημένα δείγματα για να εξετάσει κατά πόσον οι δύο ποσοτικές μεταβλητές (μέσος όρος του σκορ επίδοσης των μαθητών πριν τη διδακτική παρέμβαση και μέσος όρος του σκορ επίδοσης των μαθητών μετά τη διδακτική παρέμβαση) διέφεραν μεταξύ τους.

Γ.8. Αξιοπιστία και εγκυρότητα έρευνας

Είναι γνωστό ότι κάθε ερευνητής οφείλει πρώτος ο ίδιος να ελέγχει την αξιοπιστία και την εγκυρότητα της έρευνάς του, ακολουθώντας τον κανόνα του Basse, που αναφέρει ότι «οι ερευνητές πρέπει να ασκούν αυτοκριτική και να εξετάζουν εξονυχιστικά τις υποθέσεις τους, τις μεθόδους διερεύνησης και ανάλυσης και τους τρόπους παρουσίασης των αποτελεσμάτων τους» (Faulkner et al., 1999, σ.21 [όπ. αναφ. στο Φλαμπούρη, 2009 σ.142](#)).

Στη παρούσα έρευνα, λοιπόν, ελέγχθηκε η αξιοπιστία εσωτερικής συνοχής (ή συνάφειας) και η φαινομενική εγκυρότητα του ερωτηματολογίου κλειστού τύπου (54 ερωτήσεων Σ/Λ) που χρησιμοποιήθηκε. Όσον αφορά στην αξιοπιστία και στην εγκυρότητα του ερωτηματολογίου των Μαρμαρώτη και Γαλανοπούλου (2006) είχε ήδη ελεγχθεί από τις ίδιες τις ερευνήτριες για τις ανάγκες της δικής τους έρευνας.

²² Η εύρεση του σκορ επίδοσης των μαθητών πριν τη διδακτική παρέμβαση υπολογίστηκε με βάση τη βαθμολογία των μαθητών στο Ερωτηματολόγιο των Μαρμαρώτη και Γαλανοπούλου.

²³ Η εύρεση του σκορ επίδοσης των μαθητών μετά τη διδακτική παρέμβαση υπολογίστηκε με βάση τη βαθμολογία των μαθητών στο Ερωτηματολόγιο που σχεδιάστηκε για τις ανάγκες της παρούσας έρευνας.

Όπως είναι γνωστό, η αξιοπιστία εσωτερικής συνοχής φανερώνει κατά πόσον διαφορετικές προτάσεις μετρούν την ίδια μεταβλητή (Ουζούνη & Νακάκης, 2011). Ο έλεγχος της αξιοπιστίας πραγματοποιήθηκε με εύρεση του δείκτη Guttman με τη βοήθεια του στατιστικού προγράμματος IBM® SPSS Statistics 24. Πιο συγκεκριμένα, υπολογίστηκε ο δείκτης Guttman για κάθε μια από τις δεκαέξι υποκατηγορίες²⁴ του ερωτηματολογίου που δημιουργήθηκε. Τα ερευνητικά ευρήματα έδειξαν υψηλή συνάφεια. Στο Παράρτημα Α στους Πίνακες 1-16 απεικονίζεται ο δείκτης Guttman για κάθε μια υποκατηγορία, όπως αυτός υπολογίστηκε μέσω του στατιστικού πακέτου IBM® SPSS Statistics 24.

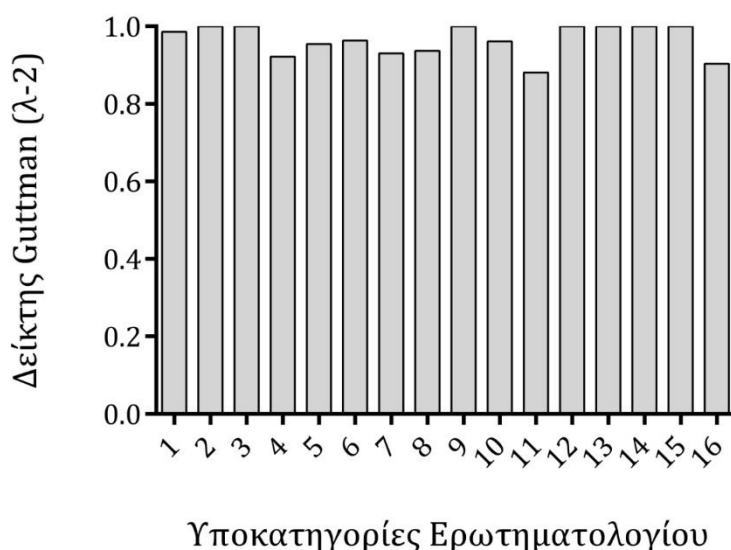
Όσον αφορά στη φαινομενική εγκυρότητα του ερευνητικού εργαλείου, που αποτελεί μια στοιχειώδη μορφή εγκυρότητας που δείχνει ότι το εργαλείο μέτρησης φαίνεται ότι εκτιμά την έννοια (μεταβλητή) που διατείνεται ότι μετράει (Ουζούνη & Νακάκης, 2011), η μέτρηση της πραγματοποιήθηκε από δύο ερευνητές και εκτιμήθηκε ότι το περιεχόμενο των ερωτήσεων είναι εννοιολογικά σχετικό με ό,τι προτίθεται να μετρήσει.

1. Τα φυτά τρέφονται από το έδαφος. $\lambda_2=0,986$
2. Τα φυτά τρέφονται από το νερό. $\lambda_2=1,000$
3. Τα φυτά τρέφονται από το διοξείδιο του άνθρακα. $\lambda_2=1,000$
4. Ρόλος φωτός στη φωτοσυνθετική διαδικασία. $\lambda_2=0,922$
5. Ρόλος χλωροφύλλης στη φωτοσυνθετική διαδικασία. $\lambda_2=0,955$
6. Τόπος διεξαγωγής φωτοσύνθεσης. $\lambda_2=0,964$
7. Χρόνος διεξαγωγής φωτοσύνθεσης. $\lambda_2=0,930$
8. Αντιδρώντα και Προϊόντα φωτοσυνθετικής διαδικασίας. $\lambda_2=0,937$
9. Μετασχηματισμός ενέργειας που λαμβάνει χώρα κατά τη φωτοσύνθεση. $\lambda_2=1,000$
10. Σημασία φωτοσύνθεσης. $\lambda_2=0,961$
11. Διάκριση οργανισμών σε αυτότροφους και ετερότροφους. $\lambda_2=0,881$
12. Ρυθμός φωτοσύνθεσης. $\lambda_2=1,00$
13. Εξάρτηση ρυθμού φωτοσύνθεσης από διαθεσιμότητα νερού. $\lambda_2=1,000$
14. Εξάρτηση ρυθμού φωτοσύνθεσης από ένταση φωτεινής ακτινοβολίας. $\lambda_2=1,000$
15. Εξάρτηση ρυθμού φωτοσύνθεσης από θερμοκρασία. $\lambda_2=1,000$
16. Εξάρτηση ρυθμού φωτοσύνθεσης από συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα. $\lambda_2=0,904$

Δ. Αποτελέσματα

Αξιοπιστία ερωτηματολογίου

Για να ελεγχθεί η αξιοπιστία εσωτερικής συνέπειας του ερωτηματολογίου υπολογίστηκε ο δείκτης Guttman. Στην παρακάτω εικόνα (Γράφημα 3) παρουσιάζονται οι τιμές του δείκτη για κάθε υποκατηγορία χωριστά. Δεδομένου ότι η τιμή του στατιστικού εργαλείου λ-2 καταδεικνύει τι ποσοστό της διακύμανσης οφείλεται αμιγώς στις βαθμολογίες των υποκειμένων, η παρούσα δοκιμασία αξιοπιστίας δείχνει αν οι συμμετέχοντες ενός τεστ μπορούν να διαχωριστούν με βάση τη βαθμολογία τους. Εάν οι συμμετέχοντες διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους ως προς τις γνωστικές τους ικανότητες, τότε το λ-2 έχει υψηλή τιμή και το σφάλμα χαμηλή τιμή. Συνεπώς, όσο υψηλότερο το λ-2, τόσο πιο αξιόπιστα το ερωτηματολόγιο μπορεί να διαφοροποιήσει τους συμμετέχοντες με βάση τις γνωστικές τους ικανότητες. Παραδείγματος χάρη, το λ-2 για την υποκατηγορία «Ρόλος φωτός στη φωτοσυνθετική διαδικασία» ισούται με 0,922, που σημαίνει πως το 92,2% της διακύμανσης οφείλεται αμιγώς στις βαθμολογίες των υποκειμένων και μόλις το 7,8% αποδίδεται σε σφάλματα. Όπως φαίνεται, όλες οι τιμές λ-2 είναι μεγαλύτερες του 0,88, γεγονός που σημαίνει πως περισσότερο από το 88% της διακύμανσης των απαντήσεων των υποκειμένων της έρευνας στις ερωτήσεις του ερωτηματολογίου αντικατοπτρίζει διαφορές στις γνωστικές ικανότητες των συμμετεχόντων και ένα μικρό ποσοστό (<12%) οφείλεται σε τυχαία σφάλματα. Επομένως, το παρόν ερευνητικό εργαλείο είναι κατάλληλο για την ανίχνευση των γνωστικών ικανοτήτων των υποκειμένων της έρευνας.



Γράφημα 3: Δείκτης Guttman για κάθε υποκατηγορία του ερωτηματολογίου

1^ο Ερευνητικό ερώτημα: Η διδασκαλία της φωτοσύνθεσης μέσω της πλατφόρμας Go-Lab επιφέρει θετικά μαθησιακά οφέλη;

Η επίδοση των μαθητών δεν ακολουθεί κανονική κατανομή βάσει του Kolmogorov-Smirnov test ($D_{\text{πριν}}=.129$, $p=0.001<.05$ και $D_{\text{μετά}}=.163$, $p=0.000<.05$) συνεπώς, επιλέχθηκε μη παραμετρικό στατιστικό τέστ. Προκειμένου να ελεγχθεί εάν η επίδοση των μαθητών πριν και μετά το πέρας της διδακτικής παρέμβασης διαφέρει πραγματοποιήθηκε Mann-Whitney U test (βλ. Πίνακας 17). Το συμπέρασμα είναι ότι η επίδοση των μαθητών μετά τη διδακτική παρέμβαση ($Mdn=93.0$) διέφερε στατιστικά σημαντικά από την επίδοση τους πριν την παρέμβαση ($Mdn=80.91$) ($U=1782,5$, $p=.000<.001$). Άρα, είχαμε στατιστικά σημαντική βελτίωση στην απόδοση των μαθητών και συγκεκριμένα στις γνωστικές τους ικανότητες.

Σκορ επίδοσης στα 100			
ΔΠ	Median	Range	N
Πριν	80,91	64	92
Μετά	93,00	35	92
Σύνολο	90,00	64	184

*ΔΠ=Διδακτική παρέμβαση

Test Statistics ^a	
Σκορ επίδοσης	
Mann-Whitney U	1782,500
Wilcoxon W	6060,500
Z	-6,794
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000
a. Grouping Variable: ΔΠ	

*ΔΠ=Διδακτική παρέμβαση

Πίνακας 17: Mann-Whitney T-test

Προκειμένου να εξεταστεί κατά πόσο το σκορ επίδοσης πριν τη διδακτική παρέμβαση διαφέρει από το σκορ επίδοσης μετά τη διδακτική παρέμβαση για τους μαθητές του νησιωτικού δείγματος επιλέχθηκε το στατιστικό κριτήριο t για εξαρτημένα δείγματα, καθώς όπως αναφέρθηκε (βλ. Γ.7 Ανάλυση δεδομένων), ήταν γνωστό το σκορ επίδοσης **κάθε μαθητή** πριν και μετά το πέρας της διδακτικής παρέμβασης. Για να εξεταστεί αν κατάλληλο στατιστικό κριτήριο είναι το παραμετρικό κριτήριο t για εξαρτημένα δείγματα ή το μη παραμετρικό κριτήριο t για εξαρτημένα δείγματα ελέγχθηκε αν οι τιμές της εξαρτημένης μεταβλητής (σκορ επίδοσης πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση) προέρχονται από πληθυσμό με κανονική κατανομή (έλεγχος κανονικότητας). Επιλέχθηκε μη παραμετρικός

έλεγχος, καθώς δεν ικανοποιούνται οι προϋποθέσεις κανονικότητας ($D_{\text{πριν}}=0.142$, $p=.004<.05$) και ($D_{\text{μετά}}=0.156$, $p=.001<.05$).

<i>Descriptive Statistics</i>					
	N	Mean	Std. Deviation	Minimum	Maximum
Σκορ επίδοσης πριν ΔΠ	61	84.11	10.099	65	100
Σκορ επίδοσης μετά ΔΠ	61	92.50	7.143	67	100

- Διδακτική παρέμβαση

Wilcoxon Signed Ranks Test

<i>Ranks</i>				
		N	Mean Rank	Sum of Ranks
Σκορ επίδοσης πριν ΔΠ	Negative Ranks	0 ^a	.00	.00
	Positive Ranks	55 ^b	28.00	1540.00
Σκορ επίδοσης μετά ΔΠ	Ties	6 ^c		
	Total	61		

a. Σκορ επίδοσης μετά ΔΠ < Σκορ επίδοσης πριν ΔΠ
 b. Σκορ επίδοσης μετά ΔΠ > Σκορ επίδοσης πριν ΔΠ
 c. Σκορ επίδοσης μετά ΔΠ = Σκορ επίδοσης πριν ΔΠ

<i>Test Statistics^a</i>	
Σκορ επίδοσης πριν ΔΠ	
Σκορ επίδοσης μετά ΔΠ	
Z	-6.460 ^b
Asymp. Sig. (2-tailed)	.000

a. Wilcoxon Signed Ranks Test
 b. Based on negative ranks.

Πίνακας 17: Wilcoxon Signed Ranks test

Πραγματοποιώντας έλεγχο Wilcoxon Signed Ranks test (βλ. Πίνακας 18) βρέθηκε ότι η βαθμική σειρά με τις θετικές διαφορές (σκορ επίδοσης μετά τη διδακτική παρέμβαση > σκορ επίδοσης πριν τη διδακτική παρέμβαση) είναι πολύ μεγαλύτερη από την αντίστοιχη με τις αρνητικές διαφορές (σκορ επίδοσης μετά τη διδακτική παρέμβαση < σκορ επίδοσης πριν τη διδακτική παρέμβαση). Αξιοσημείωτο είναι πως υπάρχουν μηδέν μετρήσεις με αρνητικές διαφορές, γεγονός που σημαίνει πως δεν υπήρξε καταγεγραμμένη τιμή με μεγαλύτερο σκορ επίδοσης πριν τη διδακτική παρέμβαση σε σχέση με το σκορ επίδοσης μετά τη διδακτική παρέμβαση. Οι πενήντα πέντε μετρήσεις από τις εξήντα ένα εμφάνισαν μεγαλύτερο σκορ

επίδοσης μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής παρέμβασης και σε έξι μετρήσεις δεν καταγράφηκε διαφορά στο σκορ επίδοσης πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση. Η βελτιωμένη επίδοση των μαθητών μετά τη διδακτική παρέμβαση ήταν στατιστικά σημαντική ($Z=-6.46$, $p=0.00<0.001$), με τα μαθησιακά αποτελέσματα μετά τη διδακτική παρέμβαση (διάμεσος 93, εύρος 33) να είναι καλύτερα από ότι πριν τη διδακτική παρέμβαση (διάμεσος 85, εύρος 35).

2^ο Ερευνητικό ερώτημα: Η αποτελεσματικότητα της πλατφόρμας Go-Lab επηρεάζεται από το φύλο;

Πραγματοποιώντας τον έλεγχο Mann-Whitney U Test διαπιστώθηκε ότι η βελτίωση στην απόδοση των μαθητών και συγκεκριμένα, στις γνωστικές τους ικανότητες δεν διαφέρει μεταξύ των αγοριών και των κοριτσιών ($U=936.0$, $p=0.516>0.05$) (βλ. Πίνακας 19). Άρα, τα θετικά μαθησιακά οφέλη που προέκυψαν από τη χρήση της πλατφόρμας Go-Lab είναι ανεξάρτητα από το φύλο.

Ranks				
	Φύλο	N	Mean Rank	Sum of Ranks
*ΔΣΕ	Αγόρια	37	48.70	1802.00
	Κορίτσια	55	45.02	2476.00
	Σύνολο	92		
*Διαφορά Σκορ Επίδοσης				
Test Statistics ^a				
Διαφορά Σκορ Επίδοσης				
Mann-Whitney U		936.000		
Wilcoxon W		2476.000		
Z		-.650		
Asymp. Sig. (2-tailed)		.516		
a. Grouping Variable: Φύλο				

Πίνακας 19: Mann-Whitney U test

Ε. Συμπεράσματα-Συζήτηση

Η παρούσα έρευνα στόχευε να διερευνήσει αν η εφαρμογή της διερευνητικής διδακτικής προσέγγισης με την παροχή κατάλληλης τεχνολογικής υποστήριξης (χρήση της πλατφόρμας Go-Lab) μπορεί να έχει θετικό αντίκτυπο στη κατανόηση των μαθητών σχετικά με τη φωτοσύνθεση. Ειδικότερα, μάλιστα, αν η διδασκαλία της φωτοσύνθεσης μέσω της πλατφόρμας Go-Lab επιφέρει θετικά μαθησιακά οφέλη και αν αυτά επηρεάζονται από το φύλο. Μετά την εφαρμογή κατάλληλων στατιστικών κριτηρίων βρέθηκε ότι η διδασκαλία της φωτοσύνθεσης μέσω της διαδικτυακής πλατφόρμας Go-Lab επιφέρει θετικά μαθησιακά αποτελέσματα, ανεξαρτήτως φύλου.

Τα συμπεράσματα αυτά είναι σημαντικά, καθώς στην εποχή της Κοινωνίας της Πληροφορίας και της εισαγωγής στα σχολεία των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας (ΤΠΕ), είναι, ίσως, η καταλληλότερη στιγμή για την αξιοποίηση των υπαρχουσών τεχνολογικών δομών των σχολείων για την εφαρμογή νέων διδακτικών προσεγγίσεων σε μια προσπάθεια υποστήριξης της διδασκαλίας και της μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες.

Δυστυχώς, τα ευρήματα της παρούσας μελέτης δεν είναι δυνατόν να συγκριθούν με ευρήματα ανάλογων ερευνών, καθώς στη διεθνή και ελληνική βιβλιογραφία δεν υπάρχουν καταγεγραμμένες τέτοιες μελέτες. Βέβαια, έχουν πραγματοποιηθεί μελέτες για τη συμβολή της ενσωμάτωσης ενός εργαλείου σχεδιασμού πειραμάτων στην περίπτωση του εικονικού πειραματισμού ([Xenofontos et al., 2016](#)), και για τη σημασία της φάσης προβληματισμού στον εντοπισμό και την κατανόηση του υπό μελέτη ζητήματος από τους μαθητές ([Maeots et al., 2016](#)) που αποτέλεσαν κάποια από τα βασικά χαρακτηριστικά της διδακτικής παρέμβασης που σχεδιάστηκε. Τα ερευνητικά αποτελέσματα αυτών των μελετών έδειξαν ότι η χρήση ενός εργαλείου σχεδιασμού πειραμάτων ενδείκνυται καθώς η χρησιμοποίηση του συμβάλλει στη γνωστική πρόοδο των μαθητών ([Xenofontos et al., 2016](#)), ενώ αυτή καθ' αυτή η δομή ενός ηλεκτρονικού μαθήματος της πλατφόρμας Go-Lab επιτρέπει τον ξεκάθαρο εντοπισμό του υπό μελέτη προβλήματος από τους μαθητές, συμβάλλοντας έτσι στην ανάπτυξη της ικανότητας προβληματισμού των μαθητών ([Maeots et al., 2016](#)). Ωστόσο, ολιστική προσέγγιση αναφορικά με τη χρήση αυτής καθ' αυτήν της πλατφόρμας Go-Lab στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών δεν έχει υπάρξει, επομένως η άμεση σύγκριση των παρόντων ερευνητικών ευρημάτων είναι αδύνατη.

Δεδομένου του γεγονότος αυτού μόνο έμμεσες συγκρίσεις μπορούν να υπάρξουν. Για παράδειγμα, είναι δυνατές συγκρίσεις με αναφορές περί θετικών μαθησιακών οφελών λόγω της εφαρμογής της διερευνητικής μάθησης ([Chang & Mao, 1999](#); [Huston, 2000](#); [Huppert et al., 2002](#); [Caliskan, 2004](#); [Haug et al., 2004](#); [Nwagbo et al., 2006](#); [Βαϊνάς και συν., 2007](#); [Βλάσση, 2008](#); [Βλάσση & Καραλιώτα, 2009](#); [Li, 2009](#); [Brune, 2010](#); [Ferguson, 2010](#); [Miller et al., 2010](#); [Minner et al., 2010](#); [Alfieri et al., 2011](#); [Omokaadejo, 2015](#); [Idleman, 2016](#); [Conway, 2017](#)), καθώς και με ερευνητικά ευρήματα που υποστηρίζουν ότι η διερευνητική προσέγγιση συνδυάζεται καλύτερα με τη χρήση υπολογιστή ([Rubin, 1996](#) *όπ. αναφ. στο Γκιάολμα, 2013*;

Mäeots et al., 2008 όπ. αναφ. στο Pedaste et al., 2015). Τα ευρήματα αυτά αποτελούν ισχυρές ενδείξεις ότι και ο συνδυασμός της διερευνητικής μάθησης με τη χρήση των νέων τεχνολογιών θα επιφέρει θετικά μαθησιακά οφέλη, γεγονός που υποστηρίζεται και από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας.

Βρέθηκε ότι τα μαθησιακά οφέλη που επιφέρει η χρήση της πλατφόρμας Go-Lab είναι ανεξάρτητα του φύλου, γεγονός που συνάδει με πληθώρα ερευνητικών μελετών, οι οποίες διατείνονται ότι δεν υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ της απόδοσης αγοριών και κοριτσιών αναφορικά με τη χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή για την εκμάθηση της Επιστήμης (Bello, 1990; Kirkpatrick & Cuban, 1998; Spence, 2004; Ash, 2005; Basturk, 2005; Dantala, 2006; Anulobi, 2009; Yusuf & Afolabi, 2010; Anyamene et al., 2012; Jagannath, 2013; Fakomogbon et al., 2014), ενώ έρχεται σε αντιδιαστολή με ευρήματα ότι η απόδοση των αγοριών είναι καλύτερη από αυτή των κοριτσιών μετά τη χρήση της CAI (Computer Assisted Instruction) (Achuonye, 2006; Onwuegbuna & Onwuegbuna, 2006; Achuonye & Olele, 2009; Park et al., 2009; Nduati, 2015). Η εύρεση ότι τα μαθησιακά οφέλη της χρήσης της πλατφόρμας Go-Lab δεν είναι φυλοεπηρεαζόμενα θα μπορούσε να ειπωθεί ότι καθρεφτίζει και την άμβλυνση των φυλετικών φραγμών κατά των γυναικών, στην Επιστήμη και τη χρήση της τεχνολογίας.

Φυσικά, η συγγραφέας αυτής της μελέτης δεν διατείνεται πως η χρήση της πλατφόρμας Go-Lab αποτελεί «πανάκεια» για τη βελτίωση των μαθησιακών επιτευγμάτων οποιουδήποτε μαθητή, για τη διδασκαλία κάθε διδακτικού αντικειμένου, ή για την καθημερινή χρήση της σε κάθε τάξη. Δεν είναι η μαγική λύση για την άμβλυνση όλων των μαθησιακών δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στις Φυσικές Επιστήμες, ούτε το χάπι δια πάσαν «μαθητική νόσο». Μπορεί, όμως, να χρησιμοποιηθεί καθώς τα αποτελέσματα για τη βελτίωση του γνωστικού επιπέδου των μαθητών ήταν σημαντικά.

Συνοψίζοντας, αν και τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δεν υπόσχονται λύση για κάθε κακώς κείμενο στη διδασκαλία της Βιολογίας, εντούτοις αποτυπώνουν μία εναλλακτική πρόταση διδασκαλίας, η οποία είναι σε θέση να βελτιώσει τις γνωστικές ικανότητες των μαθητών και να χρησιμοποιηθεί στα πλαίσια της σχολικής πραγματικότητας.

Σε αυτό το σημείο αξίζει να αναφερθεί ότι η αντίδραση των μαθητών μετά το πέρας της διδακτικής παρέμβασης ήταν κατά κόρον ενθουσιώδης. Ωστόσο, η παρούσα μελέτη δεν πραγματεύεται την ανίχνευση των στάσεων των μαθητών απέναντι στη χρήση της πλατφόρμας Go-Lab. Περαιτέρω ερευνητικές μελέτες θα είχε ενδιαφέρον να μελετήσουν τη συμβολή της πλατφόρμας Go-Lab στη βελτίωση των στάσεων των μαθητών απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες και στη Βιολογία ειδικότερα.

ΣΤ. Περιορισμοί έρευνας

Κατά τη διάρκεια της παρούσας έρευνας καταβλήθηκε κάθε δυνατή προσπάθεια προκειμένου τα αποτελέσματα να είναι έγκυρα και τεκμηριωμένα. Παρόλα αυτά, η έρευνα υπόκειται σε μεθοδολογικούς περιορισμούς οι οποίοι σχετίζονται με την επιλογή του δείγματος. Είναι αποδεκτή από τη συγγραφέα της εργασίας η αδυναμία γενίκευσης των ερευνητικών ευρημάτων, λόγω του μικρού και βολικού δείγματος που χρησιμοποιήθηκε. Ωστόσο, η έρευνα διεξήχθη σε πανεπιστημιακό επίπεδο στα πλαίσια εκπόνησης διπλωματικής εργασίας για την κατοχή του μεταπτυχιακού τίτλου σπουδών. Ως αποτέλεσμα αυτού, από χρονικής και οικονομικής άποψης, αλλά και από άποψη δυνατότητας πρόσβασης στα Ημερήσια Γενικά Λύκεια, δεν υπήρχε η δυνατότητα περαιτέρω συλλογής δεδομένων από μεγαλύτερο και αντιπροσωπευτικότερο δείγμα.

Τέλος, στο αντικείμενο μελέτης της παρούσας έρευνας δεν υπήρξε καταγεγραμμένη στη διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία ανάλογη ερευνητική μελέτη. Επομένως, ήταν αδύνατη για την ερευνήτρια η σύγκριση των ερευνητικών ευρημάτων της παρούσας μελέτης με ανάλογες ερευνητικές μελέτες. Ιδωμένο από τη θετική του σκοπιά, αυτό επίσης σημαίνει πως η παρούσα επιστημονική εργασία χαίρει σαφώς προσδιορισμένης συμβολής στην επιστήμη, και δημιουργεί προϋποθέσεις για διεξαγωγή μελλοντικών ερευνών στο συγκεκριμένο ερευνητικό πεδίο.

Η συγγραφέας της παρούσας έρευνας ευελπιστεί η μελέτη της να αποτελέσει έναυσμα για την επιστημονική κοινότητα για περαιτέρω μελέτη της συμβολής της διαδικτυακής πλατφόρμας Go-Lab στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Προς αυτή την κατεύθυνση χαράσσονται από τη γράφουσα κάποιες αδρές γραμμές για το πώς θα μπορούσε να συνεχιστεί η έρευνα στο νέο αυτό επιστημονικό πεδίο.

Ζ. Προτάσεις για μελλοντική έρευνα

Κατά το σχεδιασμό και τη διεξαγωγή της παρούσας εργασίας δημιουργήθηκαν κάποιοι προβληματισμοί, που θα μπορούσαν να αποτελέσουν βάση για περαιτέρω έρευνα στο μέλλον. Ένας από αυτούς ήταν η επέκταση της έρευνας με χρήση μεγαλύτερου δείγματος, καθώς και η εφαρμογή πιθανοθεωρητικού σχεδίου τυχαίας δειγματοληψίας έναντι της επιλογής ενός βολικού δείγματος, προκειμένου να καταστεί δυνατή η γενίκευση των ερευνητικών ευρημάτων.

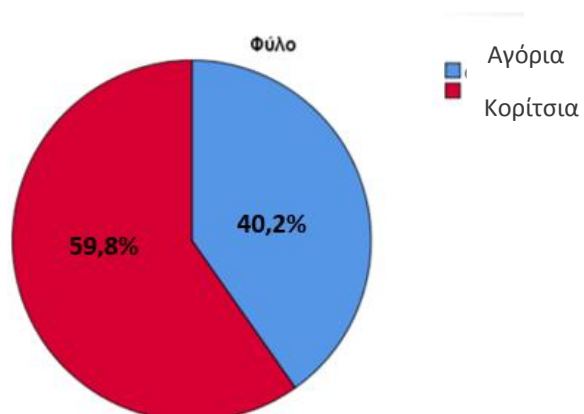
Μια άλλη κατεύθυνση για μελλοντική έρευνα είναι η μελέτη αποτελεσματικότητας της χρήσης της διαδικτυακής πλατφόρμας Go-Lab, αν αυτή χρησιμοποιηθεί καθ' όλη τη διάρκεια της σχολικής χρονιάς, καθώς και σε μικρότερες ηλικιακά τάξεις (Γυμνασίου, Α' Λυκείου). Επίσης, προτείνεται η αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας της χρήσης της πλατφόρμας Go-Lab για τη βελτίωση των δεξιοτήτων και των στάσεων των μαθητών απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες.

Ιδιαίτερη σημασία θα είχε κι ο έλεγχος της αποτελεσματικότητας της χρήσης της διαδικτυακής πλατφόρμας Go-Lab, όσον αφορά στα μαθησιακά οφέλη, τις δεξιότητες και τις στάσεις των μαθητών απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες συγκριτικά με άλλες μεθόδους διδασκαλίας, και κυρίως με την παραδοσιακή διδασκαλία, η οποία χρησιμοποιείται κατά κόρον στη σχολική πραγματικότητα. Φυσικά, η συσσώρευση στη διεθνή επιστημονική βιβλιογραφία ανάλογων ερευνητικών μελετών θα επιτρέψει τον επανέλεγχο των ερευνητικών ευρημάτων της παρούσας εργασίας για την εύρεση του κατά πόσον τα μελλοντικά ερευνητικά ευρήματα θα συμφωνούν με την παρούσα μελέτη και γιατί θα διαφωνούν (αν διαφωνούν).

Η. Παράρτημα Α



Γράφημα 2: Κατανομής (%) συχνότητας σχολείων



Γράφημα 3: Κατανομής (%) συχνότητας σχολείων

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	92	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	92	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics		
Lambda	1	,739
	2	,986
	3	,986
	4	,986
	5	,958
	6	.
N of Items		4

Πίνακας 1: Τα φυτά τρέφονται από το έδαφος.

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	92	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	92	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics		
Lambda	1	,500
	2	1,000
	3	1,000
	4	1,000
	5	1,000
	6	.
N of Items		2

Πίνακας 2: Τα φυτά τρέφονται από το διοξείδιο του άνθρακα.

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	92	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	92	100,0
a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.			

Reliability Statistics		
Lambda	1	,500
	2	1,000
	3	1,000
	4	1,000
	5	1,000
	6	.
N of Items		2

Πίνακας 3: Τα φυτά τρέφονται από το νερό.

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	92	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	92	100,0
a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.			

Reliability Statistics		
Lambda	1	,763
	2	,937
	3	,916
	4	,879
	5	,913
	6	.
N of Items		6

Πίνακας 4: Αντιδρώντα και Προϊόντα φωτοσύνθεσης.

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	92	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	92	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics		
Lambda	1	,500
	2	1,000
	3	1,000
	4	1,000
	5	1,000
	6	.
N of Items		2

Πίνακας 5: Ο μετασχηματισμός ενέργειας που λαμβάνει χώρα κατά τη φωτοσύνθεση.

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	92	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	92	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics		
Lambda	1	,761
	2	,964
	3	,952
	4	,921
	5	,948
	6	.
N of Items		5

Πίνακας 6: Τόπος διεξαγωγής της φωτοσύνθεσης.

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	92	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	92	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Lambda	1	,614
	2	,930
	3	,922
	4	,888
	5	,936
	6	,930
N of Items		3

Πίνακας 7: Χρόνος διεξαγωγής της φωτοσύνθεσης.

Case Processing Summary

		N	%
Cases	Valid	92	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	92	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics

Lambda	1	,608
	2	,922
	3	,912
	4	,657
	5	,932
	6	.
N of Items		3

Πίνακας 8: Ρόλος φωτός στη φωτοσυνθετική διαδικασία.

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	92	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	92	100,0
a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.			

Reliability Statistics		
Lambda	1	,737
	2	,955
	3	,921
	4	,770
	5	,932
	6	.
N of Items		5

Πίνακας 9: Ρόλος χλωροφύλλης στη φωτοσυνθετική διαδικασία.

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	92	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	92	100,0

a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Reliability Statistics		
Lambda	1	,828
	2	,961
	3	,946
	4	,932
	5	,933
	6	.
N of Items		8

Πίνακας 10: Σημασία φωτοσύνθεσης.

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	92	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	92	100,0
a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.			

Reliability Statistics		
Lambda	1	,542
	2	,881
	3	,813
	4	,915
	5	,925
	6	.
	N of Items	3

Πίνακας 11: Διάκριση οργανισμών σε αυτότροφους και ετερότροφους.

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	92	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	92	100,0
a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.			

Reliability Statistics		
Lambda	1	,500
	2	1,000
	3	1,000
	4	1,000
	5	1,000
	6	.
	N of Items	2

Πίνακας 12: Ρυθμός φωτοσύνθεσης.

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	92	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	92	100,0
a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.			

Reliability Statistics		
Lambda	1	,500
	2	1,000
	3	1,000
	4	1,000
	5	1,000
	6	.
N of Items		2

Πίνακας 13: Εξάρτηση ρυθμού φωτοσύνθεσης από διαθεσιμότητα νερού.

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	92	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	92	100,0
a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.			

Reliability Statistics		
Lambda	1	,500
	2	1,000
	3	1,000
	4	1,000
	5	1,000
	6	.
N of Items		2

Πίνακας 14: Εξάρτηση ρυθμού φωτοσύνθεσης από ένταση φωτεινής ακτινοβολίας.

Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	92	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	92	100,0
a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.			

Reliability Statistics		
Lambda	1	,500
	2	1,000
	3	1,000
	4	1,000
	5	1,000
	6	.
N of Items		2

Πίνακας 15: Εξάρτηση ρυθμού φωτοσύνθεσης από θερμοκρασία.

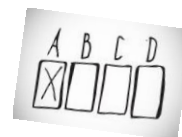
Case Processing Summary			
		N	%
Cases	Valid	92	100,0
	Excluded ^a	0	,0
	Total	92	100,0
a. Listwise deletion based on all variables in the procedure.			

Reliability Statistics		
Lambda	1	,452
	2	,904
	3	,904
	4	,904
	5	,904
	6	,834
N of Items		2

Πίνακας 16: Εξάρτηση ρυθμού φωτοσύνθεσης από συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα.

Θ. Παράρτημα Β

Ερωτηματολόγιο



Φύλο: Άνδρας ☐ Γυναίκα ☐

Να επιλέξετε την καλύτερη δυνατή απάντηση στις παρακάτω ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής.

1. Σε ποιο μέρος του φυτού γίνεται η φωτοσύνθεση;

- A) σε όλο το φυτό
- B) στα φύλλα
- Γ) στα πράσινα μέρη του φυτού
- Δ) στις ρίζες

2. Σε ποιο μέρος του φυτού βρίσκεται η χλωροφύλλη;

- A) στα φύλλα
- B) στις ρίζες
- Γ) σε όλο το φυτό
- Δ) στα πράσινα μέρη του φυτού

3. Πότε συμβαίνει η φωτοσύνθεση;

- A) όταν υπάρχει φως
- B) την ημέρα
- Γ) συνεχώς
- Δ) τη νύχτα

4. Ποιος είναι ο ρόλος του ήλιου στη φωτοσύνθεση;

- A) ο ήλιος προμηθεύει το φυτό με την ενέργεια που είναι απαραίτητη για τη φωτοσύνθεση
- B) ο ήλιος παρέχει θερμότητα στο φυτό

Γ) ο ήλιος προμηθεύει με τροφή το φυτό

5. Ποια μορφή ενέργειας είναι απαραίτητη για τη φωτοσύνθεση;

A) θερμότητα

B) ηλιακή ενέργεια

Γ) θερμότητα και ηλιακή ενέργεια

Δ) καμιά από αυτές τις μορφές

6. Ποιες ουσίες αντιδρούν κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης;

A) το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό

B) το οξυγόνο και το νερό

Γ) η γλυκόζη και το οξυγόνο

Δ) το διοξείδιο του άνθρακα και το οξυγόνο

E) η γλυκόζη και το διοξείδιο του άνθρακα

7. Ποιες ουσίες παράγονται κατά τη φωτοσύνθεση;

A) το διοξείδιο του άνθρακα και το νερό

B) το οξυγόνο και το νερό

Γ) η γλυκόζη και το οξυγόνο

Δ) το διοξείδιο του άνθρακα και το οξυγόνο

E) η γλυκόζη και το διοξείδιο του άνθρακα

8. Η χλωροφύλλη:

A) είναι απαραίτητη για να γίνει η φωτοσύνθεση

B) σχηματίζεται κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης

Γ) δεν έχει σχέση με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης

Δ) καταναλώνεται κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης

9. Τα φυτά λέγονται αυτότροφοι οργανισμοί επειδή:

A) βρίσκουν μόνα τους την τροφή τους

B) παράγουν μόνα τους ενέργεια

Γ) πολλαπλασιάζονται μόνα τους

Δ) δεν έχουν ανάγκη τον άνθρωπο για να ζήσουν

Ε) παράγουν μόνα τους την τροφή τους

11. Ποια είναι η προέλευση της τροφής των φυτών;

Α) το έδαφος

Β) το νερό

Γ) ο αέρας

Δ) τα φυτά παράγουν μόνα τους την τροφή τους χρησιμοποιώντας νερό και διοξείδιο του άνθρακα

Ερωτηματολόγιο

Φύλο: Άνδρας ☐ Γυναίκα ☐

☒ TRUE
☐ FALSE

Να χαρακτηρίσετε τις προτάσεις που ακολουθούν ως σωστές ή λανθασμένες.

Τα φυτά εξασφαλίζουν την απαραίτητη για την επιβίωση τους ενέργεια, διασπώντας τις ανόργανες ενώσεις που προσλαμβάνουν από το έδαφος, μέσω των ριζών τους.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Το φως του ήλιου παρέχει στα φυτά τη φωτεινή ενέργεια που απαιτείται για να πραγματοποιηθεί η φωτοσύνθεση.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Η χλωροφύλλη είναι απαραίτητη για να πραγματοποιηθεί η φωτοσύνθεση.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Τα φυτά χρησιμοποιούν διοξείδιο του άνθρακα και νερό και παράγουν με τη βοήθεια της φωτεινής ενέργειας γλυκόζη και οξυγόνο.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Τα φυτά φωτοσυνθέτουν για το καλό ανθρώπων και ζώων.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Η φωτοσύνθεση μπορεί να πραγματοποιηθεί τόσο στο σκοτάδι, όσο και στο φως.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Ρυθμός φωτοσύνθεσης	Διαθεσιμότητα νερού	Συγκέντρωση CO ₂	Ένταση φωτεινής ακτινοβολίας	Θερμοκρασία	Διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων
Μειώνεται	Μειώνεται	Σταθερή	Σταθερή	Σταθερή	Σταθερή

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Ο ρυθμός με τον οποίο πραγματοποιείται η φωτοσύνθεση είναι πάντα σταθερός.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Η διάκριση των οργανισμών σε αυτότροφους και ετερότροφους γίνεται με βάση την ικανότητα τους να φωτοσυνθέτουν.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Τα φυτά εξασφαλίζουν την απαραίτητη για την επιβίωση τους ενέργεια από τις οργανικές ενώσεις του εδάφους που προσλαμβάνουν μέσω των ριζών τους.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Το ίδιο το φως του ήλιου αποτελεί την απαραίτητη για την επιβίωση των φυτών χημική ενέργεια.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Το πράσινο χρώμα των φυτών οφείλεται στη χλωροφύλλη.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Τα αντιδρώντα της φωτοσύνθεσης είναι το διοξείδιο του άνθρακα και η ηλιακή ενέργεια, ενώ τα προϊόντα της είναι η χλωροφύλλη και το οξυγόνο.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

<u>Ρυθμός φωτοσύνθεσης</u>	<u>Συγκέντρωση CO₂</u>	Θερμοκρασία	Ένταση φωτεινής ακτινοβολίας	Διαθεσιμότητα νερού	Διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων
Αυξάνεται	Αυξάνεται	Σταθερή	Σταθερή	Σταθερή	Σταθερή

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Η φωτοσύνθεση υπάρχει, γιατί μέσω αυτής τα φυτά παράγουν οξυγόνο για τους ανθρώπους και τα ζώα.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Η φωτοσύνθεση δεν λαμβάνει χώρα συνεχώς, αλλά μόνο παρουσία φωτός.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Τα μιτοχόνδρια είναι τα οργανίδια στα οποία λαμβάνει χώρα η φωτοσύνθεση.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Οι κυριότεροι παράγοντες από τους οποίους επηρεάζεται ο ρυθμός της φωτοσύνθεσης είναι η ένταση της φωτεινής ακτινοβολίας, η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα, η θερμοκρασία, η διαθεσιμότητα νερού και θρεπτικών στοιχείων.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

<u>Ρυθμός φωτοσύνθεσης</u>	<u>Ένταση φωτεινής ακτινοβολίας</u>	Θερμοκρασία	Συγκέντρωση CO ₂	Διαθεσιμότητα νερού	Διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων
Μειώνεται	Αυξάνεται	Σταθερή	Σταθερή	Σταθερή	Σταθερή

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Όσο αυξάνεται η μάζα του φυτού, τόσο μειώνεται η μάζα του χώματος.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Απουσία φωτός τα φυτά τελικά πεθαίνουν εξαιτίας της πείνας.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Ο λόγος ύπαρξης της χλωροφύλλης είναι για να κάνει τα φύλλα πράσινα και ωραία.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Η γλυκόζη είναι η πηγή χημικής ενέργειας για τα φυτά.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Σκοπός της φωτοσύνθεσης είναι να απομακρύνει το διοξείδιο του άνθρακα από την ατμόσφαιρα.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Οποτεδήποτε ένα φυτό φωτίζεται, φωτοσυνθέτει.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Η φωτοσύνθεση γίνεται από όλα τα μέρη του φυτού.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

<u>Ρυθμός φωτοσύνθεσης</u>	<u>Συγκέντρωση CO₂</u>	Θερμοκρασία	Ένταση φωτεινής ακτινοβολίας	Διαθεσιμότητα νερού	Διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων
Μειώνεται	Αυξάνεται	Σταθερή	Σταθερή	Σταθερή	Σταθερή

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Ο όρος ετερότροφοι χαρακτηρίζει οργανισμούς που μπορούν να συνθέσουν μόνοι τους τις οργανικές ενώσεις που χρειάζονται.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Τα λιπάσματα αποτελούν πηγή ενέργειας για τα φυτά.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Η χλωροφύλλη δεσμεύει την απαραίτητη για τη φωτοσύνθεση φωτεινή ενέργεια.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Αυτότροφοι ονομάζονται οι οργανισμοί που χρησιμοποιούν τη φωτεινή ενέργεια του ήλιου για να συνθέσουν τις οργανικές ενώσεις που χρειάζονται.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Οι οργανισμοί διακρίνονται σε αυτότροφους και ετερότροφους ανάλογα με το πως εξασφαλίζουν την απαραίτητη για την επιβίωση τους ενέργεια τους.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Η χλωροφύλλη παράγεται κατά τη διάρκεια της φωτοσύνθεσης.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Τα φυτά παράγουν μέσω φωτοσύνθεσης τις απαραίτητες για την επιβίωση τους οργανικές ενώσεις.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Σε όλα τα πράσινα μέρη του φυτού, αλλά κυρίως στα φύλλα λαμβάνει χώρα η φωτοσύνθεση.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

<u>Ρυθμός φωτοσύνθεσης</u>	<u>Ένταση φωτεινής ακτινοβολίας</u>	Θερμοκρασία	Συγκέντρωση CO ₂	Διαθεσιμότητα νερού	Διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων
Αυξάνεται	Αυξάνεται	Σταθερή	Σταθερή	Σταθερή	Σταθερή

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Το νερό παρέχει στα φυτά την απαραίτητη για την επιβίωση τους ενέργεια.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Παρόλο που η χλωροφύλλη είναι απαραίτητη για τη φωτοσύνθεση, δεν είναι ούτε αντιδρών, ούτε προϊόν της.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Η φωτοσύνθεση είναι σημαντική για τη ροή ενέργειας του οικοσυστήματος.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Η χλωροφύλλη είναι το οργανίδιο του φυτικού κυττάρου στο οποίο πραγματοποιείται η φωτοσύνθεση.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

<u>Ρυθμός φωτοσύνθεσης</u>	<u>Θερμοκρασία</u>	<u>Συγκέντρωση CO₂</u>	<u>Ένταση φωτεινής ακτινοβολίας</u>	<u>Διαθεσιμότητα νερού</u>	<u>Διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων</u>
Αυξάνεται	Αυξάνεται	Σταθερή	Σταθερή	Σταθερή	Σταθερή

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Τα φυτά εξασφαλίζουν την απαραίτητη για την επιβίωση τους ενέργεια από το νερό.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Η κύρια πηγή χημικής ενέργειας στα φυτά είναι η χλωροφύλλη.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Η μορφή ενέργειας του ήλιου που είναι απαραίτητη για τη φωτοσύνθεση είναι η φωτεινή ενέργεια.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Όλοι οι οργανισμοί εξαρτώνται ενεργειακά από τα φυτά, επειδή αυτά αποτελούν (άμεσα ή έμμεσα) πηγή οργανικών ενώσεων κι ενέργειας, για όλους τους άλλους οργανισμούς.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

<u>Ρυθμός φωτοσύνθεσης</u>	<u>Διαθεσιμότητα νερού</u>	<u>Συγκέντρωση CO₂</u>	<u>Ένταση φωτεινής ακτινοβολίας</u>	<u>Θερμοκρασία</u>	<u>Διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων</u>
Αυξάνεται	Μειώνεται	Σταθερή	Σταθερή	Σταθερή	Σταθερή

Το διοξείδιο του άνθρακα παρέχει στα φυτά την απαραίτητη για την επιβίωση τους ενέργεια.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Η φωτεινή ενέργεια του ήλιου μετασχηματίζεται σε χημική ενέργεια, μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Όλοι οι οργανισμοί εξαρτώνται άμεσα ή έμμεσα από τη φωτοσύνθεση.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Τα φυτά εξασφαλίζουν την απαραίτητη για την επιβίωση τους ενέργεια από το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Ως φωτοσύνθεση ορίζεται η μετατροπή της χημικής ενέργειας του ήλιου σε φωτεινή ενέργεια.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Οι άνθρωποι και τα ζώα δεν μπορούν να ζήσουν χωρίς τα φυτά, γιατί αυτά είναι που τους προμηθεύουν ενέργεια και οξυγόνο.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

Η φωτοσύνθεση πραγματοποιείται στους χλωροπλάστες.

Σωστό ☐ Λάθος ☐

<u>Ρυθμός φωτοσύνθεσης</u>	<u>Θερμοκρασία</u>	<u>Συγκέντρωση CO₂</u>	<u>Ένταση φωτεινής ακτινοβολίας</u>		<u>Διαθεσιμότητα νερού</u>	<u>Διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων</u>
Μειώνεται	Αυξάνεται	Σταθερή	Σταθερή		Σταθερή	Σταθερή

Σωστό ☐ Λάθος ☐

I. Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση

- Abdi, A. (2014). The Effect of Inquiry-based Learning Method on Students' Academic Achievement in Science Course. *Universal Journal of Educational Research*, 2(1), 37-41.
- Abed, N. (2014). *Effective Inquiry-Based Learning Strategies in Teaching Science to a Group of High School Learners*. Doctoral Thesis, American International College.
- Achuonye, A. (2006). Human factor considerations for limiting gender barriers in our classrooms. *International Journal African Women Education*, 2(1), 102-107.
- Achuonye, A., & Olele, C. (2009). Internet Using Patterns of Nigerian Teacher-Trainees: Implications for Teacher Education in Nigeria. *Journal Science Teacher's Association of Nigeria*, 44(1&2), 103-108.
- Aghaei, S. (2012). Evolution of the World Wide Web: From Web 1.0 to Web 4.0. *International Journal of Web and Semantic Technology*, 3(1), 1-10.
- Akkerhuis, G. (1974). *A comparison of pupil achievement and pupil attitudes with and without the assistance of batch computer-supported instruction*. Doctoral Thesis, University Microfilms.
- Akpan, P. (2001). Issues associated with inserting computer simulations into biology instruction. *Electronic Journal of Science Education*, 5(3), 17-18.
- Alfieri, L., Brooks, J., Aldrich, J., & Tenenbaum, R. (2011). Does discovery-based instruction enhance learning?. *Journal of Educational Psychology*, 103(1), 1-18.
- Alloway, G., Bos, N., & Hamel, K. (1996). Creating an inquiry-learning environment using the World Wide Web. *Journal of Network and Computer Applications*, 20(1), 75-85.
- Al-Tarawneh, M. (2016). The effectiveness of educational games on scientific concepts acquisition in first grade students in Science. *Journal of Education and Practice*, 7(3), 31-37.
- Anderson, D. (2002). Reforming Science Teaching: What Research says about Inquiry. *Journal of Science Teacher Education*, 13(1), 1-12.
- Anulobi, J. (2009). Effect of the Use of Video Compact Disc Instructional Package (VCDIP) on Academic Performance of Junior Secondary School Fine Arts Students in Owerri. *Journal of Education Technology and Innovation*, 1(1), 31-36.
- Anyamene, A., Nwokolo, C., Anyachebelu, F., & Anemelu, V. (2012). Effect of computer assisted packages on the performance of senior secondary students in mathematics in Nigeria. *American International Journal of Contemporary Research*, 2(7), 61-65.
- Apedoe, X., Walker, S., & Reeves, T. (2006). Integrating Inquiry-based learning into undergraduate geology. *Journal of Geoscience Education*, 54(3), 414-421.

- Ardac, D., & Sezen, H. (2002). Effectiveness of computer-based chemistry instruction in enhancing the learning of content and variable control under guided versus unguided conditions. *Journal of Science Education and Technology*, 11(1), 39-48.
- Arenas-Gaitán, J., Rondan-Cataluña, J., & Ramirez-Correa, E. (2010). Gender influence in perception and adoption of E-Learning platforms. In N. Mastorakis, M. Demiralp, V., Mladenov, & Z. Bojkovic (Eds), *Proceedings of the 9th WSEAS International Conference on Advance in Networks, Communications, Computers*. (pp.30-34). Portugal, NSTApress.
- Arslan, A. (2014). Transition between Open and Guided Inquiry Instruction. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 141(14), 407-412.
- Ash, J. (2005). *The effectiveness of computer-assisted instruction on middle school mathematics achievement*. Doctoral Thesis, Tennessee State University.
- Austin, A. (1984). *Teaching concepts and properties of parallelograms by a computer assisted instruction program and a traditional classroom setting*. Doctoral Thesis, University of Florida.
- Ayoubi, R. (1985). The effect of microcomputer assisted instruction on achievement in high school chemistry. *Dissertation Abstracts International*, 46(11), 3310A.
- Baer, S. (1998). Will the Internet Transform Higher Education?. In C. Firestone (Ed), *The Emerging Internet: Annual Review of the Institute for Information Studies*. (pp. 81-108). Falls Church, VA: Institute for Information Studies.
- Banchi, H., & Bell, R. (2008). The Many Levels of Inquiry. *Science and Children*, 46(2), 26-29.
- Bangert-Drowns, L., Kulik, A., & Kulik, C. (1985). Effectiveness of computer-based education in secondary schools. *Journal of Computer-Based Instruction*, 12(3), 59-68.
- Barker, M., & Carr, M. (1989). Teaching and learning about photosynthesis. Part 1: An assessment in terms of students' prior knowledge. *International Journal of Science Education*, 11(1), 49-56.
- Baser, M. (2006). Effects of conceptual change and traditional confirmatory simulations on preservice teachers' understanding of direct current circuits. *Journal of Science Education and Technology*, 15(5), 367-381.
- Başer, M., & Durmuş, S. (2010). The effectiveness of computer supported versus real laboratory inquiry learning environments on the understanding of direct current electricity among pre-service elementary school teachers. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 6(1), 47-61.
- Basturk, R. (2005). The effectiveness of Computer-Assisted Instruction in teaching introductory statistics. *Educational Technology and Society*, 8(2), 170-128.
- Baxter, P. (1995). Using computer simulations to assess hands-on science learning. *Journal of Science Education and Technology*, 4(1), 21-27.
- Beattie, G., Shovelton, H., Blindern, O., Duit, R., Treagust, D., Givry, D., & Driver, R. (2006). An experimental investigation of some properties of individual iconic gestures that mediate their communicative power. *Cognition*, 43(2), 1086-1109.

- Bell, B. (1985). Students' ideas about plant nutrition: What are they?. *Journal of Biological Education*, 19(3), 213-218.
- Bell, R., & Smetana, L. (2002). Using Computer Simulations to Enhance Science Teaching and Learning. In R. Bell, J. Newsome, & J. Luft (Eds), *Technology in the secondary science classroom*. (pp. 23-32). Institute for Information Studies, NSTApress.
- Bell, R., Smetana, L., & Binns, I. (2005). Simplifying Inquiry Instruction. *Science teacher*, 72(7), 30-33.
- Bell, L., & Trundle, C. (2008). The use of a computer simulation to promote scientific conceptions of moon phases. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 346 -372.
- Bello, G. (1990). *Senior secondary school students' knowledge misconceptions and alternative conception of a major biology proposition*. Master Thesis, University of Ilorin.
- Bennett, F. (1985). The effects of Computer Assisted Instruction and reinforcement schedules on physics achievement and attitudes toward physics of high school students. *Dissertation Abstracts International*, 46(2), 3670A.
- Betz, A. (1996). Computer games: Increase learning in an interactive multidisciplinary environment. *Journal of Technology Systems*, 24(2), 195-205.
- Bishop, B., Roth, K., & Anderson, C. (1986). *Respiration and Photosynthesis: A Teaching Module*. Occasional Paper No. 90, IRT, University of Michigan.
- Bitting, D. (2015). *The impact of an Inquiry based approach on attitude, motivation and achievement in a high school physics laboratory*. Master Thesis, University of New York.
- Bobbert, C. (1982). The effects of using interactive computer simulated laboratory experiments in college chemistry courses. *Dissertation Abstracts International*, 43(7), 2300B.
- Boblick, M. (1972). Writing chemical formulas: A comparison of computer assisted instruction with traditional teaching techniques. *Science Education*, 56(2), 221-225.
- Boblick, M. (1972a). The use of computer-based simulations and problem drills to teach the gas laws. *Science Education*, 56(1), 17-22.
- Boblick, M. (1972b). Discovering the conservation of momentum through the use of a computer simulation of a one-dimensional elastic collision. *Science Education*, 56(3), 337-344.
- Brant, G., Hooper, E., & Sugrue, B. (1991). Which comes first, the simulation of the lecture?. *Journal of Educational Computing Research*, 7(4), 469-481.
- Brom, C., Preuss, M., & Klement, D. (2011). Are educational computer micro-games engaging and effective for knowledge acquisition at high-schools? A quasi-experimental study. *Computers and Education*, 57(3), 971-988.
- Bruce, C., & Casey, L. (2012). The Practice of Inquiry: A Pedagogical "Sweet Spot" for Digital Literacy?. *Computers in the Schools*, 29(1&2), 191-206.
- Brune, M. (2010). *The Inquiry learning model as an approach to mathematics instruction*. Master Thesis, Boise State University.

- Bunterm, T., Lee, K., Lan Kong, J., Srikoon, S., Vangpoomyai, P., Rattanaovongsa, J., & Rachahoon, G. (2014). Do Different Levels of Inquiry Lead to Different Learning Outcomes? A comparison between guided and structured inquiry. *International Journal of Science Education*, 36(12), 1937-1959.
- Burgh, G., & Nichols, K. (2012). The Parallels Between Philosophical Inquiry and Scientific Inquiry: Implications for science education. *Educational Philosophy and Theory*, 44(10), 1045-1059.
- Burguillo, C. (2010). Using game theory and Competition-based Learning to stimulate student motivation and performance. *Computers and Education*, 55(2), 566-575.
- Bybee, R. (2000). Teaching Science as Inquiry. In J. Minstrel & E. H. Van Zee (Eds), *Inquiring into Inquiry Learning and Teaching in Science*. Washington, DC: AAAS.
- Bybbee, R., Taylor, J., Gardner, A., Scotter, P., Powell, J., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS Instructional Model: Origins and Effectiveness*. Colorado, CO: BSCS.
- Bybee, R. (2009). The BSCS 5E instructional model and 21st century skills. *Science Education National Institutes of Health*, 1(2), 1-80.
- Campbell, D., Peck, D., Horn, C., & Leigh, R. (1987). Comparison of Computer-Assisted Instruction and print drill performance: A research note. *Educational Technology Research and Development*, 35(2), 95-103.
- Campbell, O., Bourne, R., Mosterman, J., & Brodersen, J. (2002). The effectiveness of learning simulators for electronic laboratories. *Journal of Engineering Education*, 91(1), 81-87.
- Cañal, P. (1999). Photosynthesis and "inverse respiration" in plants: An inevitable misconception?. *International Journal of Science Education*, 21(4), 363-371.
- Candole, B., Khandewale, S., & Mishra, A. (2006). A comparison of students' attitudes between computer software support and traditional laboratory practical learning environments in undergraduate electronics science. *e-Journal of Instructional Science and Technology*, 9(1), 1-13.
- Carlsen, D., & Andre, T. (1992). Use of a microcomputer simulation and conceptual change text to overcome student preconceptions about electric circuits. *Journal of Computer-Based Instruction*, 19(4), 105-109.
- Castleberry, J., Montague, J., & Lagowski, J. (1970). Computer-based teaching techniques in general chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 7(3), 197-208.
- Castleberry, J., Culp, H., & Lagowski, J. (1973). The impact of computer-based instructional methods in general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 50(7), 469-476.
- Catubas, C. (2017, January 9). The Effect of Inquiry-Based Learning Approach in Teaching Biological Concepts to Grade 7 Students at San Jose Del Monte National High School. Retrieved from <http://www.deped.gov.ph/regions/region-iii/2017-research>.
- Cavin, S., & Lagowski, J. (1978). Effects of computer simulated or laboratory experiments and student aptitude on achievement and time in a college general chemistry laboratory course. *Journal of Research in Science Teaching*, 15(6), 455-463.

- Cavin, C., Cavin, E., & Lagowski, J. (1981). The effect of computer-assisted instruction on the attitudes of college students toward computers and chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 18(4), 329-333.
- Chang, Y., & Mao, L. (1999). Comparison of taiwan science students' outcomes with inquiry-group versus traditional instruction. *Journal of Educational Research*, 92(6), 340-346.
- Chang, E., Sung, T., & Lee, L. (2003). Web-based collaborative inquiry learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 19(1), 56-69.
- Chang, E., Chen, L., Lin, Y., & Sung, T. (2008). Effects of learning support in simulation-based physics learning. *Computers and Education*, 51(4), 1486-1498.
- Chang, C., Peng, Y., & Chao, C. (2010). Examining the effects of learning motivation and of course design in an instructional simulation game. *Interactive Learning Environments*, 18(4), 319-339.
- Chiang, A., Stauffer, C., & Cannara, A. (1978). Demonstration of the use of computer-assisted instruction with handicapped children. Final report. (ERIC Document Reproduction Service No. ED166913).
- Choi, B., & Gennaro, E. (1987). The effectiveness of using computer simulated experiments on junior high students' understanding of the volume displacement concept. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(6), 539-552.
- Christmann, P., & Badget, L. (1999). A comparative analysis of the effects of Computer-Assisted Instruction on student achievement in differing science and demographical areas. *Journal of Computer in Mathematics and Science Teaching*, 18(2), 135-143.
- Clark, D., & Jorde, D. (2004). Helping students revise disruptive experientially supported ideas about thermodynamics: Computer visualizations and tactile models. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(1), 1-23.
- Clark, M., & Chamberlain, M. (2014). Use of a PhET Interactive Simulation in General Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 91(8), 1198-1202.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2008). *Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας*. Αθήνα, Εκδόσεις Μεταίχμιο.
- Colaso, V., Kamal, A., Saraiya, P., North, C., McCrickard, S., & Shaffer, C. (2002). Learning and retention in data structures: A comparison of visualization, text, and combined methods In P. Barker, & S. Rebelsky (Eds), *Proceedings of ED-MEDIA 2002--World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*. (pp. 332-333). Colorado, USA: Association for the Advancement of Computing in Education.
- Colburn, A. (2000). An Inquiry Primer. *Science Scope*, 23(6), 42-44.
- Collier, D., Meyer, M., Fourment, M., Gillings, R., Gross, J., Emmelmann, M., & Choudhury, N. (2014). A comparison of common programming languages used in bioinformatics. *BMC Bioinformatics*, 9(6), 1-5.

- Coma Del Corral, J., Guevara, C., Luquin, A., Peña, J., & Mateos Otero, J. (2006). Usefulness of an Internet-based thematic learning network: Comparison of effectiveness with traditional teaching. *Informatics for Health and Social Care*, 31(1), 59-66.
- Conway, J. (2014). Effects of Guided Inquiry versus Lecture Instruction on Final Grade Distribution in a One-Semester Organic and Biochemistry Course. *Journal of Chemical Education*, 91(4), 480-483.
- Cook, A. (2007). Web-based learning: Pros, cons and controversies. *Journal of the Royal College of Physicians of London*, 7(1), 37-42.
- Corsi, M., Boyson, S., Verbraeck, A., Van Houten, S., Han, C., & Macdonald, R. (2006). The real-time global supply chain game: new educational tool for developing supply chain management professionals. *Transportation Journal*, 45(3), 61-73.
- Corter, E., Nickerson, V., Esche, K., & Chassapis, C. (2004, March 3). Remote Versus Hands-On Labs: A Comparative Study. Retrieved from http://personal.stevens.edu/~sesche/abs_fie04.htm.
- Cracolice, S. (1994). *An investigation of Computer- Assisted Instruction and semi-programmed instruction as a replacement for traditional recitation/discussion in general chemistry and their relationships to student cognitive characteristics*. Doctoral Thesis, University of Oklahoma.
- Cuevas, P., Lee, O., Hart, J., & Deaktor, R. (2005). Improving science inquiry with elementary students of diverse backgrounds. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(3), 337-357.
- Dalton, B., Morocco, C., Tivnan, T., & Mead, P. (1997). Supported inquiry science: Teaching for conceptual change in urban and suburban science classrooms. *Journal of Learning Disabilities*, 30(6), 670-684.
- Dantala, N. (2006). *Effect of Computer-Assisted Instruction (CAI) package for individualized learning of history in the senior secondary school in Niger State*. Master Thesis, Federal University of Technology.
- Davies, P. (1972). An evaluation of computer assisted instruction using a drill and practice program. *Dissertation Abstracts International*, 32(1), 6970B.
- de Jong, T., Martin, E., Zamarro, J., Esquembre, F., Swaak, J., & van Joolingen, W. (1999). The integration of computer simulation and learning support: An example from the physics domain of collisions. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(5), 597-615.
- de Jong, T. (2006). Technological advances in inquiry learning. *Science*, 312(57), 523-533.
- de Jong, T. (2006a). Computer simulations. Technological advances in inquiry learning. *Science*, 312(73), 552-553.
- de Jong, T. (2013, February 2). Global Online Science Labs for Inquiry Learning at School Go - Lab learning spaces specification. Retrieved from http://www.go-lab-project.eu/sites/default/files/files/deliverable/file/Go-Lab_D1%2011.pdf.
- de Jong, T., Sotiriou, S., & Gillet, D. (2014). Innovations in STEM education: the Go-Lab federation of online labs. *Smart Learning Environments*, 1(3), 1-16.

- Delon, G. (1970). A field test of computer assisted instruction in first grade mathematics. *Educational Leadership*, 28(19), 170-180.
- Dikke, D., Tsourlidaki, E., Zervas, P., Cao, Y. W., Faltin, N., Sotiriou, S., & Sampson, D. (2014). Golabz: Towards a Federation of Online Labs for Inquiry-Based Science Education at School. *Journal of Immersive Education*, 2(3), 190-203.
- Dikke, D., & Faltin, N. (2015). Go-Lab Mooc - an Online Course for Teacher Professional Development in the Field of Inquiry- Based Science Education. In R. Carlsen, & D. Willey (Eds), *Proceedings of the 7th International Conference on Education and New Learning Technologies*. (1003-1012). Spain, IATED.
- Din, S., & Calao, J. (2000, February 16). *Playing computer games versus better learning*, Paper presented at the Annual Conference of the Eastern Educational Research Association, Washington. ED 438 905.
- Driver, R. Guensen, E., & Tiberghien, A. (1993). *Οι ιδέες των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα, Εκδόσεις Τροχαλία.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (2000). *Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών. Μια παγκόσμια σύνοψη των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα, Εκδόσεις Τυπωθήτω.
- Duffy, M., & Barowy, W. (1995, June 10). *Effects of constructivist and computer-facilitated strategies on achievements in heterogenous secondary biology*. Paper presented at NARST 1995 Annual Meeting, San Francisco. ED 406 207.
- Easterling, A. (1982). The effects of computer assisted instruction as a supplement to classroom instruction in reading comprehension and arithmetic. *Dissertation Abstract International*, 43(1), 2231A.
- Ebner, M., & Holzinger, A. (2007). Successful implementation of user-centered game based learning in higher education: an example from civil engineering. *Computers and Education*, 49(3), 873-890.
- Edelson, C., Gordin, N., & Pea, D. (1999). Journal of the Learning Addressing the Challenges of Inquiry-Based Learning Through Technology and Curriculum Design. *The Journal of the Learning Sciences*, 8(3&4), 391-450.
- Eichinger, C., Nakhleh, B., & Auberry, L. (2000). Using a computer simulation before dissection to help students learn anatomy. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 19(3), 253 -275.
- Eisen, Y., & Stavy, R. (1993). How to make the learning of photosynthesis more relevant. *International Journal of Science Education*, 15(2), 117-125.
- Eisenhardt, M. (1989). Building theories from case study research. *Academy of Management Review*, 14(4), 532-550.
- Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E model. *The Science Teacher*, 70(6), 56-59.

- Ergül, R., Simsekli, Y., Çalis, S., Özdilek, Z., Cöcmencelebi, S., & Sanli., M. (2011). the Effects of Inquiry-Based Science Teaching on Elementary School Students' Science Process Skills and Science Attitudes. *Bulgarian Journal of Science and Education Policy*, 5(1), 48-68.
- Eylon, B., Ronen, M., & Ganiel, U. (1996). Computer simulations as tools for teaching and learning: Using a simulation environment in optics. *Journal of Science Education and Technology*, 5(2), 93-110.
- Fakomogbon, M., Adetayo, O., Oyeboode, A., & Enuma, M. (2014). Effect of computer assisted instructional package on the performance of students in mathematics in Ilorin Metropolis. *European Scientific Journal*, 10(25), 196-206.
- Fan, X., (2015). *Effectiveness of an Inquiry-based learning using Interactive Simulations for Enhancing Students' Conceptual Understanding in Physics*. Doctoral Thesis, University of Queensland.
- Farwick, R., Hester, L., & Teale, H. (2013). Where do you want to go today? Inquiry- based learning and Technology Integration. *JSTOR*, 55(7), 616-625.
- Ferguson, K. (2010). *Inquiry based mathematics instruction versus Traditional mathematics instruction: The effect on student understanding and comprehension in an eight grade pre-algebra classroom*. Master Thesis, Cedarville University.
- Fernandez, F. (2017). Action research in the physics classroom: the impact of authentic, inquiry based learning or induction on the learning of thermal physics. *Asia-Pasific Science Education*, 3(3), 1-20.
- Finkelstein, D., Perkins, K., Adams, W., Kohl, P., & Podolefsky, N. (2004). Can computer simulations replace real equipment in undergraduate laboratories?. *AIP Conference Proceedings*, 790(1), 101-104.
- Finkelstein, N. D., Perkins, K., Adams, W., Keller, K., Kohl, P., Podolefsky, N., Reid, S., & LeMaster, R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: a study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physics Education Research*, 1(1), 1-8.
- Fosnot, C. & Perry, R. (2005). *Constructivism: theory, perspectives and practice*. Columbia, Teachers College Press.
- Fox, A. (1986). A comparison of lecture based instruction and computer based individualized instruction. *Dissertation Abstracts International*, 47(6), 2132A.
- Friedler, Y., Merin, O., & Tamir, P. (1992). Problem-solving inquiry-oriented biology tasks integrating practical laboratory and computer. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 11(3&4), 347 -357.
- Furtak, M., Seidel, T., Iverson, H., & Briggs, C. (2012). Experimental and quasi-experimental studies of inquiry-based science teaching. *Review of Educational Research*, 82(3), 300-329.
- Gauld, C. (1988). The "pupil-as-student" metaphor in science education. *Research in Science Education*, 18(1), 35-41.
- Gibson, L., & Chase, C. (2002). Longitudinal Impact of an Inquiry-Based Science Program on Middle School Students' Attitudes Toward Science. *Science Education*, 86(5), 693-705.

- Girard, C., Ecalle, J., & Magnan, A. (2013). Serious games as new educational tools: How effective are they? A meta-analysis of recent studies. *Journal of Computer Assisted Learning*, 29(3), 207-219.
- Gokhale, A. (1996). Effectiveness of computer simulation for enhancing higher order thinking. *Journal of Industrial Teacher Education*, 33(4), 36-46.
- Grant, L. (2006, August 27). Using Wikis in Schools : a Case Study. Retrieved from <http://www.futurelab.org.uk/research/discuss/05discuss01.htm>.
- Gudanescu, S. (2010). New educational technologies. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 5646-5649.
- Hadzigeorgiou, Y., & Fotinos, N. (1990). Imaginative Thinking and the Learning of Science. *The Science Education Review*, 6(1), 15-23.
- Hand, B., Wallace, O., & Yang, E. (2004). Using a science writing heuristic to enhance learning outcomes from laboratory activities in seventh grade science: quantitative and qualitative aspects. *International Journal of Science Education*, 26(2), 131-149.
- Haury, L. (1993). Teaching science through inquiry. ERIC Clearinghouse for Science Mathematics and Environmental Education, Columbus. (ERIC Document Reproduction Service No. ED359 048).
- Higgins, S. (2003). Does Ict Improve Learning and Teaching in Schools?. *Journal of Science and Technology*, 17(6), 586-594.
- Hong, C., Hwang, Y., Liu, C., Ho, Y., & Chen, L. (2014). Using a "prediction-observation-explanation" inquiry model to enhance student interest and intention to continue science learning predicted by their Internet cognitive failure. *Computers and Education*, 72(14), 110-120.
- Hounshell, B., & Hill, R. (1989). The microcomputer and achievement and attitudes in high school biology. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(6), 543 -549.
- Hsu, Y., & Thomas, R. (2002). The impacts of a web-aided instructional simulation on science learning. *International Journal of Science Education*, 24(9), 955 -979.
- Huang, H., Huang, Y., & Tschopp, J. (2010). Sustaining iterative game playing processes in DGBL: the relationship between motivational processing and outcome processing. *Computers and Education*, 55(2), 789-797.
- Huppert, J., Lomask, S., & Lazarowitz, R. (2002). Computer simulations in the high school: Students' cognitive stages, science process skills and academic achievement in microbiology. *International Journal of Science Education*, 24(8), 803-821.
- Hwang, J., Wu, H., & Chen, C. (2012). An online game approach for improving students' learning performance in web-based problem-solving activities. *Computers and Education*, 59(4), 1246-1256.
- Hwang, J., Yang, H., & Wang, Y. (2013). A concept map-embedded educational computer game for improving students' learning performance in natural science courses. *Computers and Education*, 69(13), 121-130.

- Ibrahim, B., & Franklin, D. (1995). Advanced Educational Uses of the World Wide Web. *Computer Networks and ISDN Systems*, 27(6), 871-877.
- Idleman, B. (2016). *Inquiry based learning in the chemistry classroom*. Master Thesis, Montana University.
- Jaakkola, T., & Nurmi, S. (2004, September 16). *Academic impact of learning objects: The case of electric circuits*. Paper presented at the British Research Association Annual Conference, England. ED 370 102.
- Jaakkola, T., & Nurmi, S. (2008). Fostering elementary school students' understanding of simple electricity by combining simulation and laboratory activities. *Journal of Computer Assisted Learning*, 24(1), 271-283.
- Jackman, E., Moellenberg, P., & Brabson, D. (1990). Effects of conceptual systems and instructional methods on general chemistry laboratory achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(7), 699 -709.
- Jagannath, D. (2013). Effectiveness of computer assisted instruction in the development of study habits in relation to the gender, locality and socio-economic status of secondary school students. *International Journal of Education and Psychological Research*, 2(4), 75-86.
- Jensen, S., Wilcox, J., Hatch, T., & Somdahl, C. (1996). A computer assisted instruction unit on diffusion and osmosis with conceptual change design. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 15(1/2), 49-64.
- Jensen, D., Self, B., Rhymer, D., Wood, J., & Bowe, M. (2002). A rocky journey toward effective assessment of visualization modules for learning enhancement in engineering mechanics. *Educational Technology and Society*, 5(3), 150-162.
- Jimoyiannis, A., & Komis, V. (2001). Computer simulations in physics teaching and learning: a case study on students' understanding of trajectory motion. *Computers and Education*, 36(2), 183-204.
- Justice, C., Rice, J., Warry, W., Inglis, S., Miller, S., & Sammon, S. (2007). Inquiry in higher education: Reflections and directions on course design and teaching methods. *Innovative Higher Education*, 31(4), 201-214.
- Justice, C., Rise, J., Roy, D., Hudspith, B., & Jenkins, H. (2014). Inquiry-Based Learning in Higher Education: Administrators' Perspectives on Integrating Inquiry Pedagogy into the Curriculum. *Higher Education*, 58(6), 841-855.
- Kamii, C. (1979). Piaget's theory, behaviorism and other theories in education. *The Journal of Education*, 161(1), 13-33.
- Kausar, T., Choudhry, B., & Gujjar, A. (2008). A comparative study to evaluate the effectiveness of computer assisted instruction (CAI) versus classroom lecture (CRL) for computer science at ICS level. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 7(4), 5-108.
- Keeley, P. (2015). Teaching Conceptual Understanding Science. *National Science Teachers Association*, 7(1), 95-107.

- Keller, C. (2005). Virtual learning environments: Three implementation perspectives. *Learning, Media and Technology*, 30(3), 299-311.
- Keller, C., Finkelstein, D., Perkins, K., & Pollock, J. (2005). Assessing the effectiveness of a computer simulation in conjunction with tutorials in introductory Physics in undergraduate Physics recitations. *AIP Conference Proceedings*, 818(1), 109-112.
- Kerka, S. (1996). Distance Learning, the Internet and the World Wide Web. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 395 214).
- Kiboss, J., Ndirangu, M., & Wekesa, E. (2004). Effectiveness of a computer-mediated simulations program in school biology on pupils' learning outcomes in cell theory. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 207-213.
- Kienzler, H., & Fontanesi, C. (2017). Learning through inquiry: a Global Health Hackathon. *Teaching in Higher Education*, 22(2), 129-142.
- Kinzie, B., Strauss, R., & Foss, J. (1993). The effects of an interactive dissection simulation on the performance and achievement of high school biology students. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(8), 989 -1000.
- Kirkpatrick, H., & Cuban, L. (1998). Should we be worried? What the research says about gender differences in access, use, attitudes, and achievement with computers. *Educational Technology*, 38(4), 56-60.
- Khan, M., & Iqbal, M. (2011). Effect of Inquiry Lab Teaching Method on the Development of Scientific Skills Through the Teaching of Biology in Pakistan. *Language in India*, 11(1), 169-178.
- Klahr, D., Triona, L., & Williams, C. (2007). Hands on what? The relative effectiveness of physical vs. virtual materials in an engineering design project by middle school children. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(1), 183-203.
- Klawe, M. (1998). When does the use of computer games and other interactive multimedia software help students learn Mathematics?. *NCTM Standards*, 5(2), 109-115.
- Klein, D., & Freitag, E. (1991). Effects of using an instructional game on motivation and performance. *Journal of Educational Research*, 84(5), 303-308.
- Koran, J., & McLaughlin, F. (1990). Games or drill: Increasing the multiplication skills of students. *Journal of Instructional Psychology*, 17(4), 222-230.
- Korfiatis, K., Papatheodorou, G., Stamou, P., & Paraskevopoulos, S. (1999). An investigation of the effectiveness of computer simulation programs as tutorial tools for teaching population ecology at university. *International Journal of Science Education*, 21(12), 269-280.
- Kumar, D., & Sherwood, R. (2007). Effect of a problem-based simulation on the conceptual understanding of undergraduate science education students. *Journal of Science Education and Technology*, 16(3), 239 -246.
- Laffey, M., Espinosa, L., Moore, J., & Lodree, A. (2003). Supporting learning and behavior of at-risk young children: computers in urban education. *Journal of Research on Technology in Education*, 35(4), 423-440.

- Lamanauskas, V. (2015). Natural science and technology education: values component. *Journal of Baltic Science Education*, 14(6), 704-705.
- Lee, J. (1999). Effectiveness of computer-based instructional simulation: A meta analysis. *International Journal of Instructional Media*, 26(1), 71-85.
- Lee, K., Nicoll, G., & Brooks, D. (2004). A comparison of inquiry and worked example web-based instruction using physlets. *Journal of Science Education and Technology*, 13(1), 81-88.
- Lee, S. (2012). What Is Inquiry-Guided Learning?. *New Directions for Teaching and Learning*, 129(12), 5-14.
- Liao, Y., Chen, H., Cheng, H., Chen, C., & Chan, W. (2011). My-Mini-Pet: a handheld pet-nurturing game to engage students in arithmetic practices. *Journal of Computer Assisted Learning*, 27(1), 76-89.
- Lim, P., Nonis, D., & Hedberg, J. (2006). Gaming in a 3-D multiuser virtual environment: engaging students in science lessons. *British Journal of Educational Technology*, 37(2), 211-231.
- Limniou, M., Papadopoulos, N., & Whitehead, C. (2009). Integration of simulation into pre-laboratory chemical course: Computer cluster versus WebCT. *Computers and Education*, 52(1), 45-52.
- Lin, X., & Lehman, J. (1999). Supporting learning of variable control in a computer-based biology environment: Effects of prompting college students to reflect on their own learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 837-858.
- Liu, H., Andre, T., & Greenbowe, T. (2008). The impact of learners' prior knowledge on their use of chemistry computer simulations: A case study. *Journal of Science Education and Technology*, 17(5), 466-482.
- Luft, A., & Roehrig, H. (2004). Inquiry Teaching in High School Chemistry Classrooms: The Role of Knowledge and Beliefs. *Journal of Chemical Education*, 81(10), 1510-1519.
- Luo, W., Stravers, A., & Duffin, L. (2005). Lessons learned from using a web-based interactive landform simulation model in a general education physical geography course. *Journal of Geoscience Education*, 53(5), 489-493.
- Mäeots, M., Pedaste, M., & Sarapuu, T. (2008). Transforming students' inquiry skills with computer-based simulations. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*, 9(1), 81-95.
- Malamitsa, K., Kokkotas, P. & Stamoulis, E. (2005). The use of aspects of History of Science in Teaching Science enhances the development of critical thinking-a proposal. In A. Zambrano (Ed), *Eighth International History, Philosophy, Sociology and Teaching Conference*. (pp.879-894). Leeds, England.
- Malouf, B. (1987). The effect of instructional computer games on continuing student motivation. *Journal of Special Education*, 21(4), 27-38.
- Marbach-Ad, G., Rotbain, Y., & Stavy, R. (2008). Using computer animation and illustration activities to improve high school students' achievement in molecular genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 273 -292.

- Marmaroti, P., & Galanopoulou, D. (2006). Pupils' Understanding of Photosynthesis: A questionnaire for the simultaneous assessment of all aspects. *International Journal of Science Education*, 28(4), 383-403.
- Maroney, S., Finson, K., Beaver, J., & Jensen, M. (2003). Preparing for Successful Inquiry in Inclusive Science Classrooms. *Teaching Exceptional Children*, 36(1), 18-25.
- Marshall, A., & Young, S. (2006). Preservice teachers' theory development in physical and simulated environments. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(9), 907-937.
- Maxwell, O., Lambeth, T., & Cox, T. (2015). Effects of using inquiry-based learning on science achievement for fifth-grade students. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 16(21), 1-31.
- McDonald, K., & Hanafin, D. (2003). Using web-based computer games to meet the demands of today's highstakes testing: a mixed method inquiry. *Journal of Research on Technology in Education*, 35(4), 459-472.
- Mckimm, J., Jollie, C., & Cantillon, P. (2003). Web based learning. *BMJ*, 326(73), 870-873.
- Michaelides, G. (2007, November 23). Νέες Τεχνολογίες και Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Retrieved from <http://www.clab.edc.uoc.gr/aestit/pdfs/210-5.pdf>.
- Miller, H., McNeal, K., & Herbert, B. (2010). Inquiry in the physical geology study: Supporting students' conceptual model development. *Journal of Geology in Higher Education*, 34(4), 595-615.
- Minner, D., Levy, J., & Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction-What is it and does it matter ? Results from a research synthesis years 1984 to 2002 center for Elementary Mathematics and Science Education. *University of Chicago*, 47(4), 474-496.
- Mintz, R. (1993). Computerized simulations as an inquiry tool. *School Science and Mathematics*, 93(2), 76-80.
- Mitchell, A., & Savill-Smith, C. (2004, April 8). The use of computer and video games for learning. A review of the literature. Retrieved from <http://www.lsda.org.uk/files/pdf/1529.pdf>.
- Mohammed, A., & Kanpolat, Y. (2010). Effectiveness of Computer-Assisted Instruction on enhancing the classification skill in second-grades at risk for learning disabilities. *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, 8(3), 1115-1130.
- Monaghan, J., & Clement, J. (1999). Use of a computer simulation to develop mental simulations for understanding relative motion concepts. *International Journal of Science Education*, 21(9), 921-944.
- Moreno, R. (2002). Who learns best with multiple representations? Cognitive theory implications for individual differences in multimedia learning. In P. Barker & S. Rebelsky (Eds), *Proceedings of ED-MEDIA 2002--World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*. (pp. 1380-1385). Colorado, USA: Association for the Advancement of Computing in Education.
- Morrell, P. (1992). The effects of Computer Assisted Instruction on student achievement in High School Biology. *School Science and Mathematics*, 92(4), 177-181.

- Nduati, C. (2015). *Effect of computer assisted learning on secondary school students' achievement in chemistry in Murunga South Sub-country*. Master Thesis, Kenyatta University.
- Nguyen, N., Williams, J., & Nguyen, T. (2012). The use of ict in teaching tertiary physics: Technology and pedagogy. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 13(2), 1-19.
- Niemiec, R., & Walberg, J. (1987). Comparative Effects of Computer-Assisted Instruction: A Synthesis of Reviews. *Journal of Educational Computing Research*, 3(1), 19-37.
- Nwagbo, C. (2006). Effects of guided inquiry and expository teaching methods on the achievement in and attitude to biology of students of different levels of scientific literacy. *International Journal of Educational Research*, 45(3), 216-229.
- Omokaadejo L. (2015). *Effects of inquiry method on academic performance of chemistry students in senior secondary schools in Kaduna state*. Master Thesis, Kenyatta University.
- Onwuegbuna, S., & Onwuegbuna, J. (2006). Factors hindering effective participation of women in technical and vocational education program in Nigeria. *Journal of Education and Human Development*, 7(1), 54-60.
- O'Sullivan, L. (2012). *Effects of inquiry based laboratory experiments on students' comprehension of biological principles in a university level biology course*. Master Thesis, Montana State University.
- Owston, R., Wideman, H., Ronda, S., & Brown, C. (2009). Computer game development as a literacy activity. *Computers and Education*, 53(3), 977-989.
- Ozmen, H. (2008). The influence of Computer-Assisted Instruction on students' conceptual understanding of chemical bonding and attitude toward chemistry: A case for Turkey. *Computer and Education*, 51(1), 423-438.
- Ozmen, H., Demircioglu, H., & Demircioglu, G. (2009). The effects of conceptual change texts accompanied with animations on overcoming 11th grade students' alternative conceptions of chemical bonding. *Computers and Education*, 52(3), 681 -695.
- Palmer, H. (1973). Three evaluation reports of computer-assisted instruction in drill and practice mathematics. Los Angeles, CA: Los Angeles County Superintendent of Schools. (ERIC Document Reproduction Service No. ED 087 422)
- Papastergiou, M. (2009). Digital Game-Based Learning in high school Computer Science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers and Education*, 52(1), 1-12.
- Park, H., Khan, S., & Petrina, S. (2009). ICT in Science Education: A quasi-experimental study of achievement, attitudes toward science, and career aspirations of Korean middle school students. *International Journal of Science Education*, 31(8), 993-1012.
- Parker, K., & Chao, J. (2007). Wiki as teaching tool. *Interdisciplinary of knowledge and learning objectives*, 3(1), 57-72.
- Pasareti, O., Hajdu, H., Matuszka, T., Jambori, A., Molnar, I., & Turcsanyi-Szabo, M. (2011). Augmented reality in education. *INFODIDACT 2011 Informatika Szakmódszertani Konferencia*, 1(2), 12-17.

- Peat, M., & Taylor, C. (2006). Virtual biology : how well can it replace authentic activities?. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 13(1), 21-24.
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L., de Jong, T., van Riesen, S., Kamp, E., Manoli, C., Zacharia, Z., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*, 14(15), 47-61.
- Pengcheng, F., Mingquan, Z., & Xuesong, W. (2011). The significance and effectiveness of Augmented Reality in experimental education. In C. Curran (Ed), *Proceedings of the 2011 International Conference on E-Business and E-Government*. (pp. 895-898). Red Hook, NY: IEEE.
- Petropoulou, O., Retalis, S., Psaromiligkos, I., Stefanidis, G., & Loi, S. (2014). Inquiry-based learning in Primary education: A case study using Mobile Digital Science Lab. In E. McLoughlin & O. Finlayson (Eds.), *Proceedings of the Science and Mathematics Education Conference*. (pp. 132-139). Dublin: Dublin City University.
- Prensky, M. (2007). How to teach with technology: keeping both teachers and students comfortable in an era of exponential change. *Emerging Technologies for Learning. Creative Education*, 7(15), 40-46.
- Raghavan, K., Sartoris, M., & Glaser, R. (1998). Why does it go up? The impact of the MARS curriculum as revealed through changes in student explanations of a helium balloon. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(5), 547-567.
- Randel, J., Morris, B., Wetzell, D., & Whitehill, B. (1992). The effectiveness of games for educational purposes: A review of recent research, simulation and gaming. *Simulation and Gaming*, 23(3), 261-276.
- Ray, A., & Beardsley, P. (2008). Overcoming Student Misconceptions about Photosynthesis: A Model- and Inquiry-Based Approach Using Aquatic Plants. *Science Activities*, 45(1), 13-22.
- Rivers, H., & Vockell, E. (1987). Computer simulations to stimulate scientific problem solving. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(5), 403-415.
- Robinson, R. (2017). Effectiveness of Computer Aided Instructions (CAI) on students' performance in basic electricity in technical colleges in rivers state of nigeria. *International Journal of Research*, 5(11), 14-21 .
- Ronen, M., Langley, D., & Ganiel, U. (1992). Integrating computer simulations into high school physics teaching. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 11(3&4), 319-329.
- Ronen, M., & Eliahu, M. (1999). Simulation as a home learning environment-students' views. *Journal of Computer Assisted Learning*, 15(4), 258-268.
- Ronen, M., & Eliahu, M. (2000). Simulation - A bridge between theory and reality: The case of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, 16(1), 14-26.
- Rosas, R., Nussbaum, M., Cumsille, P., Marianov, V., Correa, M., & Flores, P. (2003). Beyond nintendo: design and assessment of educational video games for first and second grade students. *Computers and Education*, 40(1), 71-94.

- Roth, W. (1995). Affordance of computers in teacher- student interactions: The case of interactive physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 32(4), 329-347.
- Ryoo, K., & Linn, C. (2012). Can dynamic visualizations improve middle school students' understanding of energy in photosynthesis?. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(2), 218-243.
- Sadeh, I., & Zion, M. (2009). The development of dynamic inquiry performances within an open inquiry setting: A comparison to guided inquiry setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(10), 1137-1160.
- Sadeh, I., & Zion, M. (2012). Which Type of Inquiry Project Do High School Biology Students Prefer: Open or Guided?. *Research in Science Education*, 42(5), 831-848.
- Sakulphon, M., Srisawasdi, N., & Wangsomnuk, P. (2015). Examining relationship between biology attitudes and perceptions toward mobile augmented reality of photosynthesis and impact on gender difference. In J. Davis (Ed), *Proceedings of the 23 rd International Conference on Computers in Education*. (pp.678-687). China, University Press.
- Sanger, J. (2007). Chemical education research: The effects of inquiry-based instruction on elementary teaching majors' chemistry content knowledge. *Journal of Chemical Education*, 84(6), 1035-1039.
- Sarkar, S. (2012). The Role of Information and Communication Technology in Higher Education for the 21st Century. *The Science Probe*, 1(1), 30-41.
- Scheucher, B., Bailey, H., Gütl, C., & Harward, V. (2009). Collaborative Virtual 3D Environment for Internet-Accessible Physics Experiments. *International Journal of Online Engineering*, 5(9), 65-71.
- Schneegass, C., Kizina, A., & Hoppe, Hu. (2016). ConceptCloud: Supporting Reflection in the Online Learning Environment Go-Lab. *Informatics*, 14(16), 83-88.
- Şimşek, P., & Kabapinar, F. (2010). The effects of inquiry-based learning on elementary students' conceptual understanding of matter, scientific process skills and science attitudes. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 1190-1194.
- Slavin, R. (2007). *Εκπαιδευτική Ψυχολογία: Θεωρία και Πράξη*. Αθήνα, Εκδόσεις Μεταίχμιο.
- Slavin, E., Lake, C., Hanley, P., & Thurston, A. (2014). Experimental evaluations of elementary science programs: A best-evidence synthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 51(7), 870-901.
- Smetana, L., & Bell, R. (2012). Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: A critical review of the literature. *International Journal of Science Education*, 34(9), 1337-1370.
- Soderberg, P. (2003). An examination of problem-based teaching and learning in population genetics and evolution using EVOLVE, a computer simulation. *International Journal of Science Education*, 25(1), 35-55.
- Spencer, D. (2004). *Engagement with mathematics courseware in traditional and online learning environments: Relationship to motivation, achievement, gender, and gender orientation*. Doctoral Thesis, Emory University.

- Spronken-Smith, R., Angelo, T., Matthews, H., O'Steen, B., & Robertson, J. (2007). How Effective is Inquiry-Based Learning in Linking Teaching and Research?. *An International Colloquium on International Policies and Practices for Academic Enquiry*, 7(4), 1-7.
- Spronken-Smith, R., & Walker, R. (2010). Can inquiry-based learning strengthen the links between teaching and disciplinary research? *Studies in Higher Education*, 35(6), 723-740.
- Stakhnevich, J. (2000). The World Wide Web as an instructional tool within the ESL context. *ProQuest Dissertations and Theses*, 1(2), 135-135.
- Stavy, R., Eisen, Y., & Yaakobi, D. (2007). How Students aged 13-15 Understand Photosynthesis. *International Journal of Science Education*, 9(1), 37-41.
- Steinberg, N. (2003). Effects of computer-based laboratory instruction on future teachers' understanding of the Nature of Science. *International of Computer in Mathematics and Science Teaching*, 22(3), 185-205.
- 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), 305-315.
- Stieff, M., & Wilensky, U. (2003). Connected chemistry: Incorporating interactive simulations into the chemistry classroom. *Journal of Science Education and Technology*, 12(3), 285-302.
- Stylianidou, F., & Tsourlidaki, E. (2016, March 13). Support framework and guidelines Go-Lab Global Online Science Labs for Inquiry Learning at Go-Lab user communities support framework and guidelines. Retrieved from <http://www.go-lab-project.eu/instructions-and-support>.
- Sun, K., Lin, Y., & Yu, C. (2008). A study on learning effect among different learning styles in a web-based lab of science for elementary school students. *Computers and Education*, 50(4), 1411-1422.
- Talebian, S., Mohammadi, M., & Rezvanfar, A. (2014). Information and Communication Technology (ICT) in Higher Education: Advantages, Disadvantages, Conveniences and Limitations of Applying E-learning to Agricultural Students in Iran. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 152(14), 300-305.
- Tao, P., & Gunstone, R. (1999). The process of conceptual change in force and motion during computer-supported physics instruction. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(7), 859-882.
- Taylor, J., & Bilbrey, J. (2012). Effectiveness of inquiry based and teacher directed instruction in an Alabama elementary school. *Journal of Instructional Pedagogies*, 8(12), 1-17.
- Tinio, L. (2003). *ICT in education*. Paper presented at UNDP for the Benefit of Participants to the World Summit on the Information Society, New York. ED 200 202.
- Trey, L., & Khan, S. (2008). How science students can learn about unobservable phenomena using computer-based analogies. *Computers and Education*, 51(2), 519 -529.
- Trundle, C., & Bell, L. (2010). The use of a computer simulation to promote conceptual change: A quasi-experimental study. *Computers and Education*, 54(4), 1078-1088.

- Tuan, H., Chin, C., Tsai, C., & Cheng, S. (2005). Investigating the effectiveness of inquiry instruction on the motivation of different learning styles students. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3(4), 541-566.
- Vavougios, D., & Karakasidis, E. (2008). Application of ICT technology in physics education: Teaching and learning elementary oscillations with the aid of simulation software. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 3(2), 53-58.
- van Eck, R. (2006). Building intelligent learning games. In D. Gibson, C. Aldrich, & M. Prensky (Eds), *Games and simulations in online learning research and development frameworks*. Hershey, PA: Idea Group.
- van Joolingen, R., De Jong, T., Lazonder, W., Savelsbergh, R., & Manlove, S. (2005). Co-Lab: Research and development of an online learning environment for collaborative scientific discovery learning. *Computers in Human Behavior*, 21(4), 671-688.
- van Joolingen, R., De Jong, T., & Dimitrakopoulou, A. (2007). Issues in computer supported inquiry learning in science. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(2), 111-119.
- van Joolingen, R., & Zacharia, C. (2009). Developments in inquiry learning. In N. Balacheff, S. Ludvigsen, T. de Jong, A. Lazonder, & S. Barnes (Eds), *Technology-Enhanced Learning*. Springer, Dordrecht.
- Vosniadou, S., & Kollias, V. (2001). Information and Communication Technology and the Problem of Teacher Training: Myths, Dreams and Harsh Reality. *Themes in Education*, 2(4), 341-365.
- Vozniuk, A., Rodriguez-Triana, J., Holzer, A., Govaerts, S., Sandoz, D., & Gillet, D. (2015). Contextual learning analytics apps to create awareness in blended inquiry learning. *International Conference on Information Technology Based Higher Education and Training*, 2(15), 61-76.
- Wang, F., & Reeves, T. (2004). Why do teachers need to use Technology in their Classrooms? Issues, Problems and Solutions. *Computers in the Schools*, 20(4), 67-87.
- Wang, F., Kinzie, B., McGuire, P., & Pan, E. (2010). Applying technology to inquiry-based learning in early childhood education. *Early Childhood Education Journal*, 37(5), 381-389.
- Wang, F., & Lau, R. (2015, October, 23). *Message from the ICWL 2013 conference co-chairs*. Paper presented at Computer Science, Heidelberg. ED 302 974.
- Watson, D. (2011). Pedagogy before Technology: Re-thinking the relationship between ICT and Teaching. *Education and Information Technologies*, 6(4), 251-266.
- Weaver, C., Russell, B., & Wink, J. (2008). Inquiry-based and research-based laboratory pedagogies in undergraduate science. *Nature Chemical Biology*, 4(10), 577-580.
- Weinburgh, M. (2004). Teaching photosynthesis. *Science scope*, 27(9), 15-17.
- Willet, J., Yamashita, M., & Anderson, R. (1983). A meta-analysis of instructional systems applied in science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(5), 405-417.

- Winberg, M., & Berg, R. (2007). Students' cognitive focus during a chemistry laboratory exercise: Effects of a computer-simulated prelab. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8), 1108-1133.
- Winn, D., Stahr, F., Sarason, C., Fruland, R., Oppenheimer, P., & Lee, L. (2005). Learning oceanography from a computer simulation compared with direct experience at sea. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(1), 25-42.
- Wise, K., & Okey, J. (1983). *The impact of microcomputer-based instruction on student achievement*. Paper presented at the Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Texas. ED 315 063.
- Wu, H., Krajcik, J., & Soloway, E. (2001). Promoting understanding of chemical representations: Students' use of a visualization tool in the classroom. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 821-842.
- Wu, H., & Huang, Y. (2007). Ninth-grade student engagement in teacher-centered and student-centered technology-enhanced learning environments. *Science Education*, 91(5), 727-749.
- Yin, K. (1984, April 30). Case Study Research: Design and Methods. Retrieved from <http://www.madeira-edu.pt/LinkClick.aspx?fileticket=Fgm4GJWVTRs%3D&tabid=3004>.
- Yunus, M., Nordin, N., Salehi, H., Sun, H., & Embi, A. (2013). Pros and cons of using ICT in teaching ESL reading and writing. *International Education Studies*, 6(7), 119-130.
- Yusuf, O., & Afolabi, O. (2010). Effects of computer assisted instruction (CAI) on secondary school students' performance in biology. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 9(1), 62-69.
- Zacharia, Z. (2003). Beliefs, attitudes, and intentions of science teachers regarding the educational use of computer simulations and inquiry-based experiments in physics. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(8), 792-823.
- Zacharia, Z., & Anderson, R. (2003a). The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics*, 7(6), 618-629.
- Zacharia, Z. (2005). The impact of interactive computer simulations on the nature and quality of postgraduate science teachers' explanations in physics. *International Journal of Science Education*, 27(14), 1741-1767.
- Zacharia, C. (2007). Comparing and combining real and virtual experimentation: An effort to enhance students' conceptual understanding of electric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(2), 120-132.
- Zacharia, Z., & Constantinou, C. (2008). Comparing the influence of physical and virtual manipulatives in the context of the Physics by Inquiry curriculum: The case of undergraduate students' conceptual understanding of heat and temperature. *American Journal of Physics*, 76(4), 425-430.

- Zacharia, C., Olympiou, G., & Papaevripidou, M. (2008). Effects of experimenting with physical and virtual manipulatives on students' conceptual understanding in heat and temperature. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(9), 1021-1035.
- Zacharia, C., & Olympiou, G. (2011). Physical versus virtual manipulative experimentation in physics learning. *Learning and Instruction*, 21(3), 317-331.
- Zhang, S. (2010). The study of effectiveness of Computer-Assisted Instruction versus Traditional Lecture in Probability and Statistics. *International Conference on Educational and Information Technology*, V(1), 360-363.
- Zietsman, I., & Hewson, W. (1986). Effect of instruction using microcomputer simulations and conceptual change strategies on science learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 23(1), 27-39.
- Zion, M., & Sadeh, I. (2007). Curiosity and open inquiry learning. *Journal of Biological Education*, 41(4), 162-169.
- Zion, M., & Mendelovici, R. (2012). Moving from structured to open inquiry: Challenges and limits. *Science Education International*, 23(4), 383-399.

Ελληνόγλωσση

- Αθανασίου, Κ. (2015). *Διδακτική της Βιολογίας*. Αθήνα, Εκδόσεις Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- Αϊβαζίδης, Κ. (2005). *Εφαρμογές του διαδικτύου στη Διδακτική της Βιολογίας*. Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
- Αλεξανδράτος, Γ. (2006). *Πολυμέσα και Διδασκαλία*. Αθήνα, Εκδόσεις Διόνικος.
- Αρβανίτης, Π., & Παναγιωτίδης, Π. (2009). Από το web 1.0 στο web 2.0: η συσσώρευση της πληροφορίας. Σε Τ. Gogas, & Ρ. Tagkas (επιμ), *Foreign Language Teaching in Tertiary Education III: Current Trends*. (σ. 418-435). Αθήνα, Εκδόσεις Διόνικος.
- Ασωνίτης, Γ. (2016). Η χρήση των προσομοιώσεων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Μια ιδιαίτερη μνεία στο μάθημα της Αστρονομίας με παράθεση προγραμμάτων προσομοίωσης, *Εκπαιδευτικός κύκλος*, 4(1), 113-126.
- Βαϊνάς, Δ., Βλάσση, Μ., & Καραλιώτα, Α. (2007). Εφαρμογή της καθοδηγούμενης διερευνητικής μεθόδου κατά τη διδασκαλία μιας εργαστηριακής άσκησης χημείας (αντιδράσεις απλής αντικατάστασης. Σε Ε. Πυργάς, & Γ. Τσαπαρλής (επιμ), *Πρακτικά 5^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. (τ. Β, σ. 716-724). Ιωάννινα.
- Βλάσση, Μ. (2008). Σύγκριση δύο διδακτικών μοντέλων διδασκαλίας: της καθοδηγούμενης διερευνητικής-ανακαλυπτικής και της παραδοσιακής ως προς τη σύσταση της ύλης και το χημικό δεσμό στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών.

- Βλάσση, Μ., & Καραλιώτα, Α. (2009). Σύγκριση της καθοδηγούμενης διερευνητικής και της παραδοσιακής διδακτικής προσέγγισης του ετεροπολικού δεσμού. Σε Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, & Α. Ζαπίδης (επιμ), *Πρακτικά 6^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. (σ. 241-249). Φλώρινα.
- Βοσνιάδου, Σ. (2006). *Παιδιά, Σχολεία και Υπολογιστές. Προοπτικές, προβλήματα και προτάσεις για την αποτελεσματικότερη χρήση των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση*. Αθήνα, Εκδόσεις Gutenberg.
- Βούλτσιου, Ε. (2007). *Ενσωμάτωση των Νέων Τεχνολογιών στη Μέση Εκπαίδευση. Διαδικασίες-Προβλήματα-Επιπτώσεις σε διδάσκοντες και διδασκόμενους*. Μεταπτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας.
- Βούργα, Σ., Ντάμπου, Σ., Παντελιά, Ε., & Παπαχρηστοδούλου, Ε. (2012). *Χρήση Νέων Τεχνολογιών σε ηλικίες 6-18 ετών στην πόλη του Ηρακλείου: Κοινωνικές Επιπτώσεις*. Πτυχιακή εργασία, Τ.Ε.Ι. Κρήτης.
- Γκοτζαρίδης, Χ. (2014). *Ανακαλυπτική-Διερευνητική Μέθοδος Διδασκαλίας (Inquiry-Based Learning). Ένα παράδειγμα εφαρμογής στη διδασκαλία της Φυσικής της Γ' Γυμνασίου*. Εισήγηση στο 13^ο Συνέδριο ΕΕΦ, Πάτρα.
- Γραβανή, Β., Δώδου, Ε., Καργιώτη, Χ., & Παπαδοπούλου, Ι. (2011). *Οι διδακτικές πρακτικές που εφαρμόζουν οι εκπαιδευτικοί πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης κατά τη διδασκαλία των φαινομένων εξάτμισης και υγροποίησης*. Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Θράκης.
- Δημητρακοπούλου, Α. (2004). *Οι τεχνολογίες της πληροφορίας και των επικοινωνιών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση*. Αθήνα, Εκδόσεις Press Line.
- Δημητρόπουλος, Ε. (2009). *Εισαγωγή στη Μεθοδολογία της Επιστημονικής Έρευνας*. Αθήνα, Εκδόσεις Έλλην.
- Δομουχτσίδου, Γ. (2012). Διδάσκοντας για τις πρωτεΐνες στη Β' Τάξη Γενικού Λυκείου. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 1(13), 69-75.
- Ευαγγέλου, Φ., & Κώτσης, Κ. (2013). Μαθησιακά αποτελέσματα από τη σύγκριση των πραγματικών και εικονικών πειραμάτων Φυσικής σε μαθητές Ε' Δημοτικού σχετικά με την ανάκλαση του φωτός. Σε Δ. Βαβουγιός & Σ. Παρασκευόπουλος (επιμ), *Πρακτικά 8ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. (σ. 292-299). Βόλος.
- 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), 5-23.
- Εξαρχάκος, Θ. (1993). *Διδακτική των Μαθηματικών*. Αθήνα, Εκδόσεις Ελληνικά Γράμματα.
- Ζάγκου, Σ. (1999). *Η εφαρμογή της διερευνητικής μεθόδου στο μάθημα της Ιστορίας: συμβολή στη διδακτική του μαθήματος*. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Ζόγκζα, Β. (1999). Οι νοητικές παραστάσεις των παιδιών ηλικίας 10 έως 14 ετών για τη θρέψη των φυτών και τη φωτοσύνθεση. *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 29(99), 75-96.

- Ζόγκζα, Β. (2006). *Θέματα Διδακτικής της Βιολογίας, Διδασκαλία και Μάθηση Βιολογικών Εννοιών στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση*. Αθήνα, Εκδόσεις Μεταίχμιο.
- Ζαχαρία, Ζ., & Ευαγόρου, Μ. (2004). Η επίδραση του εργαστηριακού πειραματισμού και του πειραματισμού μέσω αλληλεπιδραστικών προσομοιώσεων στην εννοιολογική κατανόηση των φοιτητών στα ηλεκτρικά κυκλώματα. Σε Β. Τσελφές, Π. Καριώτογλου, & Μ. Πατσαδάκης (επιμ), *Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση - Φυσικές Επιστήμες: Διδασκαλία, Μάθηση & Εκπαίδευση*. (τ. Α, σ. 343-349). Αθήνα.
- Ιντζίδου, Γ., & Παπαθανασίου, Α. (2016). Σχεδιασμός Εκπαιδευτικού Υλικού με το μοντέλο 5Ε για τη Διδασκαλία του Όγκου των Υλικών Σωμάτων στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Σε Θ. Πιερράτος, Π. Κουμαράς, & Χ. Πολάτογλου (επιμ), *Πρακτικά Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες*. (σ. 19-27). Θεσσαλονίκη.
- Ίσαρη, Φ., & Πουρκός, Μ. (2015). *Ποιοτική Μεθοδολογία Έρευνας*. Αθήνα, Εκδόσεις Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.
- Ιωάννου, Σ. (2002). *Εισαγωγή των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση: Η περίπτωση αξιοποίησης Εκπαιδευτικού Λογισμικού στη Μαθηματική Εκπαίδευση στο Ελληνικό Γυμνάσιο και η σημασία του εκπαιδευτικού σεναρίου*. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Κάμπα, Σ., Μπαράς, Ι., & Σκόρδας, Α. (2012). F1 in Schools: Μια εργασία βασισμένη στο μοντέλο της διερευνητικής μάθησης. Σε Π. Αναστασιάδης, Ν. Ζαράνης, Β. Οικονομίδης, & Μ. Καλογιαννάκης (επιμ), *Πρακτικά Εργασιών 8^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Καθηγητών Πληροφορικής*. (σ.31-42). Ρέθυμνο.
- Καραγιάννη, Χ., & Ψύλλος, Δ. (2013). Το Μοντέλο Διερευνητικής Προσέγγισης ΔΙΕΔΙΑ -Διερευνητικές Διαδρομές (Inquiry Routes - INROU). Σε Δ. Βαβουγιός, & Στ. Παρασκευόπουλος (επιμ), *Πρακτικά 8^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. (σ. 312-320). Βόλος.
- Καριώτογλου, Π. (2006). *Παιδαγωγική Γνώση Περιεχομένου Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα, Εκδόσεις Γράφημα.
- Καριώτογλου, Π., Σπύρτου, Α., Πνευματικός, Δ., & Ζουπίδης, Α. (2012). Σύγχρονες τάσεις στα Προγράμματα Σπουδών Φυσικών Επιστημών: οι περιπτώσεις της διερεύνησης και των επισκέψεων σε χώρους επιστήμης και τεχνολογίας στο Πρόγραμμα "Materials Science." *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 5(1&2), 153-164.
- Κασιμάτη, Α. (2011, Απρίλιος 12). Εισαγωγή στη Διδακτική Μεθοδολογία. Διαθέσιμο στο http://repository.edulll.gr/edulll/retrieve/3698/1095_01_oaed_enotita07_v04.pdf.
- Κεκκέρης, Γ. (2006, Δεκέμβριος 8). Διδασκαλία της Αισθητικής Αγωγής με χρήση Η/Υ. Διαθέσιμο στο <http://www.phyed.duth.gr/undergraduate/images/dep/avgerinos>.
- Κεκκέρης, Γ. (2010). *Ειδικά Κεφάλαια ΤΠΕ στις Επιστήμες Αγωγής-Παιδαγωγικές Εφαρμογές των ΤΠΕ*, Αθήνα, Εκδόσεις Παπαζήση.

- Κεχαγιά, Δ. (2017). «Αξιολόγηση Διερευνητικών Δεξιοτήτων στις Φυσικές Επιστήμες: Δύο Μελέτες Περιπτώσεων στην Ενότητα “Ηλεκτρισμός” της Γ’ Γυμνασίου». Διπλωματική εργασία, Ανώτατο Τεχνολογικό Ίδρυμα Πειραιά.
- Κόκκοτας, Π., & Βλάχος, Ι. (2001). *Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στις αρχές του 21^{ου} αιώνα: Προβλήματα και Προοπτικές*. Αθήνα, Εκδόσεις Γρηγόρη.
- Κόκκοτας, Π. (2004). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Μέρος II. Σύγχρονες προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Η εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας και της μάθησης*. Αθήνα, Εκδόσεις Γρηγόρη.
- Κόλλιας, Α. (1993). *Οι υπολογιστές στη Διδασκαλία και τη Μάθηση*. Αθήνα, Εκδόσεις Έλλην.
- Κοταρίνου, Π., Κουλέτση, Ε., Παντελής, Β., & Συριόπουλος, Ε. (2015). Μια διασχολική συνεργασία για τη διερευνητική μάθηση στα μαθηματικά. Σε Δ. Δεσλή, Ι. Παπαδόπουλος, & Μ. Τζεκάκη (επιμ), *Πρακτικά 6^{ου} Συνεδρίου Ένωσης Ερευνητών της Διδακτικής των Μαθηματικών*. (σ.243-252). Θεσσαλονίκη.
- Κουτσελίνη, Μ., & Θεοφιλίδης, Χ. (2007). *Διερεύνηση και συνεργασία για μια αποτελεσματική διδασκαλία*. Αθήνα, Εκδόσεις Γρηγόρη.
- Κυνηγός, Χ. (2011). *Το μάθημα της διερεύνησης*. Αθήνα, Εκδόσεις Τόπος.
- Κωστάκος, Α., & Περάνη, Β. (2010, Δεκέμβριος, 24). Οι Νέες Τεχνολογίες στη διδασκαλία και τη μάθηση-Μια πρόκληση που περιμένει απάντηση. Διαθέσιμο στο https://www.lemonia-boutskou.gr/data/articles/Arthro_-_Oi_nees_Technologies.pdf.
- Κώστης, Κ., & Ευαγγέλου, Φ. (2010). Μαθησιακά αποτελέσματα μετά από την εκτέλεση πραγματικών και εικονικών πειραμάτων Φυσικής σε μαθητές Πέμπτης και Έκτης Δημοτικού σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 3(3), 141-158.
- Κώστης, Κ., & Ευαγγέλου, Φ. (2011). Σύγκριση μαθησιακών αποτελεσμάτων μαθητών Ε' Δημοτικού Σχολείου, μετά από πραγματικά ή εικονικά πειράματα για το απλό ηλεκτρικό κύκλωμα. Σε Γ. Παπαγεωργίου, & Γ. Κουντουριώτης (επιμ), *Πρακτικά 7^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. (σ. 228-237). Αλεξανδρούπολη.
- Λαμπρόγλου, Μ. (2006). Η αφήγηση ως εργαλείο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών. Σε Β. Τσεφλής, Π. Καριώτογλου, & Μ. Πατσαδάκης (επιμ), *Πρακτικά 4^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου για τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και τις Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση*. (σ. 317-324). Αθήνα.
- Καμηλάρη, Γ. (2016). *Η αξιοποίηση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία-Απόψεις Εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης*. Πτυχιακή εργασία, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.
- Καραδήμα, Π., & Πελέκης, Σ. (2011). *Σχεδιασμός και ανάπτυξη ηλεκτρονικού συνεργατικού περιβάλλοντος για την παροχή ασφαλών και διαλειτουργικών υπηρεσιών συμμετοχικής Διακυβέρνησης στον τομέα της Μετανάστευσης*. Πτυχιακή εργασία, Α.Τ.Ε.Ι. Καλαμάτας-Παράρτημα Σπάρτης.

- Μαλαμίτσα, Α. Κόκκοτας, Π., Σταμούλης, Σ., & Γρύλλιας, Α. (2006). Συμβάλλει η αξιοποίηση στοιχείων από την Ιστορία των Φυσικών Επιστημών στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης των μαθητών κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών;. Σε Π. Καριώτογλου, & Π. Παπαδοπούλου (επιμ), *Πρακτικά Συνεδρίου "Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Μέθοδοι και Τεχνολογίες Μάθησης*. (σ.451-460). Φλώρινα.
- Μαλιάρας, Ν., & Προκόπης, Α. (2014). *Διδακτική προσέγγιση της τεχνολογίας με τη χρήση τεχνολογίας πληροφοριών και επικοινωνίας*. Πτυχιακή εργασία, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης.
- Μαρκαντώνης, Χ. (2007, Ιανουάριος 7). Η αξιοποίηση των Νέων Τεχνολογιών Πληροφορίας και Επικοινωνίας στη μαθησιακή διαδικασία και τη διοίκηση των σχολικών μονάδων πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης των νομών Φθιώτιδας και Ευρυτανίας. Διαθέσιμο στο <http://ir.lib.uth.gr/bitstream/handle/11615/14428/P0014428pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Μαρμαρωτή, Π., & Γαλανοπούλου, Ν. (2006). *Η διδασκαλία θεμάτων βιοχημείας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση: σχεδιασμός ερωτηματολογίου για τον έλεγχο της κατανόησης του μεταβολισμού*. *Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην Εκπαίδευση*, 5(7), 775-783.
- Μάτσα, Α. (2007). *Οι αντιλήψεις των μαθητών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τη φωτοσύνθεση*. Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Ματσαγγούρας, Η. (2009). *Εισαγωγή στις επιστήμες της Παιδαγωγικής, Εναλλακτικές Προσεγγίσεις, Διδακτικές προεκτάσεις*. Αθήνα, Εκδόσεις Gutenberg.
- Μίχας, Π. (2006, Νοέμβριος 21). Η διδασκαλία κυματικών φαινομένων σε φοιτητές Π.Τ.Δ.Ε. Διαθέσιμο στο <http://www.educircle.gr/synedrio.pdf>
- Νικολακοπούλου, Α. (2014). *Ο "λόγος" για την ένταξη των ΤΠΕ στο εκπαιδευτικό πλαίσιο και τη διδασκαλία των θετικών επιστημών στην Ελλάδα: Μια προσέγγιση εκπαιδευτικών κειμένων της περιόδου 1984-2006*. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Ολυμπίου, Γ., & Ζαχαρία, Ζ. (2009). Συγκριτική μελέτη της αποτελεσματικότητας του Πειραματισμού σε Πραγματικό ή Εικονικό Εργαστήριο ως προς την Επίτευξη Εννοιολογικής Κατανόησης στη Φυσική. Σε Π. Καριώτογλου, Α. Σπύρτου, & Α. Ζουπίδης (επιμ), *Πρακτικά 6ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Οι πολλαπλές προσεγγίσεις της διδασκαλίας και της μάθησης των Φυσικών Επιστημών*. (σ. 621-629). Φλώρινα.
- Οσμάνογλου, Α. (2014). *Η εργαστηριακή διδασκαλία ης Φυσικής στο Γυμνάσιο- πρόταση για ανάπτυξη εργαστηρίων με προσομοιώσεις*. Πτυχιακή εργασία, Τ.Ε.Ι. Λάρισας.
- Παναγιωτακόπουλος, Χ., Πιερρή, Ε., Σαρρής, Μ., & Νικολόπουλος, Π. (2004). Η επίδραση της προσομοίωσης στην κατανόηση της ευθύγραμμης ομαλής κίνησης: μια μελέτη περίπτωσης. *Θέματα στην Εκπαίδευση*, 5(1&3), 59-74.
- Πατσαδάκης, Μ. (2014). Πειραματική διδασκαλία-μάθηση των Φυσικών Επιστημών και Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνίας. *Εκπαιδευτική Επικαιρότητα*, Α(6), 26-35.

- Πετρομελίδης Μ., & Αθανασίου, Κ. (2015). Διδάσκοντας την Εξέλιξη στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση μέσα από μία δραστηριότητα διερευνητικής μάθησης με βάση τη Νευροβιολογία. Σε Α. Πολύζος, Δ. Σχίζας, Π. Στασινάκης & Γ. Βαρδακώστας (επιμ), *Πρακτικά εργασιών 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Η Βιολογία στην Εκπαίδευση»*. (σ. 112-119). Κατερίνη.
- Πλάκιου, Μ. (2006). Έλεγχος και σύγκριση ακορεστότητας λιπών και ελαίων: μια εφαρμογή πειραματικών δραστηριοτήτων διερευνητικής μάθησης στη Χημεία της Β' Λυκείου. Σε Θ. Πιερράτος, Π. Κουμαράς, & Χ. Πολάτογλου (επιμ), *Πρακτικά Πανελλήνιου Συνεδρίου «Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες»*. (σ. 191-202). Θεσσαλονίκη.
- Πλακίτση, Κ. (2008). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών στην προσχολική και στην πρώτη σχολική ηλικία, Σύγχρονες τάσεις και προοπτικές*. Αθήνα, Εκδόσεις Πατάκη.
- Ραγιαδάκος, Χ. (2011, Σεπτέμβριος 27). Βασικά χαρακτηριστικά της διερευνητικής μεθόδου στη μάθηση και τη διδασκαλία. Διαθέσιμο στο <http://www.pischools.gr/programs/pathway/index.php?ep=5>.
- Ράπτης, Μ., & Ράπτη, Α. (2014). *Μάθηση και διδασκαλία στην εποχή της πληροφορίας*. Αθήνα, Ιδιωτική Έκδοση.
- Σιμάτος, Α. (1995). *Τεχνολογία και Εκπαίδευση. Επιλογή και χρήση των εποπτικών μέσων διδασκαλίας*. Αθήνα, Εκδόσεις Πατάκη.
- Σκουλίδης, Ν., & Πολάτογλου, Χ. (2014). Δυναμική μελέτη της ομαλής κυκλικής κίνησης με το Interactive Physics. Σε Γ. Σαλονικίδης (επιμ), *Πρακτικά του 3ου Πανελλήνιου Εκπαιδευτικού Συνεδρίου Ημαθίας*. (σ.45-53). Νάουσα.
- Σκούρα Ε., (2013), *Οι στρατηγικές γλωσσικής μάθησης στους ενήλικους εκπαιδευόμενους: ως μέσο προώθησης της αυτοκατευθυνόμενης μαθησιακής διαδικασίας*. Μεταπτυχιακή εργασία, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας.
- Σολομωνίδου, Χ. (2001). *Σύγχρονη Εκπαιδευτική Τεχνολογία*. Αθήνα, Εκδόσεις Κώδικας.
- Σολομωνίδου, Χ. (2006). *Νέες τάσεις στην εκπαιδευτική τεχνολογία. Εποικοδομητισμός και σύγχρονα περιβάλλοντα μάθησης*. Αθήνα, Εκδόσεις Μεταίχμιο.
- Σπάθης, Μ. (2016, Νοέμβριος 3). «Θα στρίψει το λεωφορείο;» Μια δραστηριότητα διερευνητικής μάθησης. Διαθέσιμο στο <http://noether.math.uoa.gr/mascil.pdf>.
- Σπανού, Δ. (2013). Υπολογιστές και Εκπαίδευση: μια σύζευξη, πολλές προοπτικές. *International Conference in Open and Distance Learning*, 7(6), 41-45.
- Σπυροπούλου-Κατσάνη, Δ. (2002). *Διδακτικές και Παιδαγωγικές προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες*. Αθήνα, Εκδόσεις Τυπωθήτω.
- Σταμάτης, Ν. (2016). Παρασκευή-Αραίωση διαλυμάτων: μελέτη περίπτωσης σύγκρισης εικονικού και πραγματικού πειράματος στη Χημεία της Α' Λυκείου. Σε Θ. Πιερράτος, Π. Κουμαράς, & Χ. Πολάτογλου (επιμ), *Πρακτικά Πανελλήνιου Συνεδρίου "Διδακτικές προσεγγίσεις και πειραματική διδασκαλία στις Φυσικές Επιστήμες"*. (σ. 657-664). Θεσσαλονίκη.

- Στασινάκης, Κ. (2015). Το Διδακτικό Μοντέλο των 5Ε και η εφαρμογή του στη Βιολογία: φύλλα εργασίας στην καθημερινή διδακτική πρακτική για τα μαθήματα του Λυκείου. Σε Α. Πολύζος, Δ. Σχίζας, Π. Στασινάκης, & Γ. Βαρδακώστας (επιμ), *Πρακτικά εργασιών 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου «Η Βιολογία στην Εκπαίδευση»*. (σ. 201-213). Κατερίνη.
- Στασινάκης, Κ. (2016). *Οι ιδιαιτερότητες της Βιολογίας ως πρόκληση για τη χρήση των ΤΠΕ στη Διδακτική της Βιολογίας*. *Νέος Παιδαγωγός*, 7(1), 172-187.
- Στεφανίδης, Γ., Πετροπούλου, Ο., & Ψαρομήλιγκος, Ι. (2014). *Διερευνητική μάθηση στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση: μια μελέτη περίπτωσης με τη χρήση του κινητού ψηφιακού εργαστηρίου LabDisc*. Σε Κ. Κασσιμάτη, & Μ. Αργυρού (επιμ), *Πρακτικά 5^{ου} Διεθνούς Συνεδρίου*. (σ. 337-342). Αθήνα.
- Ταβέλη, Ε., Ολυμπίου, Γ., & Ζαχαρίας, Ζ. (2008). Σύγκριση της επίδρασης του πραγματικού και εικονικού πειραματισμού στις επεξηγήσεις που δίνουν φοιτητές για φαινόμενα που αφορούν στο συγκεκριμένο « Φως και Χρώμα » μετά τη διατύπωση προβλέψεων και την παρατήρηση των συγκεκριμένων φαινομένων. Σε Ν. Τσαγγαρίδου, Κ. Μαύρου, Σ. Συμεωνίδου, Ε. Φτιάκα, Λ. Συμεού, & Ι. Ηλία (επιμ), *Πρακτικά 12^{ου} Συνεδρίου Παιδαγωγικής Εταιρείας Κύπρου*. (σ. 79-89). Λευκωσία.
- Ταραμόπουλος, Α., Ψύλλος, Δ., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2010). Διδασκαλία ηλεκτρικών κυκλωμάτων με το εικονικό εργαστήριο και τα applets του Ανοικτού Μαθησιακού Περιβάλλοντος (ΑΜΑΠ). Σε Α. Τζιμογιάννης (επιμ), *Πρακτικά Εργασιών 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου με Διεθνή Συμμετοχή «Οι ΤΠΕ στην Εκπαίδευση»*. (τ. ΙΙ, σ. 355-363). Κόρινθος: ΕΤΠΕ.
- Ταραμόπουλος, Α., Ψύλλος, Δ., & Χατζηκρανιώτης, Ε. (2011). *Μπορούν τα ανοιχτά εικονικά περιβάλλοντα να χρησιμοποιηθούν στη θέση των πραγματικών εργαστηρίων; Η εμπειρία του ΑΜΑΠ στο χώρο του ηλεκτρισμού*. Σε Γ. Παπαγεωργίου, & Γ. Κουντουριώτης (επιμ), *Πρακτικά 7ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Αλληλεπιδράσεις Εκπαιδευτικής Έρευνας και Πράξης στις Φυσικές Επιστήμες*. (σ. 658-665). Αλεξανδρούπολη.
- Ταραμόπουλος, Α. (2012). *Διερεύνηση Εφαρμογών Προσομοιωμένων Εικονικών Εργαστηρίων στη Διδασκαλία της Φυσικής στην Υποχρεωτική Εκπαίδευση*. Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Ταραμόπουλος, Α., & Ψύλλος, Δ. (2013). Σύγκριση πραγματικού και εικονικού εργαστηρίου ως προς την ικανότητα κατασκευής πραγματικών ηλεκτρικών κυκλωμάτων για μαθητές Γυμνασίου. Σε Δ. Βαβουγιός, & Στ. Παρασκευόπουλος (επιμ), *Πρακτικά 8^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*. (σ. 243-251). Βόλος.
- Τζίμπα, Ε. (2012). *Η τεχνολογία στην υπηρεσία της διδασκαλίας των επιστημών. Παρελθόν, Παρόν, Μέλλον*. Πτυχιακή εργασία, ΤΕΙ Καβάλας.
- Φλαμπούρη, Φ. (2009). *Οι αντιλήψεις των εκπαιδευτών ενηλίκων για το ρόλο τους, όπως διαμορφώθηκαν από τη συμμετοχή τους στο Εθνικό Πρόγραμμα Εκπαίδευσης Εκπαιδευτών Συνεχιζόμενης Επαγγελματικής Κατάρτισης του Ε.ΚΕ.ΠΙΣ*. Διπλωματική εργασία, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Χαλκιά, Κ. (2008). *Διδάσκοντας ΦΕ: θεωρητικά ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις*. Αθήνα, Εκδόσεις Πατάκη.

Χατζηγεωργίου, Γ. (2006). *Προς μια επιστημονική παιδεία*. Αθήνα, Εκδόσεις Γρηγόρη.