

Ενίσχυση της Εργαστηριακής Εκπαίδευσης στη Βιολογία με τη Χρήση Εικονικής Πραγματικότητας

Παξινού Ευγενία¹, Καρατράντου Ανθή², Παναγιωτακόπουλος Χρήστος³ & Καλλές Δημήτριος⁴

paxinou.evgenia@ac.eap.gr, akarat@upatras.gr, cpanag@upatras.gr, kalles@eap.gr

¹Συνεργαζόμενο Εκπαιδευτικό Προσωπικό-Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

²Ε.Δι.Π., Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και Κοινωνικής Εργασίας-Παν. Πατρών

³Καθηγητής, Τμήμα Επιστημών της Εκπαίδευσης και Κοινωνικής Εργασίας-Παν. Πατρών

⁴Καθηγητής, Σχολή Θετικών Επιστημών & Τεχνολογίας-Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μία εκπαιδευτική δραστηριότητα η οποία μπορεί να ενταχθεί στο εκπαιδευτικό σενάριο ενός εργαστηριακού μαθήματος βιολογίας στο πλαίσιο ενός μικτού ή αποκλειστικά διαδικτυακού μοντέλου. Η δραστηριότητα χρησιμοποιεί την τεχνολογία της επιτραπέζιας εικονικής πραγματικότητας εξοικειώνοντας τους εκπαιδευόμενους στη χρήση του φωτονικού μικροσκοπίου. Η αλληλεπίδραση του εκπαιδευόμενου με το εικονικό μικροσκόπιο καταγράφεται σε μία πλατφόρμα ανάλυσης δεδομένων. Μέσα από την ανάλυση αναδεικνύονται τα σημεία μέτριας ή/και μεγάλης δυσκολίας ενός εργαστηριακού πειράματος δίνοντας τη δυνατότητα στον διδάσκοντα να εστιάσει περισσότερο στα σημεία αυτά κατά την αλληλεπίδρασή του με τους εκπαιδευόμενους στο φυσικό εργαστήριο. Οι δράσεις 51 φοιτητών του τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, πάνω στον χειρισμό του εικονικού μικροσκοπίου, καταγράφηκαν στην πλατφόρμα προς ανάλυση, ενώ στο πλαίσιο μιας αποτίμησης της εκπαιδευτικής αξίας της δραστηριότητας, ζητήθηκε από τους φοιτητές να την αξιολογήσουν μέσω ερωτηματολογίου. Από την έρευνα προέκυψε ότι η δραστηριότητα ΕΠ θα μπορούσε να αποτελέσει ένα χρήσιμο εκπαιδευτικό εργαλείο συνεισφέροντας στην κατανόηση νέων εννοιών και στην απόκτηση εργαστηριακών δεξιοτήτων.

Λέξεις κλειδιά: Διαδικτυακή Εκπαίδευση, Επιτραπέζια Εικονική Πραγματικότητα, Εργαστηριακά Μαθήματα Βιολογίας, Ανάλυση Εκπαιδευτικών Δεδομένων, Μικροσκόπιο

Εισαγωγή

Ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη διαδικτυακών ή μικτών μαθημάτων, αποτελεί μία πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς όλων των βαθμίδων (Ko & Rossen, 2021). Στο πλαίσιο αυτό, η επίδραση των ψηφιακών εργαλείων είναι καταλυτική σε όλα τα στάδια της εκπαιδευτικής διαδικασίας, από τον σχεδιασμό μέχρι και την υλοποίησή της (Μανούσου & Χαρτοφύλακα, 2020). Τα συνεχώς αυξανόμενα και εξελισσόμενα εργαλεία εκπαιδευτικής τεχνολογίας βοηθούν τους διδάσκοντες σε αυτή την διαδικασία, εκσυγχρονίζοντας τη διδασκαλία και εμπλέκοντας τους εκπαιδευόμενους στη διαδικασία της μάθησης (Collins & Halverson, 2018).

Μια περίοδος κατά την οποία η αξιοποίηση των δυνατοτήτων της τεχνολογίας στην εκπαίδευση έδωσε πρακτική και ουσιαστική λύση, ήταν η περίοδος της πανδημίας του Covid-19 (Zhao, 2020). Παρόλες τις δυσκολίες που αντιμετώπισαν και συνεχίζουν να αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί την τελευταία τριετία, ιδίως αυτοί που είχαν αρχικά μηδενική εμπειρία στη διαδικτυακή εκπαίδευση και ελάχιστες δεξιότητες ψηφιακού γραμματισμού, κατάφεραν να ανταπεξέλθουν αξιοπρεπώς στις απαιτήσεις των διαδικτυακών μαθημάτων τους (Daniel, 2020; Zhu & Liu, 2020). Εκπαιδευτικοί φυσικών επιστημών κάθε βαθμίδας εκπαίδευσης ήταν σε μια ιδιαίτερα δύσκολη θέση, αφού έπρεπε οργανώνουν το

μάθημά τους ώστε να μεταφερθούν πειράματα και εργαστηριακές δραστηριότητες σε διαδικτυακό περιβάλλον (Babincakova & Bernard, 2020; Gasparello et al., 2022). Οι πειραματικές δραστηριότητες κυρίως αναβλήθηκαν δημιουργώντας μία μεγάλη αίσθηση ανασφάλειας τόσο στους εκπαιδευόμενους όσο και στους διδάσκοντες (Vasiliadou, 2020).

Οι μαθησιακοί στόχοι των εργαστηριακών μαθημάτων επικεντρώνονται τόσο στην απόκτηση θεωρητικών γνώσεων όσο, και κυρίως, πρακτικών δεξιοτήτων. Η ανάγκη φυσικής παρουσίας των εκπαιδευόμενων στα εργαστήρια και η δια ζώσης πρακτική εφαρμογή των θεωρητικών γνώσεων, αποτέλεσε μία αντικειμενική δυσκολία για το σχεδιασμό και υλοποίηση των διαδικτυακών εργαστηριακών μαθημάτων. Πολλές και διαφορετικές προσεγγίσεις αξιοποιήθηκαν: περιγραφές πειραμάτων με τη βοήθεια φωτογραφιών, μαγνητοσκοπημένες επιδείξεις πειραματικών διαδικασιών, ζωντανές διαδραστικές επιδείξεις, συστήματα ζωντανών επιδείξεων πειραμάτων με καταγραφή δεδομένων, Απλές προσομοιώσεις, εικονικά εργαστήρια σε μορφή προηγμένων 3D προσομοιώσεων, εργαστήρια από απόσταση με λήψη δεδομένων από μακριά (Roth, Appel, , Schwingel & Rumpfer, 2019). Μετά την Covid-19 εποχή, τα εκπαιδευτικά ιδρύματα, κυρίως στην Γ' /βάθμια εκπαίδευση, φαίνεται να θέλουν να εκμεταλλευτούν τα θετικά στοιχεία και τις πολλαπλές δυνατότητες της διαδικτυακής εκπαίδευσης σχεδιάζοντας μικτά μαθήματα, και συνεπώς θα πρέπει να υπάρξουν προτάσεις για την εξ αποστάσεως εξοικείωση των εκπαιδευόμενων με ένα εργαστηριακό περιβάλλον και την εξ αποστάσεως πρακτική εξάσκηση τους πάνω στα εργαστηριακά πειράματα (Gonser & Berger, 2020). Στο παραπάνω πλαίσιο, οι εφαρμογές Εικονικής Πραγματικότητας (ΕΠ) φαίνεται να αποτελούν ένα αποτελεσματικό εκπαιδευτικό εργαλείο.

Το Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο (ΕΑΠ), λόγω της φύσης των σπουδών που παρέχει, κλήθηκε αρκετά χρόνια πριν την πανδημία, να απαντήσει στα παρακάτω ερωτήματα: (α) «Με ποιον τρόπο θα μπορούσαν οι φοιτητές που εγγράφονται σε εργαστηριακά μαθήματα Φυσικών Επιστημών να προετοιμαστούν διαδικτυακά για τις εργαστηριακές τους ασκήσεις και να εξασκηθούν στη χρήση ευαίσθητου εργαστηριακού εξοπλισμού και τοξικών ουσιών πριν έρθουν για πρώτη φορά σε επαφή μαζί τους;» και (β) «Είναι εφικτό να δημιουργηθεί ένα εύχρηστο εργαλείο το οποίο με έναν οικονομικό τρόπο θα δίνει στους φοιτητές τη δυνατότητα να αλληλεπιδρούν αυτόνομα και ανεξάρτητα με τα εργαστηριακά όργανα από τον χώρο τους, ικανοποιώντας έτσι βασικές αρχές της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης;». Το 2013 και προκειμένου να ικανοποιηθούν οι εργαστηριακές μαθησιακές ανάγκες των φοιτητών στην εξ αποστάσεως εκπαίδευσή τους, δημιουργήθηκε το Onlabs, ένα εκπαιδευτικό λογισμικό επιτραπέζιας εικονικής πραγματικότητας (ΕΠ) που προσομοιώνει με μεγάλο ρεαλισμό, τον χώρο ενός εργαστηρίου Βιολογίας και που δίνει τη δυνατότητα στους/στις φοιτητές/τριες, απλά με τη χρήση του ποντικιού του υπολογιστή τους, να χειριστούν τρισδιάστατα εργαστηριακά όργανα και αντιδραστήρια (onlabs.eap.gr) (Zafeiropoulos & Kalles, 2016). Από το 2013 μέχρι σήμερα, μέσω του Onlabs έχουν προσομοιωθεί πολλά εργαστηριακά σκεύη και πειραματικές διαδικασίες, όπως η ζύγιση στερεών ουσιών, η διάλυση στερεών σε διαλύτες, η μεταφορά υγρών, η δημιουργία ηλεκτρώματος, ο χειρισμός μικροσκοπίου, φυγόκεντρου, συσκευής ηλεκτροφόρησης, αυτόματης πιπέτας, κ.ά.

Στην παρούσα μελέτη παρουσιάζουμε μία εκπαιδευτική δραστηριότητα επιτραπέζιας ΕΠ η οποία βασίστηκε στον κώδικα και στις προσομοιώσεις του Onlabs. Η συγκεκριμένη δραστηριότητα παρουσιάζει με διαδραστικό τρόπο τα διάφορα μέρη του φωτονικού μικροσκοπίου και ζητά από τους χρήστες να τα χειριστούν, αφού πρώτα τους παρέχει σαφείς γραπτές οδηγίες. Οι κινήσεις των χρηστών καταγράφονται λεπτομερώς σε πλατφόρμα ανάλυσης δεδομένων και από την επεξεργασία τους προκύπτουν χρήσιμες πληροφορίες για την υποστήριξη της εκπαιδευτικής διαδικασίας για τον χειρισμό του μικροσκοπίου καθώς

δεδομένα που προέρχονται από τη συμμετοχή των εκπαιδευομένων σε μία εκπαιδευτική δραστηριότητα είναι ένα ισχυρό εργαλείο για τους ερευνητές αφού μέσα από την ανάλυσή τους αναδεικνύονται χρήσιμα κρυφά μοτίβα (Verykios et al., 2021).

Στην παρούσα μελέτη πραγματοποιήθηκε μία εμπειρική έρευνα μικρής κλίμακας λόγω των συνθηκών Covid-19, όπου συλλέχθηκαν δεδομένα από 51 φοιτητές του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας οι οποίοι είχαν μηδενική εμπειρία στον χειρισμό ενός μικροσκοπίου. Δεδομένα συλλέχθηκαν τόσο από την αλληλεπίδραση των φοιτητών με το εικονικό μικροσκόπιο, όσο και μέσω ενός δομημένου ερωτηματολογίου που τους δόθηκε για να αξιολογήσουν τη συγκεκριμένη εμπειρία αλλά και για να εντοπίσουν αδυναμίες της εφαρμογής προτείνοντας παράλληλα τρόπους βελτίωσής της.

Το Θεωρητικό πλαίσιο

Σήμερα, η ηλεκτρονική μάθηση και τα εικονικά εργαστήρια έχουν αποκτήσει παγκοσμίως σημαντική δημοτικότητα στην εκπαίδευση των επιστημών. Στην εργαστηριακή εκπαίδευση όπου ο χειρισμός πολύπλοκων οργάνων, δαπανηρών αντιδραστηρίων και υλικών αλλά και η επίβλεψη από υψηλά εκπαιδευμένο προσωπικό είναι αναγκαιότητα, ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη μαθημάτων σε αίθουσες εικονικού εργαστηρίου αποτελούν μία βιώσιμη και πολλά υποσχόμενη λύση (Flint & Stewart, 2010; Coyne et al., 2019; Garcia-Bonete, Jensen & Katona, 2019).

Η ΕΠ είναι ένας τομέας επιστημονικής αιχμής που έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον της εκπαιδευτικής κοινότητας τις τελευταίες δεκαετίες. Η ΕΠ συνδέεται με μία προσομοιωμένη εμπειρία που μπορεί να είναι παρόμοια ή/και εντελώς διαφορετική από τον πραγματικό κόσμο. Μέσω της χρήσης τεχνολογικών μέσων δημιουργείται ένα τεχνητό διαδραστικό περιβάλλον, το οποίο στην άρτια μορφή του, ο άνθρωπος-χρήστης το ανταλλάσσει ως πραγματικό. Το τελευταίο αυτό χαρακτηριστικό της ΕΠ, δηλαδή η ικανότητά της να δημιουργεί την ψευδαίσθηση του πραγματικού, καθιστά τις εκπαιδευτικές εφαρμογές της ένα πολύτιμο συμπληρωματικό εργαλείο εκπαίδευσης στα εργαστηριακά μαθήματα τόσο των Επιστημών Υγείας όσο και των Φυσικών Επιστημών. Οι εφαρμογές ΕΠ είτε προσφέρουν *χαμηλή εμπύθιση*, η οποία συχνά ονομάζεται και επιτραπέζια εικονική πραγματικότητα είτε *πλήρης εμπύθιση* η οποία γενικά περιλαμβάνει τη χρήση μιας μάσκας ΕΠ και τηλεχειριστηρίων (Makransky, Terkildsen & Mayer, 2017; Coyne, et al., 2019). Στην επιτραπέζια ΕΠ το περιβάλλον της προσομοίωσης παρουσιάζεται σε έναν συμβατικό ηλεκτρονικό υπολογιστή, ο ήχος προέρχεται από τα ηχεία του, ενώ η αλληλεπίδραση γίνεται απλά μέσω του ποντικιού.

Τα εργαστηριακά μαθήματα και οι πρακτικοί πειραματισμοί στις Φυσικές Επιστήμες, αποτελούν για όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης, ένα αναπόσπαστο κομμάτι της διδασκαλίας και της μάθησης αφού οι μαθητές θα πρέπει να αποκτήσουν όχι μόνο γνώσεις πάνω σε νέους όρους και σε νέες θεωρίες αλλά και συγκεκριμένες πρακτικές εργαστηριακές δεξιότητες. Προς αυτήν την κατεύθυνση οι εφαρμογές της επιτραπέζιας ΕΠ προσομοιώνουν τους εργαστηριακούς χώρους και ενισχύουν τη μάθηση στο χώρο της επιστήμης, ακόμα και για εκπαιδευόμενους χωρίς ιδιαίτερες δεξιότητες ψηφιακού γραμματισμού, συμπληρώνοντας εκπαιδευτικά σενάρια που στοχεύουν στην κατανόηση θεωρητικών εννοιών αλλά και στην απόκτηση εργαστηριακών δεξιοτήτων στο φυσικό πειραματικό εργαστήριο (Garcia-Bonete, Jensen & Katona, 2019).

Οι εξελίξεις των νέων τεχνολογιών της ΕΠ σε συνδυασμό με το προστιτό κόστος του απαιτούμενου εξοπλισμού (ένας ηλεκτρονικός υπολογιστής, ένα tablet, ή ένα smartphone),

έχουν επιφέρει αλλαγές στη διεξαγωγή μαθημάτων με εξ αποστάσεως εκπαίδευσης. Τα εικονικά εργαστήρια αποτελούν λογισμικά προσομοιώσεων που υποστηρίζουν την εξ αποστάσεως μάθηση αφού προσφέρουν στον εκπαιδευόμενο τη δυνατότητα να αλληλεπιδρά με τον εικονικό κόσμο οποιαδήποτε στιγμή επιθυμεί και από τον χώρο μελέτης (Ma & Nickerson, 2006). Γνωρίζοντας ότι το φυσικό εργαστήριο αποτελεί αδιαμφισβήτητη την καρδιά της μάθησης και της εις βάθος κατανόησης της επιστήμης (Nersessian, 1991, σελ. 133; Evstatiev et al., 2022), η αλληλεπίδραση του χρήστη με τον εργαστηριακό εξοπλισμό βασίζεται σε μοντέλα φυσικών εργαστηρίων και πειραματικών ασκήσεων που πραγματοποιούνται στους χώρους αυτούς (Rossiter, 2016). Μέσω των εικονικών εργαστηρίων οι χρήστες εκτελούν πειράματα, εκπαιδεύονται με ασφάλεια και προετοιμάζονται για το φυσικό εργαστήριο με τη μέθοδο «δοκιμή και λάθος» (Makransky, 2016). Επιπλέον, τα εικονικά εργαστήρια επιτρέπουν στον εκπαιδευόμενο να εξοικειώνεται με τον εργαστηριακό χώρο, τον εξοπλισμό και τη διαδικασία των εργαστηριακών ασκήσεων μέσω της επανάληψης (Bruner, 2001), να αποβάλλουν το άγχος και να συμμετέχουν πιο ενεργά όταν βρεθούν στο φυσικό εργαστήριο (Paxinou et al., 2019; Sypsas, Paxinou & Kalles, 2021). Αρκετές μελέτες αναφέρουν ότι η χρήση ενός εκπαιδευτικού λογισμικού δομημένου σύμφωνα με την τεχνολογία της ΕΠ, όταν ενταχθεί σε ένα εκπαιδευτικό σενάριο μικτής εκπαίδευσης αυξάνει τις επιδόσεις των εκπαιδευομένων τόσο στην κατανόηση νέων πρακτικών όσο και στην εφαρμογή τους στο εργαστήριο (Παξινού κ.ά., 2017; Paxinou et al., 2021b) χωρίς όμως να μπορεί να αντικαταστήσει πλήρως το πραγματικό πείραμα. Η εμπειρία του να είσαι σωματικά στο εργαστήριο, καθώς και η απόκτηση πρακτικών δεξιοτήτων που απαιτούνται κάθε φορά, είναι δύσκολο να αναπαραχθούν εξ αποστάσεως (Xu, et al., 2018).

Σκοπός και Ερευνητικά Ερωτήματα

Σκοπός της εργασίας αποτελεί η καταγραφή της εμπειρίας των συμμετεχόντων φοιτητών με τη συγκεκριμένη δραστηριότητα εικονικής πραγματικότητας που παρουσιάζει με διαδραστικό τρόπο τα διάφορα μέρη του φωτονικού μικροσκοπίου και ζητά από τους χρήστες να τα χειριστούν. Η εμπειρία αυτή αποτελεί τη βάση για να συμπληρωθούν ερωτηματολόγια που αναδεικνύουν τα θετικά στοιχεία της δραστηριότητας αλλά και τις αδυναμίες της.

Η εργασία επιχειρεί να απαντήσει στα παρακάτω ερωτήματα:

- (α) πώς αλληλεπιδρούν οι φοιτητές με το εικονικό μικροσκόπιο;
- (β) πώς εκτιμούν οι φοιτητές την εκπαιδευτική αξία που μπορεί να έχει η δραστηριότητα;
- (γ) τι καταγράφουν οι φοιτητές ως θετικά στοιχεία της δραστηριότητας;
- (δ) τι καταγράφουν οι φοιτητές ως αδυναμίες της δραστηριότητας;
- (ε) τι βελτιώσεις προτείνουν οι φοιτητές στη συγκεκριμένη δραστηριότητα;

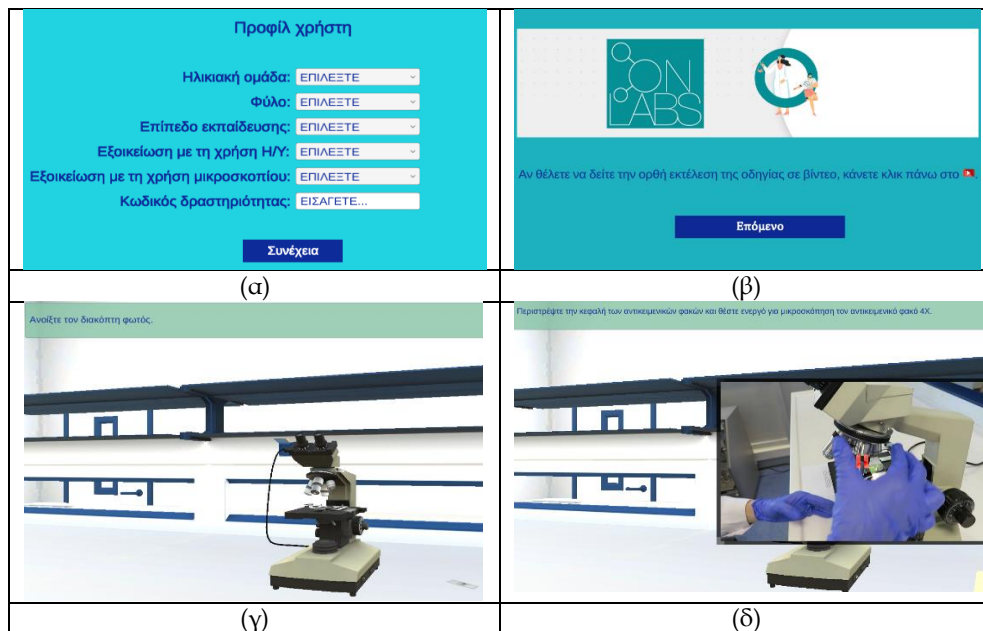
Μεθοδολογία

Η Εκπαιδευτική Δραστηριότητα

Το εκπαιδευτικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα μελέτη, βασίζεται στην τεχνολογία της επιτραπέζιας ΕΠ, έχει δημιουργηθεί πάνω στην πλατφόρμα Unity 3D και στοχεύει στο να εξοικειωθεί ο εκπαιδευόμενος με τα μέρη ενός φωτονικού μικροσκοπίου.

Η συγκεκριμένη δραστηριότητα ολοκληρώνεται σε 14 βήματα και διαρκεί συνολικά περίπου 10 λεπτά. Ο εκπαιδευόμενος προκειμένου να ασχοληθεί με το εικονικό μικροσκόπιο και να γνωρίσει τη λειτουργία του, πληκτρολογεί σε έναν browser τον σύνδεσμο: http://onlabsweb.eap.gr/microscope_mooc/. Η σύνδεση δεν απαιτεί όνομα χρήστη ούτε κωδικό. Μόλις ο εκπαιδευόμενος εισέλθει στο περιβάλλον της δραστηριότητας, και αφού

συμπληρώσει προαιρετικά ερωτήσεις προφίλ καθώς και τον κωδικό της δραστηριότητας στην οποία συμμετέχει (Εικόνα 1α), εμφανίζονται στην οθόνη, η μία μετά την άλλη, 8 διαφάνειες που τον ενημερώνουν για τις δυνατότητες και τον τρόπο χειρισμού της εφαρμογής (Εικόνα 1β). Μετά τις εισαγωγικές αυτές πληροφορίες, ο εκπαιδευόμενος επιλέγει «έναρξη εκμάθησης» και η εκπαίδευσή του ξεκινά.



Εικόνα 1. Στιγμιότυπα από τη δραστηριότητα επιτραπέζιας ΕΠ: (α) Ερωτήσεις προφίλ, (β) Εισαγωγικές πληροφορίες, (γ) Οδηγία εκτέλεσης του βήματος 1 και (δ) Παροχή βοήθειας με τη μορφή βίντεο

Όπως φαίνεται ενδεικτικά και στην Εικόνα 1γ, σαφείς οδηγίες για κάθε ένα από τα 14 βήματα εμφανίζονται στην οθόνη του υπολογιστή που καθοδηγούν τους εκπαιδευόμενους για να εντοπίσουν στο μικροσκόπιο τα διάφορα μέρη του και να τα χειριστούν ορθά (Εικόνα 1γ).

Πίνακας 1. Οδηγίες για την εκπόνηση των 14 βημάτων

Βήμα	Οδηγία Βήματος
1	Ανοίξτε τον διακόπτη φωτός
2	Ποριστρέψτε τον κοχλία ρύθμισης της έντασης του φωτός της λυχνίας αλογόνου και προς τις δύο κατευθύνσεις
3	Τοποθετήστε πάνω στην τράπεζα το δείγμα που θα βρείτε πάνω στον πάγκο
4	Μετακινήστε τον μοχλό ρύθμισης του διαφράγματος (ιριδα) προς τα αριστερά και δεξιά
5	Ποριστρέψτε τον κοχλία του συμπυκνωτή φακού προς τα πάνω και προς τα κάτω
6	Ποριστρέψτε τον κοχλία μετακίνησης της τράπεζας προς τα αριστερά και προς τα δεξιά
7	Ποριστρέψτε τον κοχλία μετακίνησης του οδηγού δείγματος προς τα αριστερά και δεξιά
8	Ποριστρέψτε τον αδρό κοχλία προς τα πάνω και προς τα κάτω
9	Ποριστρέψτε τον μικρομετρικό κοχλία προς τα πάνω και προς τα κάτω

10	Περιστρέψτε την κεφαλή των αντικειμενικών φακών και θέστε ενεργό για μικροσκόπηση τον αντικειμενικό φακό 4X
11	Θέστε ενεργό για μικροσκόπηση τον καταδύτικο φακό
12	Περιστρέψτε τον αριστερό προσοφθάλμιο φακό και προς τις δύο κατευθύνσεις
13	Περιστρέψτε τον δεξιό προσοφθάλμιο φακό και προς τις δύο κατευθύνσεις
14	Κοιτάξτε μέσα στους προσοφθάλμιους φακούς

Για να εμφανιστεί στην οθόνη μία οδηγία (Πίνακας 1), θα πρέπει ο εκπαιδευόμενος να έχει πραγματοποιήσει επιτυχώς την ακριβώς προηγούμενη της. Στην περίπτωση που ο εκπαιδευόμενος αντιμετωπίζει δυσκολία στην εκτέλεση μιας οδηγίας, μπορεί να ζητήσει βοήθεια από το λογισμικό είτε με τη μορφή κειμένου (*hint*), είτε με τη μορφή βίντεο στο οποίο ένας ειδικός πραγματοποιεί τη συγκεκριμένη οδηγία στο φυσικό εργαστήριο (Εικόνα 1δ).

Οι Συμμετέχοντες

Στη δραστηριότητα συμμετείχαν 51 μαθητές του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας οι οποίοι ήταν εγγεγραμμένοι στο μάθημα «Τεχνολογίες Εκπαίδευσης». Οι συγκεκριμένοι συμμετέχοντες επιλέχτηκαν ως ένα δείγμα με μηδενική γνώση στη χρήση του φωτονικού μικροσκοπίου έτσι ώστε να αποκλειστεί η παράμετρος της προγενέστερης εμπειρίας. Από την άλλη μεριά, οι συμμετέχοντες είχαν γνώσεις χειρισμού ηλεκτρονικού υπολογιστή, καθώς και εμπειρία στα ψηφιακά περιβάλλοντα μάθησης, λόγω της φύσης των σπουδών τους.

Παρότι 51 φοιτητές συνδέθηκαν στη δραστηριότητα, μόνο 31 από αυτούς την ολοκλήρωσαν (άρα, 20 την εγκατέλειψαν σε κάποιο από τα 14 βήματά της).

Η Πλατφόρμα ανάλυσης δεδομένων

Οι κινήσεις όλων των εκπαιδευομένων που χρησιμοποιούν και αλληλεπιδρούν με το εικονικό μικροσκόπιο, καταγράφονται λεπτομερώς στην πλατφόρμα ανάλυσης δεδομένων. Η πλατφόρμα αυτή έχει σχεδιαστεί για να παρέχει οπτικοποιημένες πληροφορίες που αφορούν στις επιλογές των εκπαιδευομένων κατά την πραγματοποίηση των βημάτων ενός πειράματος. Ενδεικτικά, στο συγκεκριμένο πείραμα χρήσης και εξοικείωσης του εικονικού μικροσκοπίου, στην πλατφόρμα παρουσιάζεται με τη μορφή διαγράμματος πόσοι φοιτητές και σε ποια βήματα ζήτησαν βοήθεια σε μορφή βίντεο, πόσοι φοιτητές και σε ποιο βήμα εγκατέλειψαν την εφαρμογή ή πόσοι φοιτητές ολοκλήρωσαν τη δραστηριότητα πραγματοποιώντας και τα 14 βήματα.

Το Ερωτηματολόγιο

Στους 51 φοιτητές δόθηκε ένα σύντομο ερωτηματολόγιο ερωτήσεων (Πίνακας 2).

Πίνακας 2. Ερωτηματολόγιο αξιολόγησης της δραστηριότητας από τους εκπαιδευόμενους

Είδος Ερώτησης	Ερώτηση
Ανοικτού τύπου	Πώς μπορεί η τεχνολογία της ΕΠ να συνεισφέρει στη μάθηση;
Ανοικτού τύπου	Τι σας άρεσε περισσότερο στη δραστηριότητα;
Ανοικτού τύπου	Τι δεν σας άρεσε στη δραστηριότητα;
Ανοικτού τύπου	Τι θα αλλάζατε (αφαιρούσατε ή προσθέτατε) σε αυτή τη δραστηριότητα;

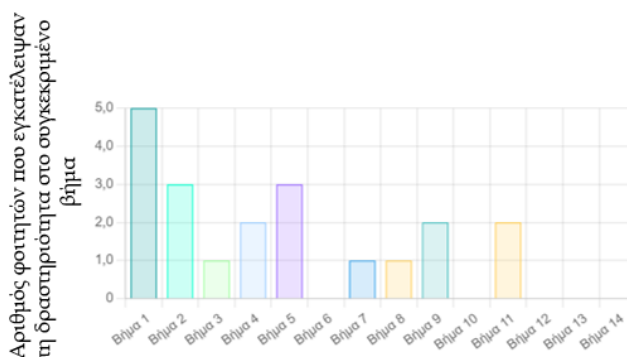
Κλειστό τύπου	Οι αρχικές πληροφορίες ήταν κατατοπιστικές.
Κλειστό τύπου	Η οθόνη ήταν υπερφορτωμένη με πληροφορίες κάνοντας δύσκολη την κατανόηση της νέας γνώσης.
Κλειστό τύπου	Ήταν δύσκολο να ακολουθήσω τις οδηγίες και να πραγματοποιήσω τα βήματα.
Κλειστό τύπου	Σε ένα πραγματικό μικροσκόπιο θα μπορούσα να εντοπίσω όλα τα μέρη του.
Κλειστό τύπου	Σε ένα πραγματικό μικροσκόπιο θα μπορούσα να χειριστώ όλα τα μέρη του
Κλειστό τύπου	Θα πρότεινα τη συγκεκριμένη δραστηριότητα σε κάποιον που θα ήθελε να εξασκηθεί πάνω στα μέρη του φωτονικού μικροσκοπίου.

Στόχος του ερωτηματολογίου ήταν να συλλεχτούν απαντήσεις των φοιτητών μέσα από την εμπειρία της ενασχόλησης της εφαρμογής στο εικονικό περιβάλλον. Συγκεκριμένα, το ερωτηματολόγιο περιείχε 6 ερωτήσεις κλειστού τύπου με πιθανές απαντήσεις στην 5-θμια κλίμακα Likert, και 5 ερωτήσεις ανοικτού τύπου. Οι απαντήσεις των συμμετεχόντων στις ανοικτού τύπου ερωτήσεις μελετήθηκαν με τη μέθοδο της θεματικής ανάλυσης, κωδικοποιήθηκαν και κατηγοροποιήθηκαν ενώ οι απαντήσεις στις κλειστού τύπου ερωτήσεις αντιμετωπίστηκαν με απλές διαδικασίες περιγραφικής στατιστικής (Παναγιωτακόπουλος & Σαρρής, 2015).

Τα Αποτελέσματα

Πλατφόρμα ανάλυσης δεδομένων

Στην πλατφόρμα ανάλυσης δεδομένων, το διάγραμμα της Εικόνας 2 παρουσιάζει τον αριθμό των φοιτητών (από τους 20 που δεν ολοκλήρωσαν τη δραστηριότητα) που εγκατέλειψαν σε κάποιο δεδομένο βήμα, καθώς και τον αριθμό αυτού του βήματος.



Εικόνα 2. Ο αριθμός των φοιτητών που εγκατέλειψαν τη δραστηριότητα ανά βήμα

Το διάγραμμα της Εικόνας 2 παρέχει χρήσιμες πληροφορίες τόσο για την ίδια την δραστηριότητα όσο και για τη δυσκολία των επιμέρους βημάτων του πειράματος μικροσκόπησης. Έτσι, αναδεικνύεται ότι πέντε φοιτητές αποσυνδέθηκαν από την εφαρμογή ήδη από το βήμα 1, παρότι στο βήμα αυτό δίνεται η απλοϊκή οδηγία «Ανοίξτε τον διακόπτη φωτός». Το δεδομένο αυτό θα πρέπει να προβληματίσει τους σχεδιαστές της δραστηριότητας

για το κατά πόσο κατάφεραν να κεντρίσουν εξαρχής το ενδιαφέρον των εκπαιδευομένων και να τους εμπλέξουν στη συγκεκριμένη διαδικασία. Βέβαια, ίσως οι συγκεκριμένοι φοιτητές να κατανόησαν την οδηγία αλλά να μην μπόρεσαν να εντοπίσουν τον διακόπτη πάνω στο μικροσκόπιο. Επίσης, το ότι αρκετοί εκπαιδευόμενοι εγκατέλειψαν την εφαρμογή στα βήματα 1, 2, 4, 5, 9 και 11 ίσως αποτελεί μία ένδειξη ότι τα συγκεκριμένα βήματα παρουσιάζουν κάποια δυσκολία στην εκτέλεσή τους, κάτι το οποίο μπορεί να διερευνηθεί περαιτέρω και από άλλες πιο εξειδικευμένες αναλύσεις που παρέχει η πλατφόρμα ανάλυσης δεδομένων (Εικόνα 3).

1	Ανοίγμα του διακόπτη φωτός	"Hint" - 5 / 51 "Video" - 3 / 51	8	Περιστροφή του αδρού κοχλία προς τα πάνω και προς τα κάτω	"Hint" - 3 / 51 "Video" - 0 / 51
2	Αυξομείωση της έντασης της λυχνίας του φωτός	"Hint" - 2 / 51 "Video" - 0 / 51	9	Περιστροφή του μικρομετρικού κοχλία προς τα πάνω και προς τα κάτω	"Hint" - 1 / 51 "Video" - 0 / 51
3	Τοποθέτηση του δείγματος στην τράπεζα	"Hint" - 5 / 51 "Video" - 2 / 51	10	Περιστροφή της κεφαλής των αντικειμενικών φακών - φακός 4X	"Hint" - 9 / 51 "Video" - 0 / 51
4	Μετακίνηση του μοχλού της ίριδας	"Hint" - 12 / 51 "Video" - 1 / 51	11	Εφαρμογή του καταδυτικού φακού	"Hint" - 3 / 51 "Video" - 0 / 51
5	Περιστροφή του συμπηκνωτή φακού	"Hint" - 3 / 51 "Video" - 0 / 51	12	Περιστροφή του αριστερού προσοφθάλμιου	"Hint" - 0 / 51 "Video" - 0 / 51
6	Περιστροφή του κοχλία μετακίνησης της τράπεζας	"Hint" - 16 / 51 "Video" - 2 / 51	13	Περιστροφή του δεξιού προσοφθάλμιου	"Hint" - 0 / 51 "Video" - 0 / 51
7	Περιστροφή του κοχλία μετακίνησης του οδηγού δείγματος	"Hint" - 5 / 51 "Video" - 1 / 51	14	Παρατήρηση δείγματος μέσα από στους προσοφθάλμιους φακούς	"Hint" - 2 / 51 "Video" - 0 / 51

Εικόνα 3. Λεπτομερή δεδομένα για τη συχνότητα και το είδος της βοήθειας που ζητήθηκε ανά οδηγία

Σύμφωνα με την Εικόνα 3, όπου καταγράφεται η συχνότητα παροχής βοήθειας (σε μορφή κειμένου-hint ή σε μορφή βίντεο-video), στο βήμα 1 όπου δίνεται η οδηγία «*Ανοίξτε τον διακόπτη φωτός*», 5 φοιτητές ζήτησαν βοήθεια μέσω κειμένου και 3 επέλεξαν να δουν το βίντεο. Άρα, συνδυάζοντας αυτήν την πληροφορία με τα δεδομένα που παρουσιάζονται στην Εικόνα 2 για το βήμα 1, όπου 5 φοιτητές φαίνεται να εγκατέλειψαν στο βήμα αυτό, ίσως και να καταλήγαμε στο συμπέρασμα ότι το βήμα 1 είναι ένα βήμα με δυσκολία όχι από τεχνικής άποψης (άνοιγμα του διακόπτη) όσο από πλευράς εύρεσης του διακόπτη πάνω στο μικροσκόπιο. Επίσης, το γεγονός ότι στο βήμα 4 όπου δίνεται η οδηγία «*Μετακινείστε τον μοχλό ρύθμισης του διαφράγματος (ίριδα) προς τα αριστερά και μετά προς τα δεξιά*», 12 εκπαιδευόμενοι ζήτησαν βοήθεια μέσω κειμένου και ένας μέσω video, αναδεικνύει ίσως τη δυσκολία εύρεσης του διαφράγματος στο μικροσκόπιο.

Με ανάλογη επεξεργασία των δεδομένων, και με βάση τη συχνότητα παροχής των δύο μορφών βοήθειας, υπάρχει η δυνατότητα να εντοπιστούν και άλλα βήματα που εμφανίζουν έναν βαθμό δυσκολίας δίνοντας ενδείξεις στον διδάσκοντα για το πού πρέπει να εστιάσει κατά τη διαδικασία της διδασκαλίας του συγκεκριμένου πειράματος. Έτσι, σύμφωνα με τον Πίνακα 3 τα βήματα στα οποία ο διδάσκοντας θα πρέπει να δώσει μεγαλύτερη έμφαση όταν βρεθεί με τους εκπαιδευόμενους του στο φυσικό εργαστήριο, είναι τα βήματα στα οποία οι χρήστες ζήτησαν τις περισσότερες φορές βοήθεια, δηλαδή τα βήματα 4, 6, 9 και 10.

Πίνακας 3. Συχνότητα παροχής βοήθειας ανά βήμα

Βήμα	Συχνότητα χρήσης hint	Συχνότητα χρήσης βίντεο	Βήμα	Συχνότητα χρήσης hint	Συχνότητα χρήσης βίντεο
1	5	3	8	3	0
2	2	0	9	10	0
3	5	2	10	9	0
4	12	1	11	3	0
5	3	0	12	0	0
6	16	2	13	0	0
7	5	1	14	2	0

Σε αυτό το σημείο είναι σημαντικό να τονιστεί ότι στα πραγματικά εργαστηριακά πειράματα οι εκπαιδευόμενοι πρέπει να ακολουθούν αυστηρά τη σειρά των οδηγιών που τους δίνονται έτσι ώστε να διεξάγουν με επιτυχία το πείραμα. Ομοίως, στην παρούσα δραστηριότητα της ΕΠ, η προσπάθεια κάθε εκπαιδευόμενου χαρακτηρίστηκε ως ολοκληρωμένη εφόσον είχε πραγματοποιήσει και τα 14 βήματα, ενώ η μαθησιακή του συμπεριφορά αναπαραστάθηκε στην πλατφόρμα ανάλυσης δεδομένων σε αρχείο excel, ως μία ακολουθία 14 επιλογών (Εικόνα 4).

Onlabs Microscope Mooc Analytics All Records Dataset πακίνου *

Επιλογή δραστηριότητας: Εμφάνιση εγγραφών

Βήμα 1	Βήμα 2	Βήμα 3	Βήμα 4	Βήμα 5	Βήμα 6	Βήμα 7	Βήμα 8	Βήμα 9	Βήμα 10	Βήμα 11	Βήμα 12	Βήμα 13	Βήμα 14
A	A	A	A	A	A	A	BA	A	A	A	A	A	A
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
A	A	A	A	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A	A	A	A	BA	A	BCA	A	A	A	A	A	A	A
BA	A	BA	A	BA	A	BA	A	A	A	BA	A	A	A
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
BA	BCA	A	CA	BCA	A	BA	A	A	A	A	BA	A	A
A	A	A	A	A	A	BA	A	A	A	BA	A	A	A
A	A	BA	BA	A	A	BA	A	A	BA	BA	A	A	A
A	A	A	CE	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
BCE	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E

Εικόνα 4. Μέρος της κωδικοποιημένης καταγραφής των επιλογών των εκπαιδευόμενων

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται τα γράμματα του κλασικού λατινικού αλφαβήτου που χρησιμοποιήθηκαν για να κωδικοποιηθούν οι δράσεις των εκπαιδευομένων.

Πίνακας 4. Κωδικοποίηση των πιθανών δράσεων του εκπαιδευόμενου στα επιμέρους βήματα της δραστηριότητας

Γράμματα	Ερμηνεία
A	Ο εκπαιδευόμενος δεν χρησιμοποίησε καμία βοήθεια και ολοκλήρωσε το βήμα.
BA	Ο εκπαιδευόμενος χρησιμοποίησε μόνο τη βοήθεια κειμένου και ολοκλήρωσε το βήμα.
CA	Ο εκπαιδευόμενος χρησιμοποίησε μόνο τη βοήθεια του βίντεο και ολοκλήρωσε το βήμα.
BCA	Ο εκπαιδευόμενος χρησιμοποίησε και τη βοήθεια κειμένου και τη βοήθεια του βίντεο, και ολοκλήρωσε το βήμα.
E	Ο εκπαιδευόμενος δεν χρησιμοποίησε καμία βοήθεια και δεν ολοκλήρωσε το βήμα.
BE	Ο εκπαιδευόμενος χρησιμοποίησε μόνο τη βοήθεια κειμένου και δεν ολοκλήρωσε το βήμα.
CE	Ο εκπαιδευόμενος χρησιμοποίησε μόνο τη βοήθεια του βίντεο και δεν ολοκλήρωσε το βήμα.

BCE Ο εκπαιδευόμενος χρησιμοποίησε και τη βοήθεια κειμένου και τη βοήθεια του βίντεο, και δεν ολοκλήρωσε το βήμα.

Αποδελτίωση ερωτηματολογίων

Σύμφωνα με τις απαντήσεις που συλλέχθηκαν από τα ερωτηματολόγια, οι 51 φοιτητές με βάση την εμπειρία που είχαν με τη δραστηριότητα της επιτραπέζιας ΕΠ, θεωρούν ότι η ΕΠ:

- είναι διασκεδαστική η δράση του κάθε εκπαιδευόμενου σε κάθε ένα από τα 14 βήματα, κωδικοποιήθηκε όπως παρουσιάζεται στον Πίνακα 4, και η συνολική μαθησιακή συμπεριφορά του εμφανίστηκε στην πλατφόρμα, ως μία ακολουθία π.χ. της μορφής (BA, BCA, A, CA, ... ,A).
- εμπλέκει τον εκπαιδευόμενο στη μαθησιακή διεργασία,
- βοηθά τον εκπαιδευόμενο να αφομοιώσει πιο εύκολα τη νέα γνώση,
- βοηθά τον εκπαιδευόμενο να κατανοήσει σε βάθος την επιστήμη μέσω της πρακτικής εξάσκησης,
- βοηθά τον εκπαιδευόμενο να αποκτήσει νέες δεξιότητες σε ένα ασφαλές περιβάλλον,
- βοηθά τον εκπαιδευόμενο μέσω της διάδρασης, να εφαρμόσει τη θεωρία στην πράξη,
- ενθαρρύνει τον εκπαιδευόμενο να πειραματιστεί μέσω της εξάσκησης «δοκιμή και λάθος»,
- ενθαρρύνει τον ντροπαλό εκπαιδευόμενο να συμμετέχει ενεργά στη μαθησιακή διεργασία,
- υποστηρίζει τη σύγχρονη και ασύγχρονη μάθηση σε καταστάσεις κρίσης ή όταν δεν υπάρχει επαρκής εργαστηριακός εξοπλισμός στις κανονικές συνθήκες.

Οι φοιτητές θεωρούν θετικό το ότι η δραστηριότητα:

- παρέχει με μηδενικό κόστος, τη δυνατότητα εξάσκησης με ένα πολύ ακριβό εργαστηριακό μηχάνημα,
- είναι εύκολη, ενδιαφέρουσα και διασκεδαστική,
- έχει καθαρά γραφικά, ρεαλιστικό και φιλικό περιβάλλον,
- παρέχει σαφείς οδηγίες και βοηθητικές συμβουλές,
- παρέχει γνώσεις πάνω στο φωτονικό μικροσκόπιο έχοντας μηδενική προγενέστερη εμπειρία πάνω στη χρήση του,
- μηδενίζει τους χρονικούς περιορισμούς που υπάρχουν σε ένα φυσικό εργαστήριο.

Επιπλέον, οι φοιτητές θεωρούν αρνητικό το ότι η δραστηριότητα:

- δεν παρέχει ένα ευρύτερο πεδίο πληροφοριών και εστιάζει μόνο στις βασικές λειτουργίες ενός μηχανήματος,
- παρέχει περιορισμένη ελευθερία χωρίς να δίνει τη δυνατότητα να εισχωρήσει ο εκπαιδευόμενος μέσα στους φακούς του μικροσκοπίου και να παρατηρήσει κάποιο δείγμα,
- δυσκολεύει τον εκπαιδευόμενο στο να επιλέξει έναν κοχλία όταν το λογισμικό όπως αναφέρουν «κολλούσε»,
- δεν παρείχε πάντα εύκολη πλοήγηση στον χώρο.

Τέλος οι φοιτητές πρότειναν να:

- προστεθούν δείγματα τα οποία θα μπορούν να παρατηρούν οι εκπαιδευόμενοι,
- μπορεί ο εκπαιδευόμενος να προχωράει στο επόμενο βήμα και να επιστρέφει στο προηγούμενο,
- προστεθεί ένα αρχείο με τις πιο συχνές ερωτήσεις,
- προστεθούν περισσότερα χρώματα στα γραφικά,

- προστεθεί ένα κουμπί εξόδου στο τέλος της διαδικασίας,
- υπάρχει δυνατότητα ταυτόχρονης συμμετοχής πολλών εκπαιδευομένων στο εικονικό περιβάλλον.

Ο Πίνακας 5 που συνοψίζει τις απαντήσεις των φοιτητών στις ερωτήσεις κλειστού τύπου, δίνει συνολικά ένα θετικό πρόσημο στην εμπειρία που είχαν οι φοιτητές κατά την αλληλεπίδρασή τους με το εικονικό μικροσκόπιο. Έτσι, αναδεικνύεται ότι η πλειοψηφία των φοιτητών θεωρεί ότι μετά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας, θα μπορούσε να εντοπίσει όλα τα μέρη ενός πραγματικού μικροσκοπίου (ποσοστό 69,8%) καθώς και ότι θα πρότεινε τη συγκεκριμένη δραστηριότητα ως μέσο εξάσκησης πάνω στο συγκεκριμένο εργαστηριακό όργανο (ποσοστό 88,1%). Παρόλα αυτά, ένα σημαντικό ποσοστό των φοιτητών (35,0%) εκφράζει μία ουδετερότητα, και άρα μία ανασφάλεια ως προς το εάν μπορεί να χειριστεί τους κοχλίες, τους μοχλούς κ.ά. του πραγματικού μικροσκοπίου. Θα πρέπει επίσης να σημειώσουμε πως η πλειοψηφία των φοιτητών (ποσοστό 69,2%) δεν θεωρεί ότι η οθόνη περιείχε μεγάλο γνωστικό φορτίο και ένα μεγάλο ποσοστό (66,4%) ότι δεν ήταν δύσκολο να ακολουθηθούν οι οδηγίες και να πραγματοποιηθούν τα βήματα της δραστηριότητας. Τέλος, η πλειοψηφία των συμμετεχόντων θεωρεί τις αρχικές πληροφορίες που δίνονται για τη δραστηριότητα, κατατοπιστικές (ποσοστό 89,8%).

Πίνακας 5. Αποδελτίωση ερωτηματολογίων (ποσοστό %)

Ερώτηση	Διαφωνώ Απόλυτα	Διαφωνώ	Ούτε Διαφωνώ- Ούτε Συμφωνώ	Συμφωνώ	Συμφωνώ απόλυτα
Οι αρχικές πληροφορίες ήταν κατατοπιστικές.	0	2,6	7,7	51,3	38,5
Η οθόνη ήταν υπερφορτωμένη με πληροφορίες κάνοντας δύσκολη την κατανόηση της νέας γνώσης.	23,9	45,3	17,9	10,3	2,6
Ήταν δύσκολο να ακολουθήσω τις οδηγίες και να πραγματοποιήσω τα βήματα.	27,6	38,8	20,7	10,3	2,6
Θα μπορούσα να εντοπίσω όλα τα μέρη του πραγματικού φωτονικού μικροσκοπίου	0,0	6,0	24,1	56,0	13,8
Θα μπορούσα να χειριστώ όλα τα μέρη του πραγματικού φωτονικού μικροσκοπίου	0,0	10,3	35	40,2	14,5
Θα πρότεινα τη συγκεκριμένη δραστηριότητα σε κάποιον που θα ήθελε να εξασκηθεί πάνω στα μέρη του φωτονικού μικροσκοπίου.	0,0	2,6	9,4	36,8	51,3

Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μία δραστηριότητα εξ αποστάσεως εξοικείωσης

εκπαιδευομένων με τα διάφορα μέρη του φωτονικού μικροσκοπίου μέσα από την οποία εντοπίζονται οι δυσκολίες στον χειρισμό του συγκεκριμένου εργαστηριακού οργάνου. Η δραστηριότητα απευθύνεται σε πρωτοετείς φοιτητές τμημάτων φυσικών επιστημών ή τμημάτων υγείας, σε σπουδαστές επαγγελματικής κατάρτισης, αλλά και σε μαθητές Β/βάθμιας εκπαίδευσης, αφού μέσα από απλές οδηγίες στοχεύει στην εξοικείωση των εκπαιδευομένων με το φωτονικό μικροσκόπιο, ένα βασικό εργαστηριακό μηχάνημα που χρησιμοποιείται σε όλα τα σχολικά και πανεπιστημιακά εργαστήρια.

Από τη μικρής κλίμακας εμπειρική έρευνα αναδείχθηκαν χρήσιμες πληροφορίες για την αλληλεπίδραση των συμμετεχόντων με τη δραστηριότητα, καθώς και την εκπαιδευτική αξία της εφαρμογής, των θετικών στοιχείων και των αδυναμιών της.

Οι κινήσεις των εκπαιδευομένων κατά την αλληλεπίδρασή τους με το εικονικό μικροσκόπιο, όπως καταγράφηκαν σε πλατφόρμα ανάλυσης δεδομένων, ανέδειξαν βήματα με δυσκολία στην εκτέλεσή τους, βήματα στα οποία συμμετέχοντες εγκατέλειψαν την προσπάθειά τους, βήματα στα οποία ζήτησαν περισσότερες φορές βοήθεια, ενώ ταυτόχρονα σκιαγράφησαν ακολουθίες δράσεων/μαθησιακές συμπεριφορές για κάθε ένα φοιτητή. Έτσι, εντοπίστηκαν βήματα της πειραματικής διαδικασίας στα οποία ο διδάσκων θα πρέπει να δώσει μεγαλύτερη έμφαση όταν βρεθεί με τους εκπαιδευόμενους του στο φυσικό εργαστήριο αλλά και σημεία της εφαρμογής ΕΠ, τα οποία ίσως πρέπει να βελτιωθούν από την ομάδα ανάπτυξής της.

Οι απαντήσεις των συμμετεχόντων στο ερωτηματολόγιο δίνουν ένα θετικό πρόσημο στην εμπειρία αλληλεπίδρασης με το εικονικό μικροσκόπιο. Η πλειοψηφία των φοιτητών θεωρεί ότι μετά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας, θα μπορούσε να αναγνωρίσει/εντοπίσει όλα τα μέρη ενός πραγματικού μικροσκοπίου, αλλά ένα σημαντικό ποσοστό των φοιτητών εκφράζει μία ανασφάλεια, ως προς το εάν μπορεί να χειριστεί όλα τα μέρη του. Οι περισσότεροι συμμετέχοντες θα πρότειναν τη συγκεκριμένη δραστηριότητα ως μέσο εξάσκησης πάνω στο συγκεκριμένο εργαστηριακό όργανο. Θεωρούν ότι η εφαρμογή ΕΠ εμπλέκει τον εκπαιδευόμενο στη μαθησιακή διαδικασία, τον βοηθά να κατανοήσει πιο εύκολα βασικά στοιχεία της λειτουργίας του μικροσκοπίου, να αποκτήσει νέες δεξιότητες σε ένα ασφαλές περιβάλλον, τον ενθαρρύνει να πειραματιστεί μέσω της εξάσκησης, και την χαρακτηρίζουν χρήσιμο εργαλείο για τη σύγχρονη και ασύγχρονη εκπαίδευση σε καταστάσεις κρίσης ή όταν δεν υπάρχει επαρκής εργαστηριακός εξοπλισμός σε φυσιολογικές συνθήκες εκπαίδευσης. Ως θετικά στοιχεία της δραστηριότητας, οι φοιτητές κατέγραψαν πως παρέχει με μηδενικό κόστος τη δυνατότητα εξάσκησης με ένα πολύ ακριβό εργαστηριακό μηχάνημα, είναι εύκολη, έχει καθαρά γραφικά, ρεαλιστικό και φιλικό περιβάλλον, παρέχει σαφείς οδηγίες και βοηθητικές συμβουλές και μηδενίζει τους χρονικούς περιορισμούς που υπάρχουν σε ένα φυσικό εργαστήριο. Ως αδυναμίες της δραστηριότητας κατέγραψαν πως εστιάζει μόνο στις βασικές λειτουργίες μιας συσκευής, παρέχει περιορισμένη ελευθερία κινήσεων χωρίς να δίνει τη δυνατότητα να εισχωρήσει ο εκπαιδευόμενος μέσα στους φακούς του μικροσκοπίου και να παρατηρήσει ένα δείγμα, ενώ η πλοήγηση στο χώρο του εργαστηρίου δεν είναι πάντα εύκολη. Τέλος, οι συμμετέχοντες πρότειναν να προστεθούν δείγματα τα οποία θα μπορούν να παρατηρούν οι εκπαιδευόμενοι, να προστεθεί ένα αρχείο με τις πιο συχνές ερωτήσεις, να προστεθεί ένα κουμπί εξόδου στο τέλος της διαδικασίας και να υπάρχει δυνατότητα ταυτόχρονης συμμετοχής πολλών εκπαιδευομένων στο περιβάλλον.

Συνοψίζοντας η συγκεκριμένη εφαρμογή ΕΠ εξοικειώνει τον χρήστη με τον χειρισμό και τη λειτουργία του φωτονικού μικροσκοπίου με έναν εύκολο και ευχάριστο τρόπο, ώστε να είναι ικανός να αναγνωρίσει όλα τα μέρη ενός πραγματικού μικροσκοπίου, αλλά και να τα χειριστεί σε έναν βαθμό. Η δραστηριότητα μπορεί να αποτελέσει ένα ικανοποιητικό μέσο εξάσκησης πάνω στο συγκεκριμένο εργαστηριακό όργανο και είναι ένα χρήσιμο εργαλείο σε

περιβάλλον σύγχρονης και ασύγχρονης από απόσταση εκπαίδευσης σε καταστάσεις κρίσης ή όταν δεν υπάρχει επαρκής εργαστηριακός εξοπλισμός σε συνθήκες τάξης. Η βελτίωση της πλοήγησης στον «χώρο» και η επέκταση της εφαρμογής ώστε να δίνει τη δυνατότητα παρατήρησης δειγμάτων θα ενίσχυε την εκπαιδευτική της αξία. Τέλος, η συγκεκριμένη εφαρμογή ΕΠ σε συνδυασμό με την πλατφόρμα ανάλυσης δεδομένων, μπορεί να δώσει σημαντικές πληροφορίες για την αλληλεπίδραση του κάθε εκπαιδευόμενου με την εφαρμογή, και να βοηθήσει τον διδάσκοντα στο εκπαιδευτικό του έργο ώστε να υποστηρίξει καλύτερα τον κάθε εκπαιδευόμενο.

Μελλοντικά Ερευνητικά Πλάνα

Στο πλαίσιο μιας μελλοντικής εκπαιδευτικής έρευνας με μεγαλύτερο αριθμό συμμετεχόντων, τα δεδομένα που θα προκύψουν από την κωδικοποίηση των επιλογών των εκπαιδευομένων στην αλληλεπιδραστική δραστηριότητα, θα μοντελοποιηθούν και θα αναπτυχθούν με πιθανοθεωρητικά μοντέλα (Ραχίνου, 2021a). Η εφαρμογή των μοντέλων αυτών, σε συνδυασμό με τις πληροφορίες που προκύπτουν από τα διαγράμματα της πλατφόρμας που παρουσιάστηκαν, μπορεί να οδηγήσει: (α) στην πρόγνωση της επίδοσης των εκπαιδευομένων ώστε να γίνεται έγκαιρος προγραμματισμός μαθησιακών χειρισμών από τον ειδικό του εργαστηρίου, (β) στην κατηγοριοποίηση των δυνητικά «αδύναμων» φοιτητών σε ομάδες όπου θα εφαρμόζονται εξειδικευμένες στρατηγικές διδασκαλίας με στόχο την υπέρβαση των δυσκολιών κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των πειραμάτων και συνεπώς τη μείωση του ποσοστού εγκατάλειψης των σπουδών και (γ) στην παρουσίαση προτάσεων για την στοχευμένη τροποποίηση του εκπαιδευτικού υλικού και του υλικού αξιολόγησης.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Babincakova, M., & Bernard, P. (2020). Online Experimentation during COVID-19 Secondary School Closures: Teaching Methods and Student Perceptions. *Journal of chemical education*, 97, 3295-3300. DOI: 10.1021/acs.jchemed.0c00748
- Collins, A., & Halverson, R. (2018). *Rethinking Education in the Age of Technology: The Digital Revolution and Schooling in America* (2nd edition). New York and London: Teachers' College Press.
- Coyne, L., Merritt T. A., Parmentier B. L., Sharpton, R. A., & Takemoto, J. K. (2019). The Past, Present, and Future of Virtual Reality in Pharmacy Education. *Am J Pharm Educ.*; 83(3): 7456. <https://doi.org/10.5688/ajpe7456> PMID: 3106517326.
- Bruner, R. F. (2001). *Repetition is the First Principle of All Learning*. Retrieved from <https://ssrn.com/abstract=224340>.
- Daniel, S. J. (2020). Education and the COVID-19 pandemic. *Prospects*, 49(1), pp. 91-96.
- Evstatiev, B., Hristova, T., & Gabrovska-Evstatieva, K. (2022). Investigation of Engineering Students' Attitude towards Virtual Labs during the COVID-19 Distance Education, *Int. J. Elec. & Elecn. Eng. & Telcomm*. Retrieved from <http://www.ijeetc.com/uploadfile/2022/0331/20220331051743399.pdf>
- Flint, S., & Stewart, T. (2010). Food Microbiology – Design and Testing of a Virtual Laboratory Exercise. *Journal of Food Science Education*. 9, 84 - 89. DOI: 10.1111/j.1541-4329.2010.00108.x
- Garcia-Bonete, M. J., Jensen, M., & Katona G. (2019). A practical guide to developing virtual and augmented reality exercises for teaching structural biology. *Biochem Mol Biol Educ.*, 47(1), pp. 16-24. doi: 10.1002/bmb.21188. Epub 2018 Nov 26. PMID: 30475432.
- Gasparello, J., Papi, C., Zurlo, M., Cosenza, L.C., Breveglieri, G., & Zuccato, C. (2022) Teaching during COVID-19 pandemic in practical laboratory classes of applied biochemistry and pharmacology: validated fast and simple protocol for detection of SARS-CoV-2 Spike sequences. *PLoS ONE* 17(4): e0266419. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266419>
- Gonser, S., Berger, T. (2020). *On line learning: 5 Smart Ways to Run Science Labs When You're Teaching Remotely*. Retrieved from <https://www.edutopia.org/article/5-smart-ways-run-science-labs->

- when-youre-teaching-remotely
- Ko, S., & Rossen, St. (2021). Διδασκαλία ενός μαθήματος εξολοκλήρου μέσω διαδικτύου. Στο S. Ko, & St. Rossen, *Διδασκαλία μέσω Διαδικτύου-Εργαλεία και Παραδείγματα* (Επιμ. Π. Ρούσσοσ & Γ. Γκιάσοσ, μτφρ. Φ. Οικονομίδου, σελ. 38-41). Αθήνα: Προπομπός.
- Ma, J., & Nickerson, J., (2006). Hands-On, Simulated, and Remote Laboratories: Comparative Literature Review. *ACM Computer Survey*, 38(3), No.7. DOI: 10.1145/1132960.1132961
- Makransky, G., Terkildsen, T.S., & Mayer, R. (2017). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, 60, 225-236. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>
- Makransky, G., Thisgaard, M. W., & Gadegaard, H. (2016). Virtual Simulations as Preparation for Lab Exercises: Assessing Learning of Key Laboratory Skills in Microbiology and Improvement of Essential Non-Cognitive Skills. *PLOS ONE*. Retrieved February 4, 2018 from <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0155895>.
- Nersessian, N., (1991). *Conceptual change in science and in science education. History, Philosophy, and Science Teaching*. Toronto, Canada: M.R. Mathews, Ed. OISE Press.
- Paxinou, E., Kalles, D., Panagiotakopoulos, C. T., & Verykios, V. S. (2021a). Analyzing Sequence Data with Markov Chain Models in Scientific Experiments. *SN COMPUT. SCI.* 5(2). <https://doi.org/10.1007/s42979-021-00768-5>
- Paxinou, E., Kalles, D., Panagiotakopoulos, C.T., Sgourou, A., & Verykios, S. V. (2021b). An IRT-Based Approach to Assess the Learning Gain of a Virtual Reality Lab Students' Experience. *Intelligent Decision Technologies Journal*, 15(3), pp. 487-496. DOI: 10.3233/IDT-200216
- Rossiter, A. (2016). *Low production cost virtual modelling and control laboratories for chemical engineering students*. IFAC-PapersOnLine.
- Sypsas, A., Paxinou, E., & Kalles, D. (2021). Using virtual Laboratory Environment for Science Education in Different Educational Settings. In *Proceedings of the European Distance and E-Learning Network (EDEN) Annual Conference (475-485)*. Doi: 10.38069/edenconf-2021-ac0047
- Vasiliadou R. (2020). Virtual laboratories during coronavirus (COVID-19) pandemic. *Biochem Mol Biol Educ.* 48, pp. 482-483. <https://doi.org/10.1002/bmb.21407VASILLADOU483>
- Verykios, S. V., Paxinou, E., Panagiotakopoulos, T. C., & Kalles, D. (2021). Latent Space Models for Assessing Dynamic Student Behaviour. In G. Ubachs (eds.) *The Envisioning Report for Empowering Universities*. Maastricht, NL: EADTU.
- Xu X, Allen W, Miao Z, Yao J, Sha L, Chen Y. (2018). Exploration of an interactive "Virtual and Actual Com-bined" teaching mode in medical developmental biology. *Biochem Mol Biol Educ.*; 46(6): 585-591. <https://doi.org/10.1002/bmb.21174> PMID: 3031173
- Zafeiropoulos, V., & Kalles, D. (2016). Performance evaluation in virtual lab training. *In the proceedings of the online, Open and Flexible Higher Education Conference*, pp. 455-468.
- Zhao, Z. (2020). COVID-19 as a catalyst for educational change. *Prospects* 49(1), 29-33.
- Zhu, X., & Liu, J. (2020). Education in and after Covid-19: Immediate responses and long-term visions. *Postdigit Sci Educ*, 2(3), pp. 695-699.
- Μανούσου, Ε., & Χαροφύλακα, Α. (2020). Εργαλεία συγγραφής και ανάπτυξης ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού (authoring tools). Στο Ε. Μανούσου, Α. Χαροφύλακα, Ι. Γκιάσοσ, & Μ. Κουτσούμπα, *Θεματική Ενότητα ΕΤΑ52: Το εκπαιδευτικό Υλικό και ο σχεδιασμός της διδασκαλίας και μάθησης* (1^η ανθεώρηση, σσ. 1-24). Πάτρα: ΕΑΠ.
- Παναγιωτακόπουλος, Χ., Καρατράντου, Α., & Πιντέλας, Π. (2012). *Τεχνική Αναφορά: Η αξιολόγηση του εκπαιδευτικού λογισμικού και το περιεχόμενό της*. Πανεπιστήμιο Πατρών. Ανακτήθηκε από <https://nemetes.lis.upatras.gr/jsrui/bitstream/10889/8149/1/tr01-2012.pdf>
- Παναγιωτακόπουλος, Χ. Σαρρής, Μ. (2015). *Η Εκπόνηση μιας Επιστημονικής Εργασίας με τη Χρήση των ΤΠΕ. Μία ολοκληρωμένη προσέγγιση*. Αθήνα: Εκδόσεις ΙΩΝ.
- Παξίνου, Ε., Σγουρού, Α., Παναγιωτακόπουλος, Χ., Βερόκιος, Β. (2017). Η θεωρία της Απόκρισης Ερωτήματος για την Αξιολόγηση της Επίδοσης Χρηστών Εικονικού Εργαστηρίου Βιολογίας. *Open Education - The Journal for Open and Distance Education and Educational Technology*, 13(2), 107-123. <http://dx.doi.org/10.12681/jode.14618>