

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 - Συνόψεις

ΠΡΑΚΤΙΚΑ ΣΥΝΟΨΕΩΝ

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

Στην μνήμη της Άνας Σπύριου



12-14 Απριλίου 2025

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.enepnet.gr



Ζωντανεύοντας τη Φυσική του Einstein στην
Σχολική Τάξη: Διερευνητικό Εργαστήριο για
Εκπαιδευτικούς

Γεωργία Βακάρου, Γεώργιος Στύλος, Κωνσταντίνος
Θ. Κώτσης

doi: [10.12681/codiste.7546](https://doi.org/10.12681/codiste.7546)

Ζωντανεύοντας τη Φυσική του Einstein στην Σχολική Τάξη: Διερευνητικό Εργαστήριο για Εκπαιδευτικούς

Γεωργία Βακάρου¹, Γεώργιος Στύλος² και Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης³

¹Υποψήφια Διδάκτορας, ²Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό, ³Καθηγητής,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων

¹g.vakarou@uoi.gr

Περίληψη

Ο εκσυγχρονισμός της διδασκαλίας της Φυσικής και η ενσωμάτωση εννοιών της σύγχρονης φυσικής στο σχολικό πρόγραμμα αποτελεί ένα ιδιαίτερα σημαντικό ζήτημα τις τελευταίες δεκαετίες, στοχεύοντας στην προετοιμασία επιστημονικά εγγράμματων πολιτών. Το παρόν εργαστήριο απευθύνεται σε εκπαιδευτικούς που επιδιώκουν να ενσωματώσουν τη σύγχρονη φυσική στην τάξη τους μέσω βιωματικής και διερευνητικής διδασκαλίας. Οι συμμετέχοντες/ουσες θα επιμορφωθούν στο πώς να παρουσιάζουν πολύπλοκες έννοιες της θεωρίας του Einstein και της κβαντικής φυσικής με τρόπο προσιτό και κατανοητό στους μαθητές/τριες. Το εργαστήριο ακολουθεί μια διερευνητική μεθοδολογία όπου οι εκπαιδευτικοί διατυπώνουν ερωτήματα, αναπτύσσουν υποθέσεις και συμμετέχουν ενεργά στη διαδικασία πειραματισμού, όπως αναμένεται να κάνουν και σε μελλοντικό στάδιο οι μαθητές/τριες. Αυτό το μοντέλο μάθησης ενισχύει την κριτική σκέψη και προωθεί την επιστημονική ανακάλυψη με μια προσέγγιση που γεφυρώνει το χάσμα μεταξύ θεωρητικής φυσικής και σχολικής διδασκαλίας.

Λέξεις κλειδιά: Σύγχρονη Φυσική, Φυσική του Einstein, Βιωματική διδασκαλία, Διερευνητική μάθηση

Bringing Einsteinian Physics to Life in Classroom: An Inquiry-Based Workshop for Educators

Georgia Vakarou¹, Georgios Stylos² and Konstantinos T. Kotsis³

¹PhD Student, ²Laboratory Teaching Staff, ³Professor,
Department of Primary Education, University of Ioannina

¹g.vakarou@uoi.gr

Abstract

The modernization of the teaching of Physics and the integration of concepts of modern physics in the school curriculum has been a particularly important issue in recent decades, aiming at the preparation of scientifically literate citizens. This workshop is aimed at teachers who seek to integrate modern physics into their classroom through experiential and exploratory teaching. Participants will be trained in how to present complex concepts of Einstein theory and quantum physics in a way that is accessible and understandable to students. The workshop follows an exploratory methodology where teachers formulate questions, develop hypotheses and actively participate in the experimentation process, as students are expected to do at a future stage. This learning model enhances critical thinking and promotes scientific discovery with an approach that bridges the gap between theoretical physics and school teaching.

Keywords: Modern Physics, Einsteinian Physics, Experiential teaching, Inquiry based learning

Εισαγωγή

Η φυσική του Einstein, που περιλαμβάνει τις θεωρίες της σχετικότητας και της κβαντικής μηχανικής, έχει επαναπροσδιορίσει την κατανόησή μας για το σύμπαν, από τη φύση του χωροχρόνου έως τη συμπεριφορά της ύλης σε υποατομικό επίπεδο. Παρόλο που αυτές οι θεωρίες αποτελούν θεμέλια της σύγχρονης επιστήμης και τεχνολογίας, η διδασκαλία τους στα σχολεία είναι περιορισμένη, με τα περισσότερα προγράμματα σπουδών να επικεντρώνονται σε κλασικές προσεγγίσεις της φυσικής (Blair & Kaur, 2022).

Ένα από τα κύρια εμπόδια στην ενσωμάτωση της σύγχρονης φυσικής στην τάξη είναι η αφηρημένη φύση των σχετικών εννοιών, όπως η καμπύλωση του χωροχρόνου και η κυματοσωματιδιακή δυϊκή φύση της ύλης. Οι μαθητές συχνά αναπτύσσουν παρανοήσεις λόγω της δυσκολίας οπτικοποίησης αυτών των φαινομένων (Kaur et al., 2020). Σύμφωνα, όμως, με πρόσφατες έρευνες (Adams et al., 2021 · Alstein et al., 2020 · Kaur et al., 2020), η εισαγωγή τέτοιων σύγχρονων εννοιών, ακόμη και σε μικρές ηλικιακά σχολικές τάξεις, έχει σημαντικά οφέλη για τους μαθητές/τριες. Μέσα από δραστηριότητες με προσομοιωτές και διαδραστικές επιδείξεις, οι μαθητές αποκτούν ουσιαστική κατανόηση των σύγχρονων φυσικών εννοιών, δείχνοντας μεγάλο ενδιαφέρον και ενθουσιασμό για τη φυσική (Blair & Kaur, 2022).

Μία εκ των πιο αποτελεσματικών διδακτικών προσεγγίσεων, είναι αναμφισβήτητα η διερευνητική μάθηση. Η μέθοδος αυτή, προωθεί την ανάπτυξη δεξιοτήτων κριτικής σκέψης και επιστημονικής κατανόησης, στοιχεία που την καθιστούν ανώτερη από παθητικές μεθόδους διδασκαλίας. Όπως αναφέρουν οι Mulyeni et al. (2024), η προσέγγιση αυτή εμπλέκει τους μαθητές/τριες στη διατύπωση υποθέσεων, τον σχεδιασμό πειραμάτων και την ανάλυση δεδομένων, ενισχύοντας έτσι την ενεργή συμμετοχή τους στη μαθησιακή διαδικασία.

Μεθοδολογία

Στόχοι του Εργαστηρίου

Το εργαστήριο έχει ως στόχο την:

- Κατανόηση και παρουσίαση σύγχρονων εννοιών: Εμπόρφωση των εκπαιδευτικών σχετικά με την καμπύλωση του χωροχρόνου και την κβαντική εξήγηση του φωτοηλεκτρικού φαινομένου.
- Εφαρμογή διερευνητικής μεθοδολογίας: Εκπαίδευση στη δημιουργία ερωτημάτων, διατύπωση υποθέσεων και διεξαγωγή πειραμάτων με μαθητές/τριες.
- Ανάπτυξη δεξιοτήτων κριτικής σκέψης: Ενίσχυση της ικανότητας των εκπαιδευτικών να καθοδηγούν μαθητές/τριες μέσω σύνθετων επιστημονικών εννοιών με τρόπο που να ενθαρρύνει την κριτική ανάλυση.

Συμμετέχοντες και Διάρκεια:

Το εργαστήριο απευθύνεται στους εκπαιδευτικούς που διδάσκουν Φυσική στη Α'θμια, και στην Β'θμια Εκπαίδευση. Ο μέγιστος αριθμός συμμετεχόντων είναι: 12. Η διάρκεια του εργαστηρίου είναι 2 ώρες.

Περιγραφή Δραστηριοτήτων:

Η εργαστηριακή άσκηση με θέμα τη Φυσική του Einstein περιλαμβάνει τα κάτωθι:

1^η ενότητα: Εισαγωγή στις Έννοιες

Στην αρχή, γίνεται μια σύντομη παρουσίαση των βασικών εννοιών της καμπύλωσης του χωροχρόνου και του φωτοηλεκτρικού φαινομένου, με στόχο να αποκτήσουν οι συμμετέχοντες μια αρχική θεωρητική κατανόηση των φαινομένων αυτών.

2^η ενότητα: Πειραματισμός

Οι συμμετέχοντες χωρίζονται σε ομάδες και τους διαμοιράζονται τα Φύλλα Εργασίας (Φ.Ε.) διερευνητικού τύπου. Στη συνέχεια ξεκινάει η πραγματοποίηση των πειραμάτων.

- Πείραμα για την καμπύλωση του χωροχρόνου: Για το πείραμα που αφορά την καμπύλωση του χωροχρόνου προτείνεται να ακολουθηθεί η μέθοδος της Διαδραστικής Επίδειξης (Interactive Lecture Demonstration - ILD) ώστε να διασφαλιστεί η συμμετοχή όλων των εκπαιδευτικών. Αρχικά, οι συμμετέχοντες καλούνται να διατυπώσουν προβλέψεις σχετικά με την εξέλιξη του πειράματος και να συζητήσουν τις υποθέσεις τους σε μικρές ομάδες. Στη συνέχεια, γίνεται επίδειξη του πειράματος με τη χρήση του προσομοιωτή του χωροχρόνου. Συγκεκριμένα, βαράκια διαφορετικών μαζών τοποθετούνται έτσι ώστε να δημιουργήσουν καμπύλωση στον «χώρο», και άλλα μικρά μπαλάκια αφήνονται να κινηθούν, επιτρέποντας στους συμμετέχοντες να παρατηρήσουν τις τροχιές που ακολουθούν. Οι συμμετέχοντες καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους και συγκρίνουν τα αποτελέσματα του πειράματος με τις αρχικές τους προβλέψεις. Ακολουθεί μια συζήτηση αναστοχασμού, όπου οι ομάδες αναλύουν κατά πόσο οι προβλέψεις τους συμφωνούν με τα πραγματικά αποτελέσματα και εξηγούν τις πιθανές αιτίες τυχόν αποκλίσεων, συνδέοντας τις παρατηρήσεις με τη θεωρία της σχετικότητας και την έννοια της καμπύλωσης του χωροχρόνου.

- Πείραμα για το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο: Για το πείραμα, που αφορά στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, η διερευνητική διαδικασία περιλαμβάνει τη χρήση φακών και κουτιών αλουμινίου, επιτρέποντας στους συμμετέχοντες να εξερευνήσουν την επίδραση του φωτός στην εκπομπή ηλεκτρονίων. Οι συμμετέχοντες ξεκινούν κάνοντας υποθέσεις και στη συνέχεια, εκτελούν το πείραμα, χρησιμοποιώντας φακούς για να κατευθύνουν φως με διαφορετική ένταση και χρώμα προς τα κουτιά αλουμινίου. Στη φάση του αναστοχασμού, οι συμμετέχοντες συζητούν τον τρόπο με τον οποίο οι παρατηρήσεις τους συνδέονται με την κβαντική εξήγηση του φαινομένου.

- Ένα επιπλέον πείραμα, επίσης σχετικό με το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, βασίζεται στην προσομοίωση που προτείνεται στο πρόγραμμα Einstein-First (Kaur et al., 2017) και χρησιμοποιεί μπαλάκια πινγκ πονγκ και nerf παιχνίδια για να απεικονίσει τον μηχανισμό εκπομπής ηλεκτρονίων. Αρχικά, οι συμμετέχοντες θα διατυπώσουν υποθέσεις και κατά την εκτέλεση του πειράματος, θα εκτοξεύσουν πλαστικές σφαίρες από παιδικά παιχνίδια προς τα μπαλάκια πινγκ πονγκ με στόχο να παρατηρήσουν αν το μπαλάκι αντιδρά, εστιάζοντας στην έννοια της απαιτούμενης ενέργειας για να προκληθεί κίνηση. Στο στάδιο του αναστοχασμού, οι συμμετέχοντες συγκρίνουν τις παρατηρήσεις τους με τη θεωρία του φωτοηλεκτρικού φαινομένου.

Αποτελέσματα και Αναμενόμενη Επίδραση

Παρόλο που το μοντέλο του ελαστικού υφάσματος αποτελεί μια διαισθητική προσέγγιση για την κατανόηση της καμπύλωσης του χωροχρόνου, μπορεί να οδηγήσει σε συγκεκριμένες παρανοήσεις. Ένα βασικό ζήτημα είναι ότι το ύφασμα αποτελεί μια δισδιάστατη επιφάνεια που καμπυλώνεται μέσα σε έναν τρισδιάστατο χώρο, ενώ στην πραγματικότητα ο χωροχρόνος είναι τετραδιάστατος και η καμπύλωσή του δεν απαιτεί την ύπαρξη εξωτερικού πεδίου βαρύτητας (Kaur et al., 2020). Επιπλέον, η χρήση της βαρύτητας της Γης για την παραμόρφωση του υφάσματος μπορεί να δημιουργήσει την εσφαλμένη εντύπωση ότι η βαρύτητα είναι μια δύναμη που "τραβά" τα αντικείμενα, αντί για μια εκδήλωση της καμπυλότητας του χωροχρόνου (Blair & Kaur, 2022). Για την αντιμετώπιση αυτών των πιθανών παρερμηνειών, στο πλαίσιο του εργαστηρίου προτείνεται η ενσωμάτωση μιας δομημένης συζήτησης αναστοχασμού, όπου οι συμμετέχοντες θα συγκρίνουν το μοντέλο με την πραγματική θεωρία της σχετικότητας και θα προσδιορίσουν τα όριά του.

Για την ακριβέστερη κατανόηση της καμπύλωσης του χωροχρόνου και την αποφυγή των περιορισμών του ελαστικού υφάσματος, θα προταθούν και εναλλακτικές αναπαραστάσεις. Οι ψηφιακές προσομοιώσεις ή η χρήση διαγραμμάτων σε μεγαλύτερες ηλικιακά σχολικές τάξεις,

όπου ο χρόνος αναπαρίσταται ως κατακόρυφος άξονας μπορεί να προσφέρει μια πιο ακριβή εικόνα της επίδρασης της βαρύτητας στις τροχιές των σωμάτων (Alstein et al., 2020).

Στο τέλος του εργαστηρίου, θα γίνει συλλογή των παρατηρήσεων από τους συμμετέχοντες και αναμένεται οι εκπαιδευτικοί να είναι σε θέση να παρουσιάσουν με κατανοητό τρόπο την καμπύλωση του χωροχρόνου και το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, και να εμπνεύσουν τους μαθητές/τριες να αντιληφθούν τη Φυσική με νέες και συναρπαστικές μεθόδους.

Βιβλιογραφία

- Adams, K., Dattatri, R., Kaur, T. & Blair, D. (2021). Long-term impact of a primary school intervention on aspects of Einsteinian physics. *Physics Education*, 56, 055031. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac12a9>
- Alstein, P., Krijtenburg-Lewerissa, K., & van Joolingen, W.R. (2020). Teaching and learning special relativity theory in secondary and lower undergraduate education: A literature review. *Physical Review Physics Education Research*, 17, 023101. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.023101>
- Blair, D., & Kaur, J. (2022). *Einstein-First: Modernising School Science*. Proceedings of the IUPAP International Conference on Physics Education. ICPE 2022 5-9 December 2022, page 33, ISBN: 978-1-74210-532-1.
- Kaur T., Blair D., Moschilla J., and Zadnik M. (2017). Teaching Einsteinian physics at schools: part 2, models and analogies for quantum physics. *Physics Education*, 52. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aa83e1>
- Kaur, T., Blair, D., Stannard, W., Treagust, D., Venville, G., Zadnik, M., Mathews, W. & Perks, D. (2020). Determining the Intelligibility of Einsteinian Concepts with Middle School Students. *Research in Science Education*, 50, 2505–2532. <https://doi.org/10.1007/s11165-018-9791-y>
- Mulyeni, T., Jamaris, M., & Supriyati, Y. (2024). Improving basic science process skills through inquiry-based approach in learning science for early elementary students. *Journal of Turkish Science Education*, 16(2), 187-201. Ανακτήθηκε στις 28/11/2024 από: <https://www.tused.org/index.php/tused/article/view/89/51>