

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

13^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Νέες Τάσεις και Έρευνα στη Μάθηση, τη Διδασκαλία
και τις Τεχνολογίες στις Φυσικές Επιστήμες

10 - 12 Νοεμβρίου 2023



Πρακτικά Εκτεταμένων Συνόψεων Εργασιών

Επιμέλεια έκδοσης:

Κωνσταντίνος Θ. Κώτσος, Γεώργιος Σπύλος, Ελευθερία Τσιούρη, Έλλη Γκαλιτέμη, Κωνσταντίνος Γεωργόπουλος, Λεωνίδας Γαβρίλας, Δημήτρης Πανάγου, Κωνσταντίνος Τσουμάνης, Γεωργία Βακάρου



Ιωάννινα
10 έως 12 Νοεμβρίου 2023



Αξιολόγηση της εισαγωγικής φάσης μιας διδακτικής μαθησιακής ακολουθίας σε θέματα σωματιδιακής φυσικής

Στυλιανή Κλαυδιανού, Αναστάσιος Μολοχίδης

doi: [10.12681/codiste.5366](https://doi.org/10.12681/codiste.5366)

ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΗΣ ΦΑΣΗΣ ΜΙΑΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΗΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΑΣ ΣΕ ΘΕΜΑΤΑ ΣΩΜΑΤΙΔΙΑΚΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ

Στυλιανή Κλαυδιανού¹, Αναστάσιος Μολοχίδης²

¹Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης, Υποψήφια Διδάκτωρ,

²Αναπλ. Καθ., Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας

Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

sklafdia@physics.auth.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η σωματιδιακή φυσική αποτελεί γνωστικό περιεχόμενο που ενδιαφέρει τους μαθητές, μιας και είναι πειραματικά ενεργή και επίκαιρη στην επιστημονική κοινότητα. Το ελληνικό πρόγραμμα σπουδών εμπεριέχει αποσπασματικά έννοιες σωματιδιακής φυσικής χωρίς να υπάρχει ωστόσο ειδικό κεφάλαιο. Η παρούσα εργασία παρουσιάζει το εισαγωγικό στάδιο του σχεδιασμού μιας διδακτικής μαθησιακής ακολουθίας (ΔΜΑ) σε θέματα σωματιδιακής φυσικής: διερευνήθηκαν εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών, όπως αυτές αναφέρονται στη βιβλιογραφία, αναπτύχθηκαν δραστηριότητες που διαχειρίζονται το εννοιολογικό περιεχόμενο και εισάγουν τον πειραματισμό με στόχο να βοηθηθούν οι μαθητές να διαχειριστούν τις δυσκολίες αυτές.

Λέξεις κλειδιά: φυσική στοιχειωδών σωματιδίων, εναλλακτικές αντιλήψεις μαθητών, διδακτική μαθησιακή ακολουθία (ΔΜΑ)

EVALUATION OF THE INITIAL PHASE OF A TEACHING LEARNING SEQUENCE IN PARTICLE PHYSICS

Styliani Klavdianou¹, Anastasios Molohidis²,

¹ Science Teacher, PhD candidate,

²Associate Professor, Laboratory of Didactics of Physics and Educational Technology

School of Physics, Aristotle University of Thessaloniki

sklafdia@physics.auth.gr

ABSTRACT

Particle physics is a subject content that interests students since it is experimentally active and of great relevance to the scientific community. The Greek curriculum contains fragmentary concepts of particle physics without a specific chapter. This paper presents the initial phase of developing a Teaching Learning Sequence (TLS) that explores students' alternative conceptions, as relevant research shows, and appropriate activities were designed dealing with subject matter and introducing experimentation trying to help students manage these difficulties.

Keywords: elementary particle physics, alternative conceptions, Teaching Learning Sequence (TLS)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εισαγωγή της σύγχρονης φυσικής στο ελληνικό αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης γίνεται αποσπασματικά. Ενδεικτικές αναφορές γίνονται στα μαθήματα Φυσικής της Β' Λυκείου γενικής παιδείας, όπως η σωματιδιακή φύση του φωτός, καθώς και από το σχολικό έτος 2022-23, στην Γ' λυκείου, το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο και το φαινόμενο Compton. Η εισαγωγή της σύγχρονης φυσικής στην εκπαίδευση, και ο συνεπακόλουθος διδακτικός μετασχηματισμός που απαιτείται, αποτελεί ένα καίριο ερευνητικό ερώτημα στην διδακτική της φυσικής (Michelini et al, 2015· Polen, 2019). Μελέτες προτείνουν την παρουσίαση εννοιών της σύγχρονης φυσικής για την βελτίωση της μάθησης και αύξηση του ενδιαφέροντος για την επιστήμη (Polen, 2019).

Η διδακτέα ύλη που σχετίζεται με τη σωματιδιακή φυσική (ΣΦ) σταματά συνήθως στη δομή της ύλης, δηλαδή στη φυσική έως το τέλος του 19ου αιώνα ή στις αρχές του 20ου αιώνα, αγνοώντας την τρέχουσα εικόνα που παρέχει το Καθιερωμένο Μοντέλο της Φυσικής Σωματιδίων. Μια διεθνής επισκόπηση των αναλυτικών προγραμμάτων σπουδών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης 27 κρατών (Kranjc Horvat et al., 2022) σχετικά με τη διδασκαλία της σωματιδιακής φυσικής παρουσιάζει δύο τύπους προγραμμάτων. Υπάρχουν χώρες που εμπεριέχουν τη ΣΦ σε ειδικό κεφάλαιο και χώρες όπως η Ελλάδα που εμπεριέχουν αποσπασματικά έννοιες ΣΦ χωρίς ειδικό κεφάλαιο. Στις χώρες που παρουσιάζονται ρητά έννοιες ΣΦ φαίνεται να υπάρχουν ελάχιστες ή ανύπαρκτες αναφορές σχετικά με τις πειραματικές διαδικασίες της φυσικής των σωματιδίων, έστω και αν οι μαθητές έρχονται συχνά σε επαφή στα μέσα ενημέρωσης με τους όρους της, λόγω της διάχυσης των ερευνών που γίνονται στο CERN.

Η ερευνητική κοινότητα ενθαρρύνει στην εισαγωγή της ΣΦ στην σχολική τάξη και αυτό που ερευνάται είναι η αποτελεσματικότερη μέθοδος εισαγωγής της. Προβληματισμό παρουσιάζει ο Gourlay (2017), που εφάρμοσε μια δραστηριότητα που στηριζόταν στην χρήση εννοιολογικών χαρτών με 24 λέξεις κλειδιά, σε σχολεία του Λονδίνου. Το αποτέλεσμα δεν ήταν ικανοποιητικό και το αποτέλεσμα συμφωνούσε με την άποψη του Barlow (1992) ο οποίος αμφισβήτησε την ιδέα διδασκαλίας της ΣΦ στο σχολικό επίπεδο, μιας και η ΣΦ εμπεριέχει πληθώρα πληροφοριών που οι μαθητές καλούνται να μάθουν. Παρά τους όποιους, περιορισμένους, προβληματισμούς, η σύγχρονη τάση είναι η μελέτη της εισαγωγής της σύγχρονης φυσικής στην εκπαίδευση. Σε έρευνά του ο Polen (2019) σε σχολεία της Virginia, USA, ασχολήθηκε με θεματολογία που αφορούσε την χρησιμότητα επιταχυντών-ανιχνευτών, τα θεμελιώδη δομικά σωματίδια και την ταξινόμηση τους. Οι Michelini et al.(2015) διερευνήσαν τη διαδικασία μάθησης και την αποτελεσματικότητα των ΤΠΕ στην εισαγωγή της σύγχρονης φυσικής. Το συμπέρασμα της εργασίας έδειξε ότι τα πειράματα βοήθησαν τους μαθητές να δείξουν θετική μαθησιακή πρόοδο. Αυτό που είναι γενικά αποδεκτό είναι ότι η ΣΦ αποτελεί την παρούσα στιγμή μια ενότητα που ενδιαφέρει τους μαθητές μιας και είναι επίκαιρη στην επιστημονική κοινότητα (Tuzón & Solbes, 2016).

Κατά την αναζήτηση ερευνών που αφορούσαν τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών σε θέματα ΣΦ, εντοπίστηκαν μελέτες που παρουσιάζουν τη δυσκολία των μαθητών στην κατανόηση των ακραίων κλιμάκων, ιδιαίτερα των μικρών (Tretter et al., 2006a· Tretter et al., 2006b). Στο πεδίο αυτό υπάρχουν έρευνες που δείχνουν ότι οι μαθητές γυμνασίου γνωρίζουν ότι, η ύλη αποτελείται από άτομα και μόρια, αλλά οι ιδέες τους είναι κατακερματισμένες. Οι μαθητές πιστεύουν ότι μπορούν να δουν άτομα ή μόρια κάτω από ένα οπτικό μικροσκόπιο με τον ίδιο τρόπο που μπορούν να δουν τα μικρόβια (Nakhleh et al., 2005). Στις κλίμακες, συγκρίσιμες με το μέγεθος του ανθρώπινου σώματος, οι αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές είναι πολύ ακριβείς. Αντιθέτως η ακρίβεια στις μικρές κλίμακες μειώνεται αισθητά (Tretter et al., 2006b). Επίσης, μαθητές με υψηλό γνωστικό επίπεδο είχαν καλύτερα αποτελέσματα στην ικανότητα ταξινόμησης σωματιδίων του μικρόκοσμου (Delgado et al., 2007· Tretter et al., 2006a). Τέλος, δεδομένου ότι η νανομετρική κλίμακα δεν είναι άμεσα προσβάσιμη σε άμεσο αισθητηριακό πείραμα, οδηγούμαστε στην αναγκαιότητα εισαγωγής μοντέλων (Delgado et al., 2007· Stevens et al., 2009).

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζεται η εισαγωγική φάση του σχεδιασμού μιας διδακτικής μαθησιακής ακολουθίας (DMA) σχετικά με την εισαγωγή της σωματιδιακής φυσικής σε μαθητές λυκείου. Σύμφωνα με το μοντέλο DOIES (Model for a Domain Oriented Iterative Evolution of a TLS) (Psillos et al., 2016), στην αρχική περιορισμένη θεώρηση της ανάπτυξης μιας DMA, σχεδιάζονται δραστηριότητες που διερευνούν τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών σε θέματα που αφορούν την κλίμακα στον μικρόκοσμο και εισάγουν τον πειραματισμό, με την χρήση προσομοίωσης. Τα ερευνητικά ερωτήματα που ανιχνεύτηκαν ήταν κατά πόσον βελτιώθηκαν οι αρχικές γνώσεις των μαθητών μετά την εμπλοκή τους με το προς τούτοις σχεδιασμένο υλικό.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Βασικοί άξονες της μεθοδολογίας είναι ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη, η υλοποίηση και η αξιολόγηση, μέσω επαναληπτικών εφαρμογών μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας (DMA) (Psillos & Kariotoglou, 2016). Η ανάπτυξη του εννοιολογικού πυλώνα της DMA, βασίζεται στο μοντέλο της Διδακτικής Επανοικοδόμησης, ή Εκπαιδευτικής Αναδόμησης (MER, Model of Educational Reconstruction)(Duit, 2007).

Οι διδακτικές παρεμβάσεις που σχεδιάστηκαν και υλοποιήθηκαν ήταν βασισμένες στις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών και στις εναλλακτικές αντιλήψεις τους, όπως αυτές αναφέρονται στην βιβλιογραφία. Οι εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών αρχικά καταγράφονται δηλωτικά με την χρήση ερωτήσεων, ανάλογων με τις ερωτήσεις που χρησιμοποιήθηκαν στις συνεντεύξεις των Delgado et al. (2007). Το ερωτηματολόγιο περιείχε συγκρίσεις μεγεθών σωματιδίων ή οργανιδίων που έχουν γνωρίσει οι μαθητές στην σχολική τάξη ξεκινώντας από τα κουάρκ. Επίσης, το ερωτηματολόγιο διερεύνησε και τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με την δυνατότητα των οπτικών μικροσκοπίων του σχολικού εργαστηρίου. Στην συνέχεια εφαρμόστηκαν στοχευμένες δραστηριότητες που συμπεριλαμβάναν διδακτικές προτάσεις για την αντιμετώπιση αυτών των δυσκολιών, στο πλαίσιο της εννοιολογικής αλλαγής. Τα φύλλα εργασίας που δημιουργήθηκαν ήταν βασισμένα σε προσομοίωση πολλαπλών αναπαραστάσεων. Η προσομοίωση εμπεριείχε την εικονική αναπαράσταση ενός μεγάλου αριθμού σωματιδίων του μικρόκοσμου και παράλληλα έδινε την δυνατότητα πληροφοριών σχετικά με αυτά και τις διαστάσεις τους. Επίσης, η προσομοίωση παρουσίαζε τις δυνατότητες της ανθρώπινης όρασης και των οπτικών και ηλεκτρονικών μικροσκοπίων, που μέσα από τις δραστηριότητες που δόθηκαν, οι μαθητές μπορούσαν να συμπεράνουν την εμβέλεια των οργάνων καθώς και ποια σωματίδια μπορούν να παρατηρηθούν με αυτά. Μετά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας και χρονικό διάστημα δύο εβδομάδων δόθηκαν φύλλα αξιολόγησης.

Μετά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας στη πρώτη σχολική μονάδα έγινε επανασχεδιασμός της πρώτης φάσης της DMA με βελτιώσεις και αναπροσαρμογές, όχι τόσο στη δομή των δραστηριοτήτων, αλλά κυρίως στην επαναδιατύπωση των ερωτήσεων και στην αλλαγή των σωματιδίων σύγκρισης, ώστε να είναι έντονα διακριτές οι διαφοροποιήσεις των μεγεθών τους. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων της έρευνας στηρίχθηκε στο αρχικό ερωτηματολόγιο, που διερευνούσε τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών, και στο τελικό φύλλο αξιολόγησης, που ήταν ανάλογης δομής με το αρχικό. Καταγράφηκαν οι λάθος συγκρίσεις και οι ελλειπίες επιλογές των μαθητών και στα δύο φύλλα και εξήχθησαν τα αποτελέσματα.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα φύλλα εργασίας, διάρκειας τριών διδακτικών ωρών, εφαρμόστηκαν σε δύο σχολεία, σε μαθητές της Β' Λυκείου γενικής και τα αποτελέσματα θα παρουσιαστούν αναλυτικά στο Συνέδριο της ΕΝΕΦΕΤ. Ενδεικτικά αναφέρονται τα αποτελέσματα, που αφορούν τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών, από τη σύγκριση μεταξύ των σωματιδίων α και των πυρήνων των κυττάρων. Από τα 34 απαντητικά φύλλα εργασίας, 12 μαθητές απάντησαν λάθος, με τους μισούς από αυτούς να θεωρούν ότι τα μεγέθη τους είναι ίσα. Στη σύγκριση αυτή είχε δοθεί ότι τα σωματίδια α είναι πυρήνες He και είχε ζητηθεί επιπρόσθετα να

τεκμηριώσουν την επιλογή τους. Μόνο 6 από τους 34 μαθητές είχαν κατανοήσει την διαφορά του πυρήνα του κυττάρου από τον πυρήνα του ατόμου. Μετά την ολοκλήρωση της δραστηριότητας και την συμπλήρωση του φύλλου αξιολόγησης δεν παρατηρήθηκε λάθος στην εν λόγω σύγκριση. Ανάλογες δυσκολίες έχουν καταγραφεί και από τους Griffiths & Preston (1992).

Το γεγονός ότι δεν μπορούν να πραγματοποιηθούν πραγματικές πειραματικές (hands-on) ασκήσεις σχετικά με τη σωματιδιακή φυσική στα σχολικά εργαστήρια οδηγεί τους μαθητές σε ανεπαρκείς προαπαιτούμενες γνώσεις και επιβαρύνει την έρευνά της εισαγωγής της σωματιδιακής φυσικής στην σχολική τάξη με επιπλέον δυσκολίες. Η δραστηριότητα στόχευε να διερευνήσει τις αντιλήψεις των μαθητών σχετικά με τα όρια της όρασης και την δυνατότητα των οργάνων του μικρόκοσμου. Επιπλέον στόχος ήταν να διερευνηθεί η αποτελεσματικότητα της χρήσης της προσομοίωσης πολλαπλών αναπαραστάσεων. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των ερωτηματολογίων πριν και μετά την παρέμβαση έδειξε ότι οι μαθητές αύξησαν σημαντικά την γνώση τους για το μέγεθος των σωματιδίων.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Barlow, R. (1992). Particle physics: from school to university. *Phys. Educ.* 27(2), 92–5.
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-9120/27/2/007>
- Delgado, C., Stevens, S., Shin, N., Yunker, M., & Krajcik, J. (2007). The development of students' conceptions of size. *Paper presented at the Annual Conference of the National Association for Research in Science Teaching (NARST)*, New Orleans, LA.
- Duit, R. (2007). Science education research internationally: Conceptions, research methods, domains of research. *EURASIA J Math Sci Tech Ed* 3(1), pp 3-15. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75369>
- Gourlay, H., (2017). Using concept mapping to learn about A level physics students' understandings of particle physics. *Proceedings, 6th International Conference on New Frontiers in Physics (ICNFP 2017), EPJ Web of Conferences* 182. <https://doi.org/10.1051/epjconf/201818202050>
- Griffiths, A. K., & Preston, K. R. (1992). Grade-12 students' misconceptions relating to fundamental characteristics of atoms and molecules. *J. of Res. in Science Teaching*, 29(6), 611-628. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290609>
- Kranjc Horvat, A., Wiener, J., Schmeling, S.M., Borowski, A. (2022) What Does the Curriculum Say? Review of the Particle Physics Content in 27 High-School Physics Curricula. *Physics* 2022, 4, 1278-1298.
<https://doi.org/10.3390/physics4040082>
- Michelini, M., Santi, L., & Stefanel, A. (2015) Teaching modern physics in secondary schools. *Proceedings, 14th International Symposium Frontiers of Fundamental Physics (FFP14)*. <https://doi.org/10.22323/1.224.0231>
- Nakhleh, M. B., Samarapungavan, A., & Saglam, Y. (2005). Middle school students' beliefs about matter. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(5), 581–612. <https://doi.org/10.1002/tea.20065>
- Psillos, D., & Kariotoglou, P. (2016). Theoretical Issues related to Designing and Developing Teaching – Learning Sequences. In D. Psillos, P. Kariotoglou (Eds), *Iterative Design of Teaching - Learning Sequences*, pp 11-34. Springer. ISBN 978-94-007-7807-8. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7808-5_2.
- Psillos, D., Molohidis A., Kallery M., & Hatzikraniotis E. (2016). The Iterative Evolution of a Teaching Learning Sequence on the Thermal Conductivity of Materials. In D. Psillos, P. Kariotoglou (Eds), *Iterative Design of Teaching - Learning Sequences*, pp 287-329. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7808-5_11.
- Polen, C. (2019). Particle Physics: An Essential and Engaging Part of the High School Physics Program. *The Physics Teacher*, 57(5), pp 320. <https://doi.org/10.1119/1.5098922>
- Stevens S.Y., Sutherland L., & Krajcik J.S. (2009). *The Big Ideas of Nanoscale Science and Engineering: A Guidebook for Secondary Teachers*. NSTA Press: Arlington, VA.
- Tretter T., Jones G., Minogue J. (2006a) Accuracy of scale conceptions in science: Mental maneuverings across many orders of spatial magnitude. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(10), 1061-1085.
<https://doi.org/10.1002/tea.20155>
- Tretter, T.R., Jones, M.G., Andre, T., Negishi, A., & Minogue, J. (2006b). Conceptual boundaries and distances: Students' and experts' concepts of the scale of scientific phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 43, 282–319. <https://doi.org/10.1002/tea.20123>
- Tuzón P. & Solbes J. (2016). Particle Physics in High School: A Diagnose Study. *PLoS ONE* 11(6): e0156526
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156526>