

Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

(2023)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: Πρακτικά Εκτεταμένων Συνόψεων των Εργασιών



Διδακτική μαθησιακή ακολουθία για εισαγωγική διδασκαλία στο εργαστήριο Φυσικής Λυκείου

Αλέξανδρος Κατέρης, Σεραφείμ Τσούκος, Παναγιώτης Λάζος, Παύλος Τζαμαλής, Αθανάσιος Βελέντζας

doi: [10.12681/codiste.5410](https://doi.org/10.12681/codiste.5410)

ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΜΑΘΗΣΙΑΚΗ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑ ΓΙΑ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΦΥΣΙΚΗΣ ΛΥΚΕΙΟΥ

Αλέξανδρος Κατέρης¹, Σεραφείμ Τσούκος², Παναγιώτης Λάζος³, Παύλος Τζαμαλής⁴,
Αθανάσιος Βελέντζας⁵

¹Σύμβουλος Εκπαίδευσης ΠΕ04 Ανατολικής Αττικής, ²Καθηγήτης Φυσικής, 2^ο Πρότυπο Γυμνάσιο Αθηνών, ³Υπεύθυνος Ε.Κ.Φ.Ε. Ηλιούπολης, Π.Τ.Δ.Ε., Ε.Κ.ΠΑ., ⁴Ε.ΔΙ.Π., Εργαστήριο Φυσικής, Τμήμα Βιοτεχνολογίας Γ.Π.Α., ⁵Ε.ΔΙ.Π., Σ.Ε.Μ.Φ.Ε., Ε.Μ.Π.

ptzamal@aua.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται μια Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ) με σκοπό την εξοικείωση των μαθητών/τριών με βασικές έννοιες που αφορούν στην διδασκαλία της φυσικής στο εργαστήριο (μέτρηση–αβεβαιότητα–μέση τιμή) καθώς και την άσκησή τους στη λήψη μετρήσεων και την επεξεργασία των δεδομένων. Πιο συγκεκριμένα παρουσιάζεται, το σκεπτικό δόμησης της ΔΜΑ, η δομή, τα ευρήματα από την εφαρμογή, καθώς και τα σημεία βελτίωσης μετά την ανατροφοδότηση από την εφαρμογή της. Συζητούνται οι δυσκολίες που συνάντησαν οι μαθητές και γίνονται προτάσεις προς τους εκπαιδευτικούς με βάση τα ευρήματα αυτά.

Λέξεις κλειδιά: Εργαστήριο Φυσικής, Μέτρηση, Αβεβαιότητα

TEACHING LEARNING SEQUENCE FOR THE INTRODUCTORY PHYSICS LAB

Alexandros Kateris¹, Serafeim Tsoukos², Panagiotis Lazos³, Pavlos Tzamalīs⁴, Athanasios Velentzas⁵

¹Consultant of Education in Natural Sciences in the prefecture of East Attiki, ²Physics Teacher, 2nd Experimental Junior High School of Athens, ³4th Laboratory Center of Natural Sciences of Athens, Department of Pedagogy and Primary Education at the National & Kapodistrian University of Athens, ⁴Physics Laboratory, Biotechnology Department Agricultural University of Athens, ⁵Physics Department, National Technical University of Athens

ptzamal@aua.gr

ABSTRACT

In the present work, a Teaching Learning Sequence (TLS) about the work of students in the physics lab is presented. The learning objectives of this TLS are to familiarize students with basic concepts related to the teaching of physics in the laboratory (measurement–uncertainty–average value) as well as to practice them on the issues of taking measurements and processing data. More specifically, the rationale for structuring the TLS is presented, as well as the findings from its implementation and the points of improvement after feedback from this implementation. The difficulties encountered by the students are discussed and suggestions are made to teachers based on these findings.

Keywords: Physics Laboratory, Measurement, Uncertainty

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι βασικοί στόχοι της εργασίας στο εργαστήριο είναι να αποκτήσουν οι μαθητές τη σχετική με το πείραμα γνώση περιεχομένου οικοδομώντας ταυτόχρονα το αντίστοιχο εννοιολογικό πλαίσιο, να ασκηθούν στις μεθόδους της επιστήμης, να αναπτύξουν ενδιαφέρον και αν είναι δυνατόν θετική στάση προς την επιστήμη, όπως επίσης και τις σχετικές δεξιότητες και ικανότητες (Hodson, 1996). Στην Ελλάδα, η εφαρμογή του πειραματισμού στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση είναι περιορισμένη και σε καμία περίπτωση δεν εφαρμόζεται με συντεταγμένο τρόπο (Γκικοπούλου, Τσάκωνας, Καλκάνης, & Τόμπρας, 2017). Σύμφωνα με τα Προγράμματα Σπουδών (ΠΣ) που θα εφαρμοστούν τα επόμενα χρόνια προτείνονται αλλαγές που να ενσωματώνουν τον πειραματισμό υποχρεωτικά στην διδασκαλία. Ειδικότερα για το λύκειο, το ΠΣ της φυσικής (ΦΕΚ 5381/Β/19-11-2021) προβλέπει υποχρεωτικό πειραματισμό και αξιολόγηση των μαθητών με εργαστηριακή αναφορά. Στην κατεύθυνση αυτή θεωρήσαμε ωφέλιμο να αναπτύξουμε και να δοκιμάσουμε μια Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ) που είχε ως σκοπό την εξοικείωση των μαθητών με βασικές έννοιες που αφορούν στην πειραματική διαδικασία (μέτρηση–αβεβαιότητα–μέση τιμή) καθώς και την άσκησή τους στη λήψη μετρήσεων και την επεξεργασία δεδομένων. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζουμε την ΔΜΑ που αναπτύξαμε και δοκιμάσαμε. Πιο συγκεκριμένα, παρουσιάζουμε το σκεπτικό με το οποίο σχεδιάστηκε η ΔΜΑ, την δομή της ΔΜΑ, τα ευρήματα από την εφαρμογή και τα σημεία βελτίωσης της ΔΜΑ μετά την ανατροφοδότηση από την εφαρμογή της. Συζητούνται τέλος οι δυσκολίες που συνάντησαν οι μαθητές, ενώ γίνονται προτάσεις προς εκπαιδευτικούς, με βάση τα ευρήματα.

Η ΔΟΜΗΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΔΜΑ

Ένα από τα σημαντικά πεδία έρευνας στη διδακτική των φυσικών επιστημών είναι ο σχεδιασμός η ανάπτυξη, εφαρμογή και αξιολόγηση ΔΜΑ. Έχουν προταθεί διάφορα θεωρητικά πλαίσια για το σχεδιασμό και ανάπτυξη των ΔΜΑ. Οι Méheut & Psillos (2004) διατυπώνουν την άποψη ότι οι εκπαιδευτικοί, κατά τον σχεδιασμό μίας ΔΜΑ, δεν είναι ανάγκη να ακολουθούν αυστηρά κάποιο προτεινόμενο πρότυπο, αλλά να λαμβάνουν υπόψη τους τόσο τις προτιμήσεις τους όσο και το συνολικό πλαίσιο εφαρμογής της. Η διαδικασία που ακολουθήσαμε για το σχεδιασμό και την ανάπτυξη της παρούσας ΔΜΑ περιγράφεται από τα εξής βήματα: Μετά την μελέτη του επιστημονικού περιεχομένου και την μελέτη της βιβλιογραφίας για τη μάθηση και τη διδασκαλία στην συγκεκριμένη επιστημονική περιοχή, καταλήξαμε στο προς διδασκαλία περιεχόμενο (κεντρικές ιδέες και διδακτικοί στόχοι). Κατόπιν, λαμβάνοντας υπόψη το πλαίσιο (σχετική διδαχθείσα ύλη – χρονικοί και χωρικοί περιορισμοί) καταλήξαμε στον σχεδιασμό των διδασκαλιών. Οι διδασκαλίες πραγματοποιήθηκαν και η αξιολόγησή τους οδήγησε σε συμπεράσματα με σκοπό την βελτίωση της αρχικά σχεδιασθείσας ΔΜΑ.

Για το επιστημονικό περιεχόμενο μελετήθηκε ο οδηγός της Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM 100 2008), βιβλία αναφοράς (Taylor, 1997), οι πειραματικοί οδηγοί φυσικής του λυκείου καθώς και πειραματικοί οδηγοί πανεπιστημιακών εργαστηριακών μαθημάτων για προπτυχιακούς φοιτητές. Το επιστημονικό περιεχόμενο που επιλέχθηκε επιγραμματικά ήταν το εξής: Μέτρηση (που αποσκοπεί;) – Σφάλματα (διαχωρισμός σε τυχαία και συστηματικά) – Σημαντικά ψηφία – Αβεβαιότητα (υπολογισμός σε μια μέτρηση και σε σειρά μετρήσεων) – Διάδοση αβεβαιότητας.

Για το διδακτικό μετασχηματισμό μελετήθηκαν εκπαιδευτικές έρευνες που έχουν γίνει σε επίπεδο κυρίως πρωτοετών φοιτητών, αλλά και μαθητών και αφορούσαν έννοιες σχετικές με την εργασία στο εργαστήριο, όπως μέτρηση, αβεβαιότητα, μέση τιμή (Allie & Buffler, 2003· Evangelinos et al., 2002· Lubben & Millar, 1996). Με βάση την μελέτη της βιβλιογραφίας καταλήξαμε σε 4 πυρηνικές ιδέες που αποτελούν τον κορμό για την δόμηση της προτεινόμενης ΔΜΑ:

- Η λήψη μετρήσεων είναι μια από τις θεμελιώδεις επιστημονικές διαδικασίες.
- Το «σφάλμα μέτρησης» δεν είναι «λάθος» είναι «αναπόφευκτο» στοιχείο μιας μέτρησης.
- Είναι δυνατόν να μειώσουμε τα σφάλματα σε μια μέτρηση αλλά όχι να τα μηδενίσουμε.
- Η μέτρηση αποκτά νόημα όταν συνοδεύεται από τη γνώση της αβεβαιότητάς της.

Στη συνέχεια καθορίστηκε το προς διδασκαλία περιεχόμενο και δομήθηκαν τα σχέδια μαθήματος, τα οποία δεν είναι δυνατόν να περιληφθούν στην παρούσα ολιγοσέλιδη περίληψη. Η ΔΜΑ περιλαμβάνει 5 διδακτικές ώρες. Τα απαιτούμενα υλικά φροντίσαμε να είναι όσο το δυνατόν απλούστερα προκειμένου να είναι εφικτή η πραγματοποίηση της ΔΜΑ σε όλο το εύρος των σχολείων. Η προτεινόμενη ΔΜΑ εφαρμόστηκε σε δύο τμήματα προσανατολισμού θετικών σπουδών της Β' Λυκείου ενός Προτύπου Λυκείου των Αθηνών. Συνολικά τριάντα τέσσερις (34) μαθητές/τριες συμμετείχαν στην εφαρμογή. Κάθε ερευνητής επέβλεπε δύο ομάδες 3-4 μαθητών, παρακολουθούσε τις συζητήσεις ανάμεσα στα μέλη τους και κατέγραφε τα σημεία στα οποία εμφανίστηκαν δυσκολίες, εναλλακτικές ιδέες, καθώς και ενδιαφέροντα σχόλια ή απόψεις των μαθητών. Η έρευνα χρησιμοποίησε ως δεδομένα τόσο τα συμπληρωμένα φύλλα εργασίας, τα οποία συμπλήρωναν εξολοκλήρου στην τάξη οι μαθητές/τριες, όσο και τις σημειώσεις των ερευνητών κατά τη διάρκεια της διαδικασίας.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από τα ευρήματα εξάγονται τα παρακάτω αποτελέσματα, τα οποία παρουσιάζονται πολύ συνοπτικά ανά έννοια του περιεχομένου διδασκαλίας με τη σειρά που αυτές αντιστοιχούν στις 5 διδακτικές ώρες.

1. Μέτρηση-σφάλμα μέτρησης: Οι μαθητές εξέφρασαν κυρίως την άποψη ότι οι επιστήμονες πειραματίζονται προκειμένου να επιβεβαιωθούν/τεκμηριωθούν/επαληθευτούν απόψεις/θεωρίες. Δεν φάνηκε να δυσκολεύτηκαν να αντιληφθούν ότι το «σφάλμα μέτρησης» δεν είναι «λάθος», αλλά είναι «αναπόφευκτο» στοιχείο μιας μέτρησης. Κατανόησαν τη διαφορά τυχαίου και συστηματικού σφάλματος, ωστόσο δυσκολεύτηκαν στην «διόρθωση» των συστηματικών σφαλμάτων όταν αυτά απαιτούσαν όχι ενιαία αλλά «αναλογική» διόρθωση.

2. Σημαντικά ψηφία-τρογγυλοποίηση: Οι μαθητές φάνηκε να δυσκολεύονται στις περιπτώσεις κατά τις οποίες (α) το αποτέλεσμα δίνεται ή απαιτείται να γραφεί με τον επιστημονικό συμβολισμό χρησιμοποιώντας τις δυνάμεις του δέκα, (β) απαιτείται η εύρεση και αναγραφή του αποτελέσματος αθροίσματος δεκαδικών με ακραίους (γ) απαιτείται η εύρεση και αναγραφή του αποτελέσματος διαφοράς όταν τα δεκαδικά ψηφία είναι μηδενικά (για παράδειγμα 345,009g – 23,009g).

3. Αβεβαιότητα αποτελέσματος μέτρησης: Φάνηκε να γίνεται κατανοητό ότι η εκτίμηση και αναφορά της αβεβαιότητας στο αποτέλεσμα μιας μέτρησης είναι απαραίτητη ως επιστημονική γνώση και ως σημαντικό στοιχείο στις τεχνολογικές εφαρμογές. Οι μαθητές δεν δυσκολεύτηκαν στο διαχωρισμό των οργάνων σε αναλογικά και ψηφιακά. Στην εκτίμηση της αβεβαιότητας σε ψηφιακά όργανα δεν παρουσιάστηκε κάποια δυσκολία ωστόσο, σημαντική δυσκολία εμφανίστηκε στην αναγραφή της αβεβαιότητας κατά τη μέτρηση με αναλογικό όργανο και η δυσκολία αυτή φάνηκε να εδράζεται στην δυσκολία αρκετών μαθητών να βρουν την ελάχιστη υποδιαίρεση μιας κλίμακας.

4. Μέση τιμή – αβεβαιότητα μέσης τιμής: Οι μαθητές φάνηκε να γνωρίζουν, χωρίς αιτιολόγηση, από προηγούμενες τάξεις ότι στην περίπτωση των τυχαίων σφαλμάτων εργαστηριακών μετρήσεων η μέση τιμή αποτελεί την καλύτερη εκτίμηση για την πραγματική τιμή. Η αβεβαιότητα της μέσης τιμής (ως μέση απόκλιση) φάνηκε από τη συζήτηση να έχει νόημα για τους μαθητές. Επίσης, φάνηκε ότι είναι σε θέση να εκτελέσουν την διαδικασία υπολογισμού της. Ο υπολογισμός της μέσης τιμής και της αβεβαιότητας κατά τη λήψη επαναλαμβανόμενων μετρήσεων παρουσίασε κάποιες δυσκολίες. Οι δυσκολίες, δεν οφειλόταν στην εφαρμογή των σχέσεων που δίνουν την μέση τιμή και την αβεβαιότητά της αλλά σε πράξεις, σε

στρογγυλοποίηση στο σωστό αριθμό σημαντικών ψηφίων ή/και στη γραφή των δεκαδικών αριθμών. Επίσης, ένα σημείο στο οποίο δεν απάντησαν σωστά το 1/3 των μαθητών είναι ότι στην αναγραφή του τελικού αποτελέσματος οι απαντήσεις δεν είχαν την σωστή αντιστοιχία μεταξύ των ψηφίων της μέσης τιμής με αυτά της αβεβαιότητας.

5. Διάδοση της αβεβαιότητας: Φάνηκε ότι οι μαθητές μέσω συγκεκριμένων παραδειγμάτων αντιλήφθηκαν ότι η αβεβαιότητα ενός παράγωγου μεγέθους είναι διαφορετική από την αβεβαιότητα των επιμέρους μεγεθών από τα οποία το παράγωγο μέγεθος προκύπτει. Οι μαθητές με την βοήθεια του εκπαιδευτικού κατάφεραν να εκτιμήσουν το εύρος της αβεβαιότητας σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, όπως εύρεση αβεβαιότητας σε ισοδύναμη αντίσταση από την αβεβαιότητα των επιμέρους αντιστάσεων, ωστόσο δυσκολεύτηκαν πολύ να διατυπώσουν από μόνοι τους ένα γενικό κανόνα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ΔΜΑ που παρουσιάζεται στην παρούσα εργασία προτείνεται ως εισαγωγική σειρά μαθημάτων φυσικής προκειμένου οι μαθητές να εξοικειωθούν με έννοιες και διαδικασίες σχετικές με την εργασία στο εργαστήριο φυσικής, όπως αυτές της μέτρησης, του σφάλματος, της αβεβαιότητας μέτρησης και σειράς μετρήσεων. Η εφαρμογή είχε θετικά αποτελέσματα, ιδιαίτερα αν λάβουμε υπόψη ότι οι μαθητές έρχονταν σε επαφή πρώτη φορά με αυτές τις έννοιες. Πιστεύουμε ότι αν στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση οι μαθητές ασκούνται συστηματικότερα στο εργαστήριο μπορούν να ξεπεράσουν τα εμπόδια που εμφανίστηκαν κατά την εφαρμογή της ΔΜΑ. Τα περισσότερα σημεία δυσκολίας προέκυψαν από την έλλειψη του απαιτούμενου μαθηματικού υποβάθρου και συγκεκριμένα υπήρξαν εμπόδια που οφείλονταν στην ανάγνωση κλίμακας, στους δεκαδικούς αριθμούς και τις δυνάμεις του δέκα. Οι εκπαιδευτικοί που θα εφαρμόσουν τη ΔΜΑ θα πρέπει να δώσουν μεγαλύτερη έμφαση σε αυτά τα σημεία ή εν ανάγκη να διαθέσουν πριν από την εφαρμογή της ΔΜΑ μια διδακτική ώρα για τις προαπαιτούμενες μαθηματικές γνώσεις.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Γκικοπούλου, Ο., Τσάκωνας, Π., Καλκάνης, Γ., Τόμπρας, Γ. (2017). Ο λυκειακός πειραματισμός (;) στη φυσική. Στο Σταύρου Δ., Μιχαηλίδη Α., & Κοκολάκη Α. (Επ.) *Πρακτικά 10^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση – Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης* (σελ. 705–710). Ρέθυμνο: Κρήτη.
- Allie, S., & Buffler, A. (2003). Teaching Measurement in the Introductory Physics Laboratory. *The Physics Teacher*, 41, 394. Doi: 10.1119/1.1616479.
- Evangelinos, D., Psillos, D., Valassiades, O. (2002). An Investigation of Teaching and Learning about Measurement Data and their Treatment in the Introductory Physics Laboratory. In: Psillos, D., Niedderer, H. (eds) *Teaching and Learning in the Science Laboratory*. Science & Technology Education Library, vol 16. Springer, Dordrecht. Doi: 10.1007/0-306-48196-0_19.
- Joint Committee for Guides in Metrology/Working Group 1 (2008). Evaluation of measurement data – Guide to the expression of uncertainty in measurement. Ανακτήθηκε από την ηλεκτρονική διεύθυνση https://www.bipm.org/documents/20126/2071204/JCGM_100_2008_E.pdf
- Lubben, F., & Millar, R. (1996). Children's ideas about the reliability of experimental data, *International Journal of Science Education*, 18:8, 955-968. Doi: 10.1080/0950069960180807.
- Méheut, M., & Psillos, D. (2004). Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research, *International Journal of Science Education*, 26:5, 515-535. Doi: 10.1080/09500690310001614762.
- Taylor, R. J. (1997). *An Introduction to Error Analysis: The Study of Uncertainties in Physical Measurements*, 2nd Edition. Sausalito, California: University Science Books.