

# Ανάπτυξη και έλεγχος αποδοχής προτύπου εργαστηριακής αναφοράς ως εργαλείου καθοδήγησης προπτυχιακών φοιτητών Φυσικής

Θεόδωρος Καραφυλλίδης<sup>1</sup>, Αναστάσιος Μολοχίδης<sup>2</sup>, Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης<sup>3</sup>

[thkarafy@physics.auth.gr](mailto:thkarafy@physics.auth.gr), [tasosmol@physics.auth.gr](mailto:tasosmol@physics.auth.gr), [evris@physics.auth.gr](mailto:evris@physics.auth.gr)

<sup>1</sup> Μεταπτυχιακός Φοιτητής <sup>2</sup> Επίκουρος Καθηγητής, <sup>3</sup> Καθηγητής

Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα

## Περίληψη

Τα φτωχά μαθησιακά αποτελέσματα της εργαστηριακής εκπαίδευσης οφείλονται, μεταξύ άλλων, στην έλλειψη αναστοχασμού των εκπαιδευομένων σχετικά με την εργαστηριακή τους εμπειρία. Δεδομένου ότι ο αναστοχασμός συνήθως λαμβάνει χώρα μετά την εργαστηριακή συνεδρία και κατά την σύνταξη των σχετικών εργαστηριακών αναφορών, η εργασία αυτή πραγματεύεται την τροποποίηση του παραδοσιακού υποδείγματος εργαστηριακής αναφοράς ενός προπτυχιακού μαθήματος πειραμάτων γενικής φυσικής, με στόχο την ανάπτυξη ενός εργαλείου καθοδήγησης σε ψηφιακή μορφή για την ενίσχυση των ευκαιριών αναστοχασμού και τη βελτίωση των μεταγνωστικών δεξιοτήτων των εκπαιδευομένων. Παράλληλα, αναφέρονται πρώτα αποτελέσματα ελέγχου της αποδοχής του εργαλείου, μετά από πιλοτική χρήση του από 20 προπτυχιακούς φοιτητές φυσικής. Η δομή του εργαλείου καθοδήγησης βασίζεται στα γενικά συμφωνημένα επιστημονικά πρότυπα, ενώ το περιεχόμενό του περιλαμβάνει αναστοχαστικές προτροπές αναφοράς στις ερευνητικές διαδικασίες που ακολουθούνται κατά την ολοκλήρωση των εργαστηριακών δραστηριοτήτων. Τα σχόλια των φοιτητών φανερώουν τη θετική στάση τους απέναντι στη χρήση του εργαλείου και την αναγνώριση της συνεισφοράς του στη βαθύτερη κατανόηση των ερευνητικών διαδικασιών.

**Λέξεις κλειδιά:** Εργαστηριακή εκπαίδευση, Εργαστηριακή αναφορά, Αναστοχασμός, Μεταγνωστικές δεξιότητες

## Εισαγωγή

Στο φως των νέων ευρημάτων για την μάθηση στις φυσικές επιστήμες, οι υπεύθυνοι χάραξης πολιτικής προτείνουν παγκοσμίως τη μετάβαση προς τη μάθηση μέσω διερεύνησης (National Research Council, 2000) και προς μια εποικοδομητική προσέγγισή της (National Research Council, 2013), σύμφωνα με την οποία η μάθηση επιτυγχάνεται όταν οι εκπαιδευόμενοι εμπλέκονται ενεργά στην πρακτική ή τη νοητική επεξεργασία ενός ερωτήματος ή προβλήματος από τον φυσικό κόσμο και οικοδομούν τις δικές τους αντιλήψεις για την επιστήμη (Χαλκιά, 2012). Δεδομένου ότι οι προσεγγίσεις αυτές θα πρέπει να αντικατοπτρίζονται στις πρακτικές διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, η εργαστηριακή εκπαίδευση κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική (Hofstein & Lunetta, 2004). Ωστόσο, αν και το εργαστήριο αποτελεί εδώ και χρόνια ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα της εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες (Anderson, 1976; Hofstein & Lunetta, 1982), τα αναμενόμενα μαθησιακά οφέλη φαίνεται να μην επιτυγχάνονται στις περισσότερες περιπτώσεις (Kirschner & Meester, 1988).

Ένας από τους λόγους αποτυχίας της εργαστηριακής εκπαίδευσης αποτελεί η ίδια η φύση των εργαστηριακών δραστηριοτήτων, οι οποίες εμπλέκουν ενεργά τους εκπαιδευόμενους στη διαδικασία της έρευνας, καθώς είναι γνωστό πως οι ίδιοι έχουν ουσιαστικά προβλήματα με τις ερευνητικές διαδικασίες που πρέπει να ακολουθήσουν, όπως ο σχεδιασμός

πειραμάτων, η ερμηνεία δεδομένων, κ.α. (de Jong & Van Joolingen, 1998). Παράλληλα, δυσκολεύονται να συνδέσουν τις διαδικασίες αυτές, τόσο μεταξύ τους, όσο και με τις επιστημονικές έννοιες τις οποίες διαπραγματεύονται οι ίδιες οι δραστηριότητες (Lazarowitz & Tamir, 1994). Οι δυσκολίες αυτές, σε συνδυασμό με τη μορφή των εργαστηριακών δραστηριοτήτων, οι οποίες τυπικά είναι επιβεβαιωτικού χαρακτήρα (Domín, 1999) και ακολουθούν μια γραμμική, βήμα-βήμα πορεία, οδηγούν τους εκπαιδευόμενους σε μια «τυφλή» διεξαγωγή τους, χωρίς να σκέφτονται τι ή γιατί το κάνουν, μη έχοντας τελικά την ευκαιρία να προβληματιστούν σχετικά με την εμπειρία τους στο εργαστήριο.

Τα παραπάνω προβλήματα αποτυπώνονται και στη δυσκολία των εκπαιδευόμενων να επικοινωνήσουν τα «ευρήματά» τους μέσα από τη συγγραφή των εργαστηριακών αναφορών (Corradi, 2012) που συνήθως υποχρεούνται να συντάξουν μετά τη διεξαγωγή των εργαστηριακών δραστηριοτήτων. Η δομή και το περιεχόμενο των αναφορών αυτών συνήθως συμμορφώνονται με γενικά συμφωνημένα πρότυπα, ώστε να επιτρέπουν στους αναγνώστες να αντιγράψουν ή να επικυρώσουν τα αποτελέσματά τους. Ωστόσο, οι εκπαιδευόμενοι σπάνια κατανοούν τον πραγματικό σκοπό της δομής των εργαστηριακών αναφορών (Cacciatore & Sevian, 2006), ενώ παράλληλα υποστηρίζεται πως η τυπική αυτή μορφή δεν προωθεί ιδιαίτερα, και μπορεί στην πραγματικότητα να αποθαρρύνει, τόσο την ανάπτυξη συνδέσεων μεταξύ στοιχείων μιας εργαστηριακής δραστηριότητας, όσο και την ανάπτυξη νοήματος σχετικά με τις επιστημονικές έννοιες (Rudd et al., 2001).

Για το σκοπό αυτό, η εργασία πραγματεύεται την τροποποίηση της παραδοσιακής δομής και τον εμπλουτισμό του περιεχομένου του υποδείγματος εργαστηριακής αναφοράς ενός προπτυχιακού μαθήματος πειραματικής φυσικής, με στόχο τη δημιουργία ενός εργαλείου καθοδήγησης σε ψηφιακή μορφή, με ιδιαίτερη έμφαση στην παροχή ευκαιριών αναστοχασμού και ανάπτυξης των μεταγνωστικών ικανοτήτων των φοιτητών. Παράλληλα, παρουσιάζονται αποτελέσματα από τον έλεγχο αποδοχής του εργαλείου, μετά από πιλοτική χρήση του σε πραγματικές συνθήκες. Τα ερευνητικά ερωτήματα που καθοδηγούν την έρευνα είναι:

1. Ποια θα πρέπει να είναι η δομή και το περιεχόμενο του εργαλείου καθοδήγησης;
2. Γίνεται το εργαλείο καθοδήγησης αποδεκτό από τους φοιτητές;

## Μεθοδολογία

Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος μιας προσπάθειας σχεδιασμού και ανάπτυξης ψηφιακού υλικού και εργαλείων, με στόχο την προετοιμασία και την υποστήριξη πρώτοετών φοιτητών, στα πλαίσια ενός προπτυχιακού μαθήματος εργαστηριακών ασκήσεων γενικής φυσικής, ενός μεγάλου πανεπιστημιακού ιδρύματος της Ελλάδος. Πιο συγκεκριμένα, διαπραγματεύεται την ανάπτυξη ενός εργαλείου καθοδήγησης για τη σύνταξη εργαστηριακών αναφορών, βασισμένο στη θεωρία του εποικοδομισμού, σύμφωνα με την οποία ο αναστοχασμός των εκπαιδευόμενων έχει καθοριστικό ρόλο στη μάθησή τους, και στο έργο των Keys et al. (1999), το οποίο αντιπροσωπεύει μια γέφυρα μεταξύ παραδοσιακών εργαστηριακών αναφορών και τύπων γραφής που προωθούν την προσωπική κατασκευή νοήματος.

Για την ανάπτυξη του εργαλείου ακολουθήθηκε το μοντέλο ADDIE (Branch, 2010), ένα πλαίσιο σχεδιασμού εκπαιδευτικού υλικού που περιγράφεται από 5 φάσεις: Analysis (Ανάλυση των εκπαιδευτικών αναγκών), Design (Σχεδίαση της πρότασης & εφαρμογή των εκπαιδευτικών στρατηγικών και θεωριών μάθησης), Development (Ανάπτυξη του υλικού με βάση τις προδιαγραφές που τέθηκαν), Implementation (Εφαρμογή της εκπαιδευτικής πρότασης) & Evaluation (Αποτίμηση της αποτελεσματικότητας του υλικού).

### **Science Writing Heuristic**

Με στόχο την προώθηση της μάθησης μέσω εργαστηριακών δραστηριοτήτων, οι Keys et al. (1999) ανέπτυξαν ένα εργαλείο γνωστό ως «Science Writing Heuristic». Το εργαλείο αποτελείται από ένα πρότυπο καθοδήγησης των εκπαιδευτικών κατά το σχεδιασμό δραστηριοτήτων και ένα πρότυπο υποστήριξης της σκέψης των μαθητών, κατά τη συγγραφή των αναφορών που σχετίζονται με την εργαστηριακή τους εμπειρία. Πλήθος ερευνών που επιστρατεύουν τη χρήση του εργαλείου υποστήριξης των μαθητών (Burke et al., 2006; Hand et al., 2002; Keys et al., 1999; Rudd et al., 2001; Rudd et al., 2007) αντιστοιχίζουν τις ενότητες των παραδοσιακών προτύπων εργαστηριακής αναφοράς με τις ερευνητικές διαδικασίες που πρέπει να ακολουθηθούν κατά την ολοκλήρωση των εργαστηριακών δραστηριοτήτων και αναφέρουν πως η χρήση του εργαλείου διευκολύνει τους εκπαιδευόμενους να ερμηνεύσουν δεδομένα, να κάνουν συνδέσεις μεταξύ ερευνητικών διαδικασιών, αποδεικτικών στοιχείων και ισχυρισμών, να αναστοχαστούν, να συμμετάσχουν σε μεταγνωστικές διαδικασίες και να αποκτήσουν βαθύτερη κατανόηση των υπό διαπραγμάτευση επιστημονικών εννοιών.

Οι διαδικασίες που ακολουθούνται κατά τη διάρκεια μιας έρευνας στο εργαστήριο είναι λίγο-πολύ αναγνωρισμένες. Οι Hackling & Fairbrother (1996) αναφέρονται στις διαδικασίες αυτές και προτείνουν μια κατηγοριοποίησή τους σε τέσσερις ενότητες, ενώ αντίστοιχα ο Hackling (1998) προτείνει κατάλληλες ερωτήσεις, ανάλογα με το επίπεδο των εκπαιδευόμενων, που σχετίζονται με τις διαδικασίες αυτές και αποσκοπούν στην επιτυχή συμπλήρωση φύλλων αναφοράς από τους εκπαιδευόμενους.

### **Το εργαστηριακό μάθημα**

Η παρέμβαση γίνεται στα πλαίσια ενός προπτυχιακού μαθήματος εργαστηριακών ασκήσεων γενικής φυσικής, ενός μεγάλου πανεπιστημιακού ιδρύματος της Ελλάδος. Το μάθημα είναι διάρκειας ενός εξαμήνου και αποτελεί το πρώτο εργαστηριακό μάθημα πειραματικής φυσικής που συναντούν οι φοιτητές κατά τη διάρκεια των σπουδών τους. Κύριοι στόχοι του μαθήματος αποτελούν η εξοικείωση των φοιτητών με την πειραματική φυσική και η ανάπτυξη δεξιοτήτων πειραματισμού και έρευνας. Στις πρώτες τρεις συναντήσεις οι φοιτητές ενημερώνονται για τις βασικές έννοιες και αρχές πειραματισμού και πραγματοποιούν 3 εισαγωγικά συμμετοχικά πειράματα. Στη συνέχεια ολοκληρώνουν, σε διμελείς ομάδες, 7 αυτόνομες εργαστηριακές ασκήσεις πειραμάτων επιβεβαιωτικού χαρακτήρα, που αφορούν φαινόμενα γενικής φυσικής. Κατά τη διάρκεια ολοκλήρωσης των ασκήσεων οι φοιτητές εργάζονται με τη βοήθεια εργαστηριακού οδηγού, ο οποίος περιλαμβάνει, για κάθε άσκηση, τον τίτλο και τη σκοπιμότητά της, τα απαραίτητα στοιχεία θεωρίας, περιγραφή των οργάνων και των εργαστηριακών συσκευών που θα πρέπει να χρησιμοποιηθούν και το εκτελεστικό μέρος, το οποίο περιλαμβάνει τα πειράματα που καλούνται να πραγματοποιήσουν οι φοιτητές. Κάθε πείραμα περιλαμβάνει το στόχο του πειράματος, την πειραματική διάταξη, οδηγίες εκτέλεσης, πίνακες καταγραφής των πρωτογενών δεδομένων και οδηγίες ανάλυσής τους. Η δομή των εργαστηριακών ασκήσεων αποτυπώνεται στο Σχήμα 1α. Ο εργαστηριακός οδηγός περιλαμβάνει επίσης το παραδοσιακό υπόδειγμα των εργαστηριακών αναφορών που καλούνται να συντάξουν οι φοιτητές με την ολοκλήρωση κάθε άσκησης. Το υπόδειγμα περιλαμβάνει σε τίτλους τις ενότητες της εργασίας (βλέπε 1<sup>η</sup> στήλη Πίνακα 1), σύντομη περιγραφή της κάθε μίας και οδηγίες για την παρουσίαση των δεδομένων.

## Ανάπτυξη εργαλείου καθοδήγησης

Η δομή του εργαλείου καθοδήγησης σχεδιάστηκε με βάση τα γενικά συμφωνημένα πρότυπα της γραπτής επιστημονικής επικοινωνίας, καθώς και τις απαιτήσεις και τις ιδιαιτερότητες των εργαστηριακών ασκήσεων του μαθήματος, έτσι ώστε οι ενότητες που προκύπτουν να αποτελούν τον σκελετό των εργαστηριακών αναφορών που καλούνται να αναπτύξουν οι φοιτητές. Η δομή του υποδείγματος εργαστηριακής αναφοράς που περιλαμβάνεται στον εργαστηριακό οδηγό των φοιτητών περιλαμβάνει τις ενότητες Τίτλος, Περίληψη, Θεωρητική εισαγωγή, Πειραματικό μέρος, Επεξεργασία, Συμπεράσματα και Βιβλιογραφία (1<sup>η</sup> στήλη Πίνακα 1).

**Πίνακας 1. Παραδοσιακή δομή, τροποποιημένη δομή και παραδείγματα προτροπών αντιστοιχισμένα στις ενότητες του προτύπου**

Παραδοσιακή δομή	Τροποποιημένη δομή	Προτροπή
Τίτλος	Τίτλος	Κατάγραψε τον τίτλο της εργαστηριακής άσκησης.
Περίληψη	Περίληψη	Συνοψισε το στόχο, τα κύρια σημεία και συμπεράσματα της άσκησης.
Θεωρητική Εισαγωγή	Θεωρητικό μέρος	
	Εισαγωγή	Κατάγραψε τον σκοπό της εργαστηριακής άσκησης.
Πειραματικό Μέρος	Θεωρητικό υπόβαθρο	Ανάφερε τα φυσικά μεγέθη που σχετίζονται με το φαινόμενο.
	Πρακτικό μέρος/ ανά πείραμα	Κατάγραψε τον τίτλο του πειράματος.
	Πειραματικός σχεδιασμός/ Μεθοδολογία	Ανάφερε τα όργανα μέτρησης της ανεξάρτητης και εξαρτημένης μεταβλητής. Πρόβλεψε την έκβαση του πειράματος.
	Αποτελέσματα	Κατάγραψε σε πίνακες τα πρωτογενή σου δεδομένα.
Επεξεργασία	Επεξεργασία	Αναπαράστησε γραφικά τα δεδομένα σου σε γράφημα.
	Συζήτηση	Πρότεινε μια μαθηματική έκφραση που μπορεί να περιγράφει τη σχέση μεταξύ των μεταβλητών.
Συμπεράσματα	Συμπεράσματα	Σύγκρισε τα αποτελέσματα με την αρχική σου πρόβλεψη.
	Συνολικά συμπεράσματα	Ανάφερε πως συνεισφέρει το κάθε πείραμα στην επίτευξη του στόχου της άσκησης.
Βιβλιογραφία	Βιβλιογραφία	Ανάφερε τις πηγές από τις οποίες άντλησες πληροφορίες.

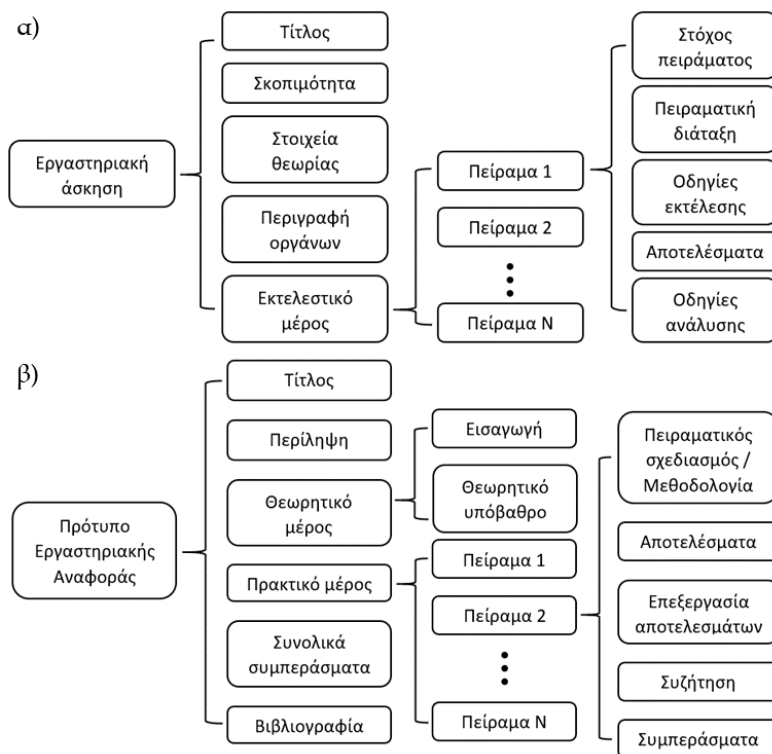
Ωστόσο, η ιδιαίτερη δομή και ο χαρακτήρας των εργαστηριακών ασκήσεων δυσκολεύει την πιστή υιοθέτηση ενός τέτοιου υποδείγματος, καθιστώντας την τροποποίησή του απαραίτητη. Κάθε εργαστηριακή άσκηση αφορά τη μελέτη ενός φυσικού φαινομένου, μέσα από πραγματοποίηση διακριτών πειραμάτων. Δεδομένου ό,τι όλα τα πειράματα αφορούν την ίδια θεματική περιοχή και η πραγματοποίησή τους αποσκοπεί στην επίτευξη ενός ενιαίου στόχου, το κομμάτι της Θεωρητικής εισαγωγής τροποποιείται και εξειδικεύεται στις ενότητες Εισαγωγή και Θεωρητικό υπόβαθρο, φέροντας το όνομα Θεωρητικό μέρος. Οι ενότητες Πειραματικό Μέρος και Επεξεργασία απαιτούν αναμόρφωση, καθώς είναι διαφορετικές για κάθε ξεχωριστό πείραμα που εκτελούν οι φοιτητές. Έτσι δημιουργείται το Πρακτικό μέρος το οποίο περιλαμβάνει, για κάθε πείραμα, τον Πειραματικό Σχεδιασμό/ Μεθοδολογία, τα Αποτελέσματα, την Επεξεργασία αποτελεσμάτων, τη Συζήτηση και τα Συμπεράσματα. Η ενότητα Συμπεράσματα μετονομάζεται σε Συνολικά συμπεράσματα και αφορά και πάλι τη συνολική άσκηση, εξυπηρετώντας τον ίδιο αρχικό σκοπό. Οι ενότητες

Τίτλος, Περίληψη και Βιβλιογραφία παραμένουν ως έχουν. Η τελική δομή του προτύπου αποτυπώνεται στο Σχήμα 1β και στη 2<sup>η</sup> στήλη του Πίνακα 1.

Το περιεχόμενο των ενότητων του προτύπου διαμορφώθηκε ώστε να δίνει γενικές κατευθύνσεις στους φοιτητές σχετικά με το τι θα πρέπει να περιλαμβάνει η κάθε μια. Επίσης, προτρέπει τους φοιτητές να αναφερθούν στις συγκεκριμένες ερευνητικές διαδικασίες που ακολούθησαν κατά την ολοκλήρωση των ασκήσεων, με στόχο τη βοήθεια σύνδεσης των διαδικασιών αυτών, τόσο μεταξύ τους, όσο και με τις αντίστοιχες ενότητες, την καθοδήγηση της σκέψης και τον αναστοχασμό τους για την κατασκευή νοήματος από την πρακτική τους εργασία. Οι προτροπές που περιλαμβάνονται στο εργαλείο καθοδήγησης αποτελούν τροποποίηση των ερωτήσεων αναφοράς στις εργαστηριακές δραστηριότητες που αναφέρει ο Hackling (1998) και έχουν αντιστοιχηθεί με τις κατάλληλες ενότητες του προτύπου. Με πλάγια γραφή γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στις προτροπές αναστοχαστικού τύπου που οδηγούν σε συμμετοχή σε μεταγνωστικές διαδικασίες (βλέπε 3<sup>η</sup> στήλη Πίνακα 1).

Στον Πίνακα 1 συνοψίζονται η παραδοσιακή δομή του υποδείγματος εργαστηριακής αναφοράς με τις αντίστοιχες ενότητές της (1<sup>η</sup> Στήλη), η τροποποιημένη μορφή όπως προέκυψε (2<sup>η</sup> Στήλη), καθώς και παραδείγματα προτροπών που εμπεριέχονται στο πρότυπο, αντιστοιχισμένα με τις κατάλληλες ενότητες και υπό-ενότητες του (3<sup>η</sup> Στήλη).

Το τελικό εργαλείο αναπτύχθηκε σε ηλεκτρονική μορφή, ήταν προσπελάσιμο από διάφορες ηλεκτρονικές συσκευές (H/Y, κινητά τηλέφωνα, ταμπλέτες, κ.α.) και αναρτήθηκε στην ιστοσελίδα του μαθήματος, ώστε να είναι διαθέσιμο προς χρήση στους φοιτητές.



Σχήμα 1. Δομή εργαστηριακών ασκήσεων (α) και προτεινόμενου προτύπου εργαστηριακής αναφοράς (β)

## Δείγμα

Η αξιοποίηση του εργαλείου έλαβε χώρα κατά το χειμερινό εξάμηνο της ακαδημαϊκής χρονιάς 2020 - 2021. Συμμετέχοντες στην έρευνα αποτέλεσαν 20 πρωτοετείς φοιτητές Φυσικής (11 αγόρια και 9 κορίτσια) εγγεγραμμένοι σε ένα από τα τμήματα του μαθήματος. Η διδασκαλία του μαθήματος είχε διάρκεια 12 εβδομάδες και έγινε από καθηγητή του τμήματος με πολλά χρόνια εμπειρίας και υπεύθυνο του συγκεκριμένου μαθήματος. Παράλληλα, ένας εκ των συγγραφέων λειτουργούσε ως παρατηρητής του μαθήματος και συμμετείχε επικουρικά στη διδασκαλία.

## Πιλοτική εφαρμογή

Οι συναντήσεις λάμβαναν χώρα σε εβδομαδιαία βάση, με διάρκεια 4 ακαδημαϊκές ώρες. Μετά τις τρεις πρώτες εισαγωγικές συναντήσεις (εβδομάδα 1-3), κάθε συνεδρία αφορούσε την ολοκλήρωση μιας εκ των 7 αυτόνομων εργαστηριακών ασκήσεων. Μετά την ολοκλήρωση κάθε μιας εκ των τριών πρώτων αυτόνομων ασκήσεων (εβδομάδα 4,5,6), οι φοιτητές κλήθηκαν να συντάξουν τις αντίστοιχες εργαστηριακές αναφορές, ακολουθώντας το υπόδειγμα που βρίσκεται στον εργαστηριακό οδηγό τους (παραδοσιακή δομή) και να τις παραδώσουν μέχρι την επόμενη συνάντηση.

Κατά τη διάρκεια της 7<sup>ης</sup> συνάντησης, παράλληλα με την ολοκλήρωση της 4<sup>ης</sup> αυτόνομης εργαστηριακής άσκησης, παρουσιάστηκε από τον συγγραφέα η δομή του προτύπου της εργαστηριακής αναφοράς που αναπτύχθηκε. Στην παρουσίαση δόθηκε έμφαση στο ρόλο των εννοιών και στο περιεχόμενο που πρέπει να περιλαμβάνει η κάθε μια. Το εργαλείο αναρτήθηκε στην ηλεκτρονική πλατφόρμα του μαθήματος, ώστε να έχουν ελεύθερη πρόσβαση σε αυτό οι φοιτητές και τους ζητήθηκε να προσαρμόσουν την εργαστηριακή αναφορά της 4<sup>ης</sup> άσκησης ακολουθώντας τις αντίστοιχες οδηγίες.

Στην 8<sup>η</sup> συνάντηση, μετά την ολοκλήρωση της 5<sup>ης</sup> αυτόνομης εργαστηριακής άσκησης, παρουσιάστηκε από τον συγγραφέα η εργαστηριακή αναφορά της 1<sup>ης</sup> άσκησης προσαρμοσμένη στα μέτρα του προτύπου. Στην παρουσίαση δόθηκαν συγκεκριμένα παραδείγματα αναφοράς στις ερευνητικές διαδικασίες που ακολούθησαν οι φοιτητές κατά την εκτέλεση της 1<sup>ης</sup> άσκησης και έπειτα οι φοιτητές κλήθηκαν να υιοθετήσουν τη δομή και το περιεχόμενο του προτύπου για τις υπόλοιπες εργαστηριακές αναφορές τους.

Τέλος, στην τελευταία συνάντηση (εβδομάδα 11) οι φοιτητές αξιολογήθηκαν σχετικά με τις γνώσεις και τις δεξιότητες που αποκόμισαν από την παρακολούθηση του μαθήματος. Μετά την αξιολόγηση ακολούθησε ομαδική συζήτηση σχετικά με την πορεία του μαθήματος, με στόχο την αποτίμηση, τόσο της γενικής αποδοχής του προτύπου ως εργαλείου καθοδήγησης, όσο και της συνεισφοράς του στην βαθύτερη κατανόηση των διαφόρων ερευνητικών διαδικασιών που ακολούθησαν οι φοιτητές.

## Αποτίμηση αποδοχής προτύπου

Κεντρικό θέμα της τελικής συζήτησης ήταν η αποτίμηση της αποδοχής του προτύπου ως εργαλείου καθοδήγησης για τη συγγραφή εργαστηριακών αναφορών από τους φοιτητές. Σύμφωνα με τις απαντήσεις τους η στάση των φοιτητών φαίνεται να είναι ιδιαίτερα θετική απέναντι στη χρήση του εργαλείου. Παρακάτω καταγράφονται μερικές χαρακτηριστικές απαντήσεις των φοιτητών σχετικά με τη χρησιμότητα και τη συνολική συμβολή του:

**Φοιτητρια 1:** *Νομίζω πως έπρεπε να δίνεται εξ αρχής ..... αν είχα εγώ ως πούμε το πρότυπο από την αρχή, θα μπορούσα νομίζω να κάνω πολύ καλύτερη δουλειά και χωρίς να χρειαστεί τόσες ώρες.*

**Φοιτήτρια 2:** Ήταν πιο κατατοπισμένο το τι έπρεπε να γράφουμε με βάση το πρότυπο, οπότε βοήθησε αρκετά!

**Φοιτητής 4:** Είναι αισθητή η διαφορά ανάμεσα στις 2 εργασίες (προ και μετά χρήσης εργαλείου).

Οι φοιτητές ρωτήθηκαν επίσης για συγκεκριμένα σημεία στα οποία αισθάνονται να επωφελήθηκαν από τη χρήση του εργαλείου, για τα οποία και απαντούν:

**Φοιτήτρια 1:** Απλά όταν μας δώσατε το εργαλείο άρχισα να σκέφτομαι περισσότερο αυτό που είπατε με τις ανεξάρτητες και τις εξαρτημένες μεταβλητές (Πειραματικός σχεδιασμός/ Μεθοδολογία) και το κατά πόσο είναι σημαντικό να αναφέρονται.

**Φοιτήτρια 3:** Εμένα προσωπικά με βοήθησε περισσότερο στη συγγραφή της Περίληψης ..... σε ποια σημεία ας πούμε θα πρέπει να εστιάσω, στο τι πρέπει να αναφέρω και γενικότερα πως θα πρέπει να είναι μια περίληψη.

**Φοιτητής 2:** Επίσης και στην περιγραφή του πειράματος (Πειραματικός σχεδιασμός/ Μεθοδολογία) ..... στην ουσία αυτό που κατάλαβα είναι ό,τι πρέπει να κάνεις μια περιγραφή του πειράματος και της εργασίας σου, έτσι ώστε να μπορέσει και ένας ο οποίος δεν έχει παρακολουθήσει το εργαστήριο να καταλάβει τι κάνουμε, τι πείραμα διεξήγαμε και τι αποτελέσματα πήραμε.

**Φοιτητής 1:** Εμένα με βοήθησε και στη Συζήτηση και στα Συμπεράσματα, γιατί πιο πριν (πριν τη χρήση του εργαλείου) έλεγα για τα ειδικά σχόλια και τα συμπεράσματα, το ίδιο περίπου πάνω - κάτω.

Από τα παραπάνω σχόλια παρατηρούμε πως οι φοιτητές έχουν μια θετική στάση απέναντι στην χρήση του προτύπου και πως, επίσης, αναγνωρίζουν ό,τι τους βοήθησε τόσο στην αναφορά σε συγκεκριμένες ερευνητικές διαδικασίες, όσο και στη βαθύτερη κατανόηση της ουσίας των διαδικασιών αυτών.

## Συμπεράσματα

Στην εργασία παρουσιάστηκε η τροποποίηση της τυπικής δομής και ο εμπλουτισμός του περιεχομένου του παραδοσιακού προτύπου εργαστηριακής αναφοράς ενός προπτυχιακού μαθήματος πειραματικής φυσικής, με στόχο την ανάπτυξη ενός εργαλείου για την καθοδήγηση των φοιτητών κατά τη σύνταξη εργαστηριακών αναφορών και την υποστήριξη των μεταγνωστικών τους ικανοτήτων. Παράλληλα, παρουσιάστηκαν αποτελέσματα ελέγχου αποδοχής του εργαλείου, από τη χρήση του σε πραγματικές συνθήκες.

Η δομή του προτεινόμενου εργαλείου αποτελεί μια τροποποιημένη, εποικοδομητικού τύπου, εκδοχή ενός υποδείγματος εργαστηριακής αναφοράς, με στόχο την παροχή ευκαιριών αναστοχασμού και την ανάπτυξη των μεταγνωστικών δεξιοτήτων των φοιτητών, στη βάση της πειραματικής μεθοδολογίας και της διασύνδεσης θεωρίας - πειράματος, ώστε τα συμπεράσματά τους να είναι εντός θεωρητικού πλαισίου.

Τα πρώτα αποτελέσματα από τον έλεγχο της αποδοχής του εργαλείου καθοδήγησης φαίνεται να είναι αρκετά ενθαρρυντικά. Σύμφωνα με τα σχόλια των φοιτητών, το εργαλείο τους δίνει μια πιο ξεκάθαρη εικόνα για το τι πρέπει να περιλαμβάνει μια εργαστηριακή αναφορά, τους βοηθά να αναγνωρίζουν το ρόλο κάθε ενότητας, ενώ παράλληλα τους βοηθά στην αναφορά και στη βαθύτερη κατανόηση των ερευνητικών διαδικασιών που ακολουθούν κατά την ολοκλήρωση της έρευνάς τους, με αποτέλεσμα να είναι πιο αποδοτικοί στην εργασία τους. Παρόμοια ευρήματα αναφέρονται και οι Hand et al. (2004), Keys et al. (1999) και Rudd et al. (2001) από την αξιοποίηση εργαλείων καθοδήγησης στη Β' βάρθμια εκπαίδευση, σύμφωνα με τους οποίους οι μαθητές αναγνωρίζουν τη μεταγνωστική αξία που αποκτήθηκε από τη χρήση μη παραδοσιακών τύπων γραφής.

Ωστόσο, το μικρό δείγμα της έρευνας και η χρήση του εργαλείου σε μια πολύ στενή περιοχή εργαστηριακών ασκήσεων, δεν επιτρέπει την ασφαλή γενίκευση των συμπερασμάτων. Μελλοντικές έρευνες αποβλέπουν στη χρήση του εργαλείου σε μεγαλύτερο και πιο ποικίλο δείγμα, στην αξιολόγηση της επίδρασής του στο γνωστικό πεδίο που

σχετίζεται με τις εργαστηριακές δραστηριότητες, καθώς και την ανάπτυξη συγκεκριμένων ερευνητικών και επιστημονικών δεξιοτήτων των εκπαιδευομένων.

## Αναφορές

- Anderson, O. R. (1976). *The experience of science: A new perspective for laboratory teaching*. New York: Teacher's College Press. ISBN: 978-0807724903
- Branch, R. M. (2010), *Instructional Design: The ADDIE Approach*, Springer (US). ISBN: 978-0-387-09505-9
- Burke, K. A., Greenbowe, T. J., & Hand, B. M. (2006). Implementing the science writing heuristic in the chemistry laboratory. *Journal of Chemical Education*, 83(7), 1032–1038.  
<https://doi.org/10.1021/ed083p1032>
- Cacciatore, K. L., & Sevian, H. (2006). Teaching lab report writing through inquiry: A green chemistry stoichiometry experiment for general chemistry. *Journal of Chemical Education*, 83(7), 1039–1041.  
<https://doi.org/10.1021/ed083p1039>
- Corradi, H. R. (2012). A sample practical report to facilitate writing in the scientific style. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, 40(1), 65–67. <https://doi.org/10.1002/bmb.20571>
- de Jong, T., & Van Joolingen, W. R. (1998). Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains. *Review of Educational Research*, 68(2), 179–201.  
<https://doi.org/10.3102/00346543068002179>
- Domin, D. S. (1999). A review of laboratory instruction styles. *Journal of Chemical Education*, 76(2–4), 543–547. <https://doi.org/10.1021/ed076p543>
- Hackling, M., W., (1998). *Working scientifically: Implementing and assessing open investigation work in science*. Western Australia: Department of Education and Training. ISBN: 0 7307 4146 X
- Hackling, M. W., & Fairbrother, R. W. (1996). Helping students to do open investigations in science. *Australian Science Teachers' Journal*, 42(4), 26–33.  
<https://search.informit.org/doi/10.3316/aeipt.72381>
- Hand, B., Prain, V., & Wallace, C. (2002). Influences of writing tasks on students' answers to recall and higher-level test questions. *Research in Science Education*, 32(1), 19–34.  
<https://doi.org/10.1023/A:1015098605498>
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52(2), 201–217.  
<https://doi.org/10.3102/00346543052002201>
- Hofstein, A., & Lunetta, V. N. (2004). The laboratory in science education: Foundations for the twenty-first century. *Science Education*, 88(1), 28–54. <https://doi.org/10.1002/sce.10106>
- Keys, C. W., Hand, B., Prain, V., & Collins, S. (1999). Using the science writing heuristic as a tool for learning from laboratory investigations in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36(10), 1065–1084.  
[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199912\)36:10<1065::AID-TEA2>3.0.CO;2-J](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199912)36:10<1065::AID-TEA2>3.0.CO;2-J)
- Kirschner, P. A., & Meester, M. A. M. (1988). The laboratory in higher science education: Problems, premises and objectives. *Higher Education*, 17(1), 81–98. <https://doi.org/10.1007/BF00130901>
- Lazarowitz, R., & Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science, In D. L. Gabel (Ed.), *Handbook of research on science teaching and learning*. pp. 94–130. New York: Macmillan. ISBN: 978-0028970059
- National Research Council, (2000). *Inquiry and the national science education standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9596>
- National Research Council, (2013). *Next generation science standards: For states, by states*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/18290>
- Rudd, J. A., Greenbowe, T. J., & Hand, B. M. (2007). Using the science writing heuristic to improve students' understanding of general equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 84(12), 2007–2011.  
<https://doi.org/10.1021/ed084p2007>
- Rudd, J. A., Greenbowe, T. J., Hand, B. M., & Legg, M. J. (2001). Using the science writing heuristic to move toward an inquiry-based laboratory curriculum: An example from physical equilibrium. *Journal of Chemical Education*, 78(12), 1680. <https://doi.org/10.1021/ed078p1680>
- Χαλκιά, Κ. (2012). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες*. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη. ISBN: 9789601643083