

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

Τόμ. 14, Αρ. 1 (2025)

14ο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Συνοψεις

14^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
και ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ στην ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες
στην Εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές



12-14 Απριλίου 2025

**ΤΟΜΟΣ
ΣΥΝΟΨΕΩΝ**

ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ, ΑΠΘ
ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΑΠΘ

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,
Τμήμα Φυσικής, Σχολή Θετικών Επιστημών,
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

synedrio2025.enepht.gr

Μια Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία για την εισαγωγή της Σωματιδιακής Φυσικής στο Λύκειο

Στυλιανή Κλαυδιανού, Αναστάσιος Μολοχίδης

doi: [10.12681/codiste.7633](https://doi.org/10.12681/codiste.7633)

Μια Διδακτική Μαθησιακή Ακολουθία για την Εισαγωγή της Σωματιδιακής Φυσικής στο Λύκειο

Στυλιανή Κλαυδιανού¹, Αναστάσιος Μολοχίδης²

¹Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, Υποψήφια Διδάκτωρ,

²Αναπληρωτής Καθηγητής,

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής και Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,

Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

¹sklafdia@physics.auth.gr

Περίληψη

Η εισαγωγή θεμάτων της σύγχρονης φυσικής στο λύκειο είναι ένα από τα ζητούμενα στη Διδακτική της Φυσικής μιας και υπάρχουν έρευνες που δείχνουν ότι η ενσωμάτωσή της στα προγράμματα σπουδών αυξάνει το ενδιαφέρον των μαθητών. Η Σωματιδιακή Φυσική αποτελεί βασικό κομμάτι της σύγχρονης φυσικής και η εισαγωγή της στο λύκειο μέσω μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας έχει ως στόχο να γεφυρώσει την κλασική και την σύγχρονη φυσική.

Λέξεις κλειδιά: Διδακτική μαθησιακή ακολουθία (ΔΜΑ), σύγχρονη φυσική, φυσική στοιχειωδών σωματιδίων.

A Teaching Learning Sequence for the Introduction of Particle Physics at High School

Styliani Klavdianou¹, Anastasios Molohidis²

¹Science Teacher, PhD candidate, ²Associate Professor,

Laboratory of Didactics of Physics and Educational Technology,

School of Physics, Aristotle University of Thessaloniki

¹sklafdia@physics.auth.gr

Abstract

The introduction of issues of modern physics in high school is an objective in Didactics of Physics since there are studies showing that the integration of modern physics' issues into curricula increases students' interest. Particle Physics is a key part of modern physics and its introduction in high school through a Teaching Learning Sequence aims to bridge classical and modern physics.

Keywords: Teaching Learning Sequence (TLS), modern physics, elementary particle physics.

Εισαγωγή

Η εισαγωγή της σύγχρονης φυσικής στην εκπαίδευση, και ο συνεπακόλουθος διδακτικός μετασχηματισμός που απαιτείται, αποτελεί ένα καίριο ερευνητικό ερώτημα στην διδακτική της φυσικής (Michellini et al, 2015´ Polen, 2019). Μελέτες προτείνουν την ενσωμάτωση εννοιών της σύγχρονης φυσικής στη διδασκαλία της Φυσικής, για τη βελτίωση της μάθησης και αύξηση του ενδιαφέροντος για την επιστήμη (Bertozzi et al., 2013´ Polen, 2019). Στη βιβλιογραφία, μάλιστα, αναφέρονται κοινές δυσκολίες, όπως πχ. στην εισαγωγή θεμάτων της σωματιδιακής φυσικής και της κβαντικής φυσικής, η κατανόηση φαινομένων που

υπερβαίνουν τις αισθήσεις, η μετάβαση από τη ντετερμινιστική αντίληψη της κλασικής φυσικής στην πιθανολογική φύση της κβαντικής/σωματιδιακής φυσικής καθώς και η εξειδικευμένη ορολογία (Bouchée et al., 2023).

Η σωματιδιακή φυσική (ΣΦ) αποτελεί βασικό κεφάλαιο της σύγχρονης φυσικής. Ωστόσο, στα περισσότερα προγράμματα σπουδών της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης η διδασκαλία της ΣΦ περιορίζεται σε θεωρίες του 19ου και αρχών 20ού αιώνα και πιο συγκεκριμένα στην δομή της ύλης, χωρίς αναφορά στο Καθιερωμένο Μοντέλο της Φυσικής Σωματιδίων (Kranjc Horvat et al., 2022). Έρευνες προτείνουν διάφορες προσεγγίσεις για την εισαγωγή της ΣΦ στη σχολική εκπαίδευση. Ο Polen (2019) χρησιμοποίησε δραστηριότητες με βίντεο για επιταχυντές και το CERN. Ο Dahlkemper με τους συνεργάτες του (2022) εισήγαγαν τα διαγράμματα Feynman και ο Gourlay (2017) πρότεινε τη χρήση «εννοιολογικών χαρτών» που δημιουργήθηκαν από ειδικούς. Όλες οι παραπάνω εργασίες συγκλίνουν ότι δραστηριότητες που εμπεριέχουν θέματα ΣΦ αποτελούν πρόκληση και ευκαιρία για να αυξηθεί το ενδιαφέρον των μαθητών για την φυσική. Επίσης, οι Tuzón και Solbes (2016) εντόπισαν σημαντικές γνωστικές ελλείψεις σε μαθητές Λυκείου σχετικά με τη δομή της ύλης και τις δυνάμεις μεταξύ των σωματιδίων.

Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της εφαρμογής της διδακτικής μαθησιακής ακολουθίας (ΔΜΑ) σχετικά με την εισαγωγή της σωματιδιακής φυσικής σε μαθητές λυκείου. Τα ερευνητικά ερωτήματα είναι τα ακόλουθα: 1. Ποιες ήταν οι κατάλληλες τροποποιήσεις που έπρεπε να γίνουν για τη βελτίωση της ΔΜΑ ώστε να γίνει πιο αποτελεσματική με βάση τα εμπειρικά δεδομένα που συλλέχτηκαν και 2. Ποια ήταν η επίδραση αυτών των αλλαγών στις αρχικές γνώσεις των μαθητών, μετά την ολοκλήρωση της εμπλοκής τους με το προς τούτοις σχεδιασμένο υλικό.

Μεθοδολογία

Βασικοί άξονες της μεθοδολογίας είναι ο σχεδιασμός, η ανάπτυξη, η υλοποίηση και η αξιολόγηση, μέσω επαναληπτικών εφαρμογών μιας Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας (ΔΜΑ) (Psillos & Kariotoglou, 2016). Οι ΔΜΑ αποτελούν διδακτικές παρεμβάσεις μεσαίας κλίμακας (δηλ. 6 -12 ωρών) και δομούνται πάνω σε δύο διαστάσεις, την ερευνητική και την διδακτική, με στόχο την παραγωγή ενός παραδοτέου (Meheut & Psillos, 2004). Συνεπώς για να δημιουργηθεί, να εφαρμοστεί και να αξιολογηθεί η ΔΜΑ θα πρέπει στο τελικό παραδοτέο να έχει ενσωματωθεί τόσο το εννοιολογικό πεδίο όσο το επιστημολογικό και πειραματικό, πριν εισέλθει στη διαδικασία της επαναληψιμότητας (iteration).

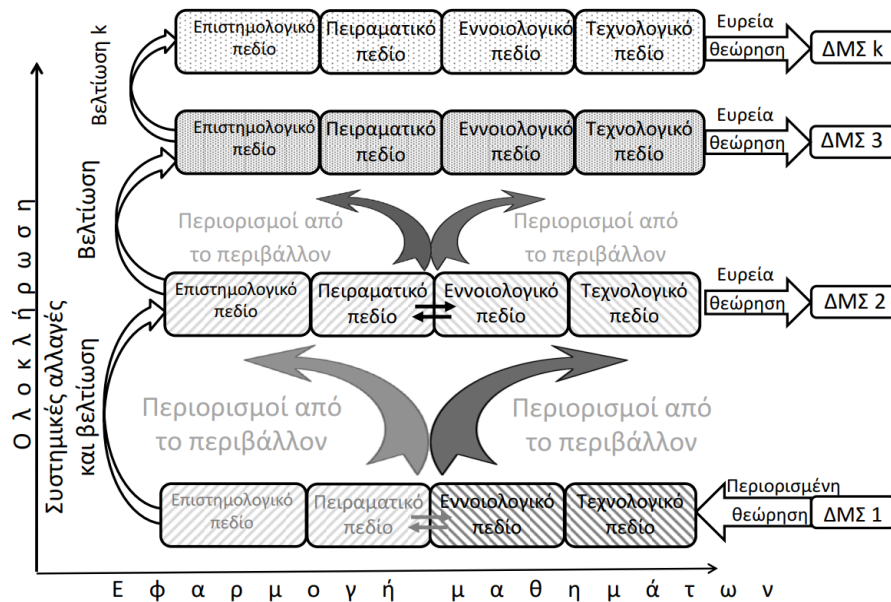
Ακολουθώντας το μοντέλο DOIES (Model for a Domain Oriented Iterative Evolution of a TLS)(Psillos et al., 2016), ένα μοντέλο για μια συνεχώς εξελισσόμενη ΔΜΑ (Εικόνα 1), έχουν ήδη ολοκληρωθεί οι συστημικές αλλαγές και βελτιώσεις της αρχικής διδακτικής παρέμβασης και έχουν αντιμετωπιστεί οι περιορισμοί από το περιβάλλον. Η παρούσα εργασία βρίσκεται στο επίπεδο της ΔΜΣ 2 και τα αποτελέσματα της θα παρουσιαστούν στο συνέδριο.

Η ανάπτυξη του εννοιολογικού πυλώνα της Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας (ΔΜΑ) βασίζεται στο μοντέλο της Διδακτικής Επανοικοδόμησης ή Εκπαιδευτικής Αναδόμησης (MER - Model of Educational Reconstruction) (Duit, 2007). Το μοντέλο MER επικεντρώνεται στην ανάλυση του περιεχομένου, στις εμπειρικές έρευνες και στην ανάπτυξη και αξιολόγηση της διδασκαλίας, δίνοντας έμφαση στον μαθητή, στον δάσκαλο και στη δυναμική αλληλεπίδρασή τους στην τάξη. Οι διδακτικές παρεμβάσεις της ΔΜΑ σχεδιάστηκαν λαμβάνοντας υπόψη τις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών, όπως αυτές ορίζονται στο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών, τις εναλλακτικές αντιλήψεις των μαθητών σε θέματα μικρής κλίμακας, καθώς και ποιες γνωστικές διεργασίες είναι κατάλληλες για την ηλικία τους. Στόχος ήταν η επανοικοδόμηση των επιστημονικών εννοιών της σωματιδιακής φυσικής και η παρουσίασή τους με τρόπο παιδαγωγικά προσιτό και εύκολα κατανοητό.

Οι διδακτικές παρεμβάσεις εφαρμόστηκαν στο πλαίσιο του ομίλου φυσικής Λυκείου και οι μαθητές που συμμετείχαν προέρχονταν από την Α' και Β' τάξη. Τα φύλλα εργασίας είναι βασισμένα στις προϋπάρχουσες γνώσεις των μαθητών και η θεματολογία τους είναι τέτοια

ώστε να μπορεί να κατανοηθεί από τους μαθητές και να μπορεί να υποστηριχθεί από τους εκπαιδευτικούς. Επίσης, οι δραστηριότητες εμπειρίαν πολλαπλές αναπαραστάσεις. Η ΔΜΑ αποτελείται από επτά (7) ολοκληρωμένες διδακτικές παρεμβάσεις. Στο συνέδριο θα παρουσιαστούν αναλυτικά το περιεχόμενο, οι δραστηριότητες και οι διδακτικές μέθοδοι που ακολουθήθηκαν σε κάθε διδακτική παρέμβαση, ενώ παρακάτω παρατίθενται οι τίτλοι τους:

Εικόνα 1. Μοντέλο για μια συνεχώς εξελισσόμενη Διδακτική και Μαθησιακή Ακολουθία (ΔΜΑ)



Πηγή: A Model for a Domain Oriented Iterative Evolution of a TLS, DOIES (Pssilos et al., 2016)

(i) Διδακτική παρέμβαση για το size scale, (ii) Διδακτική παρέμβαση για το πείραμα Rutherford, (iii) Διδακτική παρέμβαση για τα χαρακτηριστικά των σωματιδίων & την εισαγωγή στο καθιερωμένο πρότυπο, (iv) Διδακτική παρέμβαση για το πώς ανακαλύφθηκαν τα υπόλοιπα στοιχειώδη σωματίδια, (v) Διδακτική παρέμβαση με τα διαγράμματα Feynman, (vi) Παρουσίαση των ανιχνευτών σωματιδίων, (vii). Διδακτική παρέμβαση με τον ανιχνευτή PIXET.

Οι έξι διδακτικές παρεμβάσεις ήταν ολοκληρωμένα διδακτικά σενάρια ενώ η μια παρέμβαση ήταν διαδραστική παρουσίαση από την εκπαιδευτικό (vi).

Η αξιολόγηση της διδακτικής μαθησιακής ακολουθίας γίνεται με τη χρήση του ερωτηματολογίου των Tuzón & Solbes (2016) όπως αυτό έχει ήδη εγκυροποιηθεί από επιστήμονες του γνωστικού αντικείμενου (Polit & Beck, 2006).

Η ΔΜΑ είχε εφαρμοστεί στο σύνολό της το προηγούμενο σχολικό έτος (πιλοτική ΔΜΑ). Μετά την πρώτη εφαρμογή της έγιναν κάποιες βελτιώσεις και αναπροσαρμογές τόσο στη δομή και στο περιεχόμενο των φύλλων εργασίας όσο και στην σειρά που ακολουθήθηκε στην εφαρμογή των διδακτικών παρεμβάσεων. Την τρέχουσα σχολική χρονιά ολοκληρώθηκε στη βελτιωμένη εκδοχή της (ΔΜΑ1) σε μια πρώτη ομάδα μαθητών και έχουν αντληθεί τα πρώτα αποτελέσματα. Ήδη έχει ξεκινήσει η υλοποίηση της ΔΜΑ2 σε μία δεύτερη ανεξάρτητη ομάδα μαθητών, αφού έχουν γίνει οι απαιτούμενες αναπροσαρμογές που χρειάστηκαν.

Τα πρώτα αποτελέσματα εφαρμογής της ΔΜΑ δείχνουν εμφανή βελτίωση των γνώσεων και της κατανόησης των μαθητών σε θέματα ΣΦ. Αν και παρατηρούνται βελτιώσεις σε όλες τις ερωτήσεις παρουσιάζεται ανομοιομορφία ως προς τα ποσοστά βελτίωσης. Διαφαίνεται να υπάρχει σημαντική επίδραση, ιδιαίτερα στις πιο εξειδικευμένες ερωτήσεις όπως «Τι είναι το μποζόνιο Higgs;» και «Τι είναι η αντιύλη;», όπου τα ποσοστά των μαθητών πριν την εφαρμογή

της ΔΜΑ1 ήταν εξαιρετικά χαμηλά λόγω της περιορισμένης γνώσης τους για αυτά. Οι ερωτήσεις που αφορούσαν τη γενική γνώση ή την καθημερινότητα παρουσίασαν μικρότερη σχετική βελτίωση. Αυτό οφείλεται σε δύο λόγους: αφενός, σε ορισμένες ερωτήσεις, όπως «Τι είναι το CERN;», τα αρχικά ποσοστά των σωστών απαντήσεων ήταν ήδη σχετικά υψηλά, καθώς οι μαθητές είχαν προϋπάρχουσες γνώσεις. Αφετέρου, ορισμένες ερωτήσεις ενδέχεται να ήταν πιο αφηρημένες ή δυσκολότερες να συνδεθούν με τις πληροφορίες που αντλήθηκαν από τις δραστηριότητες όπως η ερώτηση «Πιστεύετε ότι η έρευνα στην σωματιδιακή φυσική έχει κάποιο αντίκτυπο στην καθημερινότητα σας; Μπορείτε να αναφέρετε κάποιο παράδειγμα;». Στόχος είναι να εξαχθούν τα τελικά αποτελέσματα των εφαρμογών στην τάξη και της ΔΜΑ2 και να παρουσιαστούν αναλυτικά στο συνέδριο.

Βιβλιογραφία

- Bertozzi, E., Levrini, O., & Rodriguez, M., (2013). Symmetry as Core-idea for Introducing Secondary School Students to Contemporary Particle Physics. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116, pp 679-685. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.279>
- Bouchée, T., Thurlings, M., de Putter - Smits, L., & Pepin, B. (2023). Investigating teachers' and students' experiences of quantum physics lessons: opportunities and challenges. *Research in Science and Technological Education*, 41(2), 777-799. <https://doi.org/10.1080/02635143.2021.1948826>
- Dahlkemper M.N., Klein P., Müller A., Schmeling S.M., Wiener J. (2022) Opportunities and Challenges of Using Feynman Diagrams with Upper Secondary Students. *Physics*, 4(4), 1331–1347. <https://doi.org/10.3390/physics4040085>
- Duit, R. (2007). Science education research internationally: Conceptions, research methods, domains of research. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 3(1), pp 3-15. <https://doi.org/10.12973/ejmste/75369>
- Gourlay, H. Learning about A level physics students' understandings of particle physics using concept mapping. *Physics Education*, 52 (1), 014001. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/52/1/014001>
- 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*, 4(4), 1278-1298. <https://doi.org/10.3390/physics4040082>
- Meheuet, M., & Psillos, D. (2004). Teaching – Learning sequences: Aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education, Special Issue*, 26(5), 515–535. <https://doi.org/10.1080/09500690310001614762>
- Michellini, 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>
- 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>
- Polit, D. F., & Beck, C. T. (2006). The content validity index: Are you sure you know what's being reported? Critique and recommendations. *Research in Nursing & Health*, 29(5), 489–497. <https://doi.org/10.1002/nur.20147>
- Psillos, D., & Kariotoglou, P. (2016). Theoretical Issues related to Designing and Developing Teaching – Learning Sequences. Στο D. Psillos, P. Kariotoglou (Επιμ.), *Iterative Design of Teaching - Learning Sequences*, 11-34. Springer. 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
- 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>