ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

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

Κατανόηση των Επιστημονικών Μοντέλων και των διαδικασιών μοντελοποίησης στη διδασκαλία θεμάτων Σύγχρονης Φυσικής: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση στο Φωτοηλεκτρικό Φαινόμενο

Σταύρος Κουκιόγλου

doi: 10.12681/codiste.8041

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 11/03/2026 11:41:25

Κατανόηση των Επιστημονικών Μοντέλων και των Διαδικασιών Μοντελοποίησης στη Διδασκαλία Θεμάτων Σύγχρονης Φυσικής: Βιβλιογραφική Ανασκόπηση στο Φωτοηλεκτρικό Φαινόμενο

Σταύρος Κουκιόγλου
Μεταδιδακτορικός ερευνητής, Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
skoukio@physics.auth.gr

Περίληψη
Το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα φαινόμενα της Κβαντομηχανικής. Με την αξιοποίηση του μοντέλου της σωματιδιακής φυσικής, κατέστη εφικτή η περιγραφή και η ερμηνεία του συγκεκριμένου φαινομένου, ανοίγοντας παράλληλα το δρόμο για την καθιέρωση της Κβαντομηχανικής. Στην παρούσα εργασία πραγματοποιείται ανασκόπηση της βιβλιογραφίας με απώτερο στόχο την ανάδειξη του Διδακτικού Μετασχηματισμού που χρησιμοποιείται για τη διδασκαλία του φωτοηλεκτρικού φαινομένου, σε μαθητές/-τριες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, σε φοιτητές/-τριες αλλά και σε εν ενεργεία εκπαιδευτικούς. Επιπρόσθετα, διερευνάται αν και κατά πόσο το εν λόγω φαινόμενο καθώς και το μοντέλο της σωματιδιακής φύσης του φωτός δύναται να χρησιμοποιηθούν ως πλαίσιο για την ενίσχυση των επιστημολογικών αντιλήψεων μαθητών/-τριων δευτεροβάθμιάς εκπαίδευσης για με τα επιστημονικά μοντέλα.

Λέξεις κλειδιά: διδακτική μαθησιακή ακολουθία, διερευνητική μάθηση, επιστημονικά μοντέλα, φύσης της επιστήμης, φωτοηλεκτρικό φαινόμενο

Understanding Scientific Models and Modeling Processes in Teaching Modern Physics Topics: Literature Review of the Photoelectric Effect

Stavros Koukioglou
Postdoctoral Researcher, Physics Department, Aristotle University of Thessaloniki
skoukio@physics.auth.gr

Abstract
The photoelectric effect is one of the most significant phenomena in Quantum Mechanics. By utilizing the particle physics model, it became possible to describe and interpret this phenomenon, while also paving the way for the establishment of Quantum Mechanics. The present study provides a review of the literature, aiming to highlight the Didactic Transformation employed in teaching the photoelectric effect to secondary education students, as well as to pre-service students and in-service educators. Additionally, the study explores whether and to what extent the photoelectric effect and the particle nature of light model can serve as a framework for enhancing secondary education students' epistemological awareness for scientific models.

Keywords: Inquiry-Based Learning, Nature of Science, photoelectric phenomenon, scientific models, teaching learning sequence

Αναγνωριστικό ψηφιακής εργασίας: https://doi.org/10.12681/codiste.8041

Εισαγωγή

Τα επιστημονικά μοντέλα (ΕΜ) αποτελούν βασικό πυλώνα της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) καθώς και της μελέτης της Φύσης της Επιστήμης (ΦτΕ). Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας προκύπτει ότι τα επιστημονικά μοντέλα συνιστούν δυσνόητες έννοιες με πολύπλοκες δομές (Göhner et al., 2022· Schwartz, 2019· Upmeier zu Belzen et al., 2019). Ωστόσο, με την αξιοποίηση κατάλληλα διαμορφωμένων διδακτικών παρεμβάσεων, όπως είναι οι Διδακτικές Μαθησιακές Ακολουθίες (ΔΜΑ) (Meheuet & Psillos, 2004· Psillos & Kariotoglou, 2016), η επιστημολογική ενημερότητα μαθητών/-τριων, εν δυνάμει αλλά και εν ενεργεία εκπαιδευτικών για τα μοντέλα δύναται να βελτιωθεί (Koukioglou & Psillos, 2019· Soulios & Psillos, 2016). Πλήθος ερευνητών υποστηρίζουν τη μελέτη των ΦΕ με τη χρήση επιστημονικών μοντέλων (learning with models) όσο και τη διδασκαλία για τα ίδια τα μοντέλα (learning about models) (Gilbert & Justi, 2016). Ωστόσο, το ζήτημα σχετικά με το περιεχόμενο των ΔΜΑ που δύναται να ενδυναμώσουν τις αντιλήψεις μαθητών/τριων, εν δυνάμει αλλά και εν ενεργεία εκπαιδευτικών για τις όψεις των επιστημονικών μοντέλων, παραμένει ανοιχτό. Κατά το παρελθόν το περιεχόμενο των ΔΜΑ έχει αντληθεί -κυρίως- από τον Στατικό Ηλεκτρισμό και την Οπτική (Koukioglou & Psillos, 2019· Petridou et al., 2013). Καθώς όμως η ύλη των σχολικών εγχειριδίων του Λυκείου αναμένεται να εμπλουτιστεί με περαιτέρω κεφάλαια από τη Σύγχρονή Φυσική, προκύπτει το ερώτημα ως προς το αν η συγκεκριμένη θεματική περιοχή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως το υποστηρικτικό πλαίσιο για την ενίσχυση των αντιλήψεων των μαθητών/τριων δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τα ΕΜ.

Ένα από τα σημαντικότερα φαινόμενα της Κβαντομηχανικής είναι το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο (ΦΦ), καθώς με την υιοθέτηση της σωματιδιακής φύσεως του φωτός -υπό την μορφή των κβάντων ενέργειας- κατέστη δυνατή η περιγραφή και η ερμηνεία του φαινομένου και παράλληλα άνοιξε ο δρόμος για την ευρεία αποδοχή της Κβαντομηχανικής. Από πλευράς διδακτικής, η μελέτη αυτών των φαινομένων συνιστά μια ιδιαίτερη πρόκληση καθώς περιλαμβάνει αφηρημένες έννοιες του μικρόκοσμου και απαιτεί τη χρήση ανώτερων μαθηματικών. Εξαίρεση σε αυτήν τη συνθήκη αποτελεί το ΦΦ το οποίο αποτελεί ένα από τα πιο συχνά εμφανιζόμενα φαινόμενα της Κβαντομηχανικής στα σχολικά εγχειρίδια. Ωστόσο, αν και οι αρχικές εκτιμήσεις προέβλεπαν πως θα ήταν πιο κατανοητό, σε σχέση με άλλα φαινόμενα, οι McKagan et al. (2009) επισήμαναν πως κάτι τέτοιο δε πρέπει να θεωρείται δεδομένο. Παράλληλα, ανοιχτό παραμένει το ερώτημα αν και κατά πόσο το ΦΦ θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως μέσο ενίσχυσης της επιστημολογικής ενημερότητας μαθητών/τριων δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Εν τέλει, το ερευνητικό ερώτημα της παρούσας εργασίας διατυπώνεται ως εξής: α) ποιος Διδακτικός Μετασχηματισμός αναδεικνύεται για τη διδασκαλία του Φωτοηλεκτρικού Φαινομένου; και β) μπορεί η διδασκαλία για το Φωτοηλεκτρικό Φαινόμενο να χρησιμοποιηθεί για την ανάδειξη και την ενίσχυση των επιστημολογικών αντιλήψεων μαθητών/τριων δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τα επιστημονικά μοντέλα;

Μεθοδολογία

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε συστηματική μελέτη της διεθνούς βιβλιογραφίας ακολουθώντας το πρότυπο PRISMA ή Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (Moher, 2009) με μηχανή αναζήτησης το Google Scholar. Αναφορικά με τα κριτήρια επιλογής αποφασίστηκε να ληφθούν υπόψη μόνο αγγλόφωνα περιοδικά που ανήκουν στην κατηγορία Q1 του δείκτη SCImago Journal Rank, δηλαδή στο κορυφαίο 25% των περιοδικών με την μεγαλύτερη επιρροή. Τα περιοδικά που επιλέχθηκαν είναι το *Research in Science Education*, το *International Journal of Science Education*, το *Science Education*, το *Journal of Science Education and Technology*, το *Journal of Science and Mathematics Education* και το *Research in Science & Technological Education*. Κατόπιν έλαβε χώρα η σύνθετη αναζήτηση με λέξεις κλειδιά *όλες* τις παρακάτω: φωτοηλεκτρικό φαινόμενο,

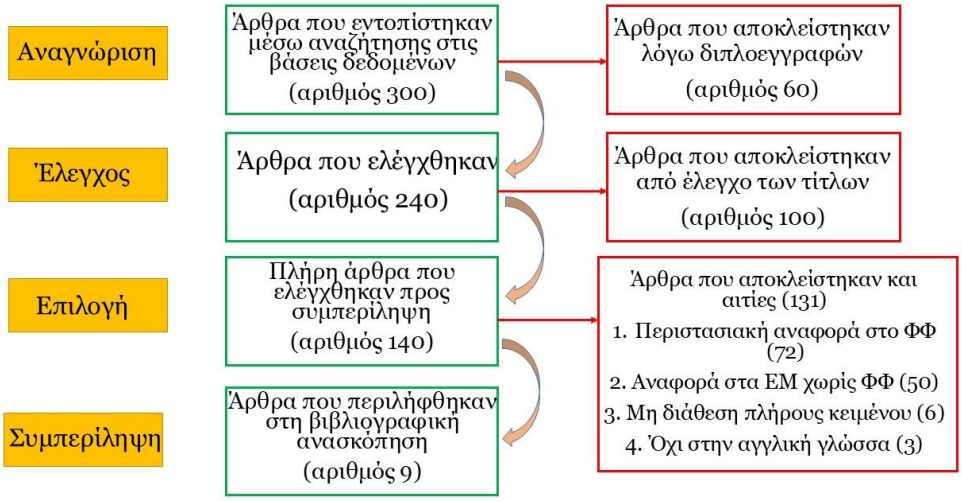
εκπαίδευση, μάθηση, μοντέλα και *τουλάχιστον* τη λέξη φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, με χρονικό ορίζοντα από το 2015 και έπειτα.

Από την αναζήτηση προέκυψαν 300 συνολικά επιστημονικά άρθρα. Καθώς οι λέξεις «*Science Education*» ήταν κοινές στους τίτλους των περιοδικών, διαπιστώθηκε πως 60 άρθρα εμφανίζονταν σε περισσότερες από μία αναζητήσεις. Επιπλέον εντοπίστηκαν άρθρα από περιοδικά μη σχετικά με τις ΦΕ, τα οποία δεν πληρούσαν τα κριτήρια αναζήτησης. Ως εκ τούτου, από τα εναπομείναντα 240 άρθρα αποκλείστηκαν 100 με βάση τον τίτλο τους ή και το περιοδικό στο οποίο είχαν δημοσιευθεί. Από τα υπόλοιπα 140 άρθρα, τρία απορρίφθηκαν γιατί δεν υπήρχε διαθέσιμη έκδοση του άρθρου στην αγγλική γλώσσα, έξι εξαιρέθηκαν λόγω έλλειψης πλήρους κειμένου και 122 άρθρα απορρίφθηκαν κατόπιν μελέτης των τίτλων, των περιλήψεων και αναζήτησης της λέξης «*φωτοηλεκτρικό φαινόμενο*» στο σώμα του κειμένου. Στα άρθρα αυτά διαπιστώθηκε η περιστασιακή αναφορά στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο (αναφορές στην Κβαντομηχανική, στη θεωρία του Αϊνστάιν, στη δημιουργία ψηφιακών εργαλείων) και η αναφορά στα επιστημονικά μοντέλα, τη μοντελοποίηση, τη διερευνητική μάθηση δίχως αναφορά στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο (βλέπε Εικόνα 1).

Αποτελέσματα

Από την πλήρη ανασκόπηση των υπολοίπων άρθρων παρατηρείται πως στην πλειοψηφία τους (οκτώ από τα εννέα) εστιάζονται στην εννοιολογική κατανόηση του φωτοηλεκτρικού φαινομένου. Στις εν λόγω εργασίες χρησιμοποιείται το μοντέλο της σωματιδιακής φύσης του φωτός και ενσωματώνονται καινοτόμες διδακτικές πρακτικές όπως οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών (ΤΠΕ), η ιστορική και φιλοσοφική προσέγγιση της Κβαντομηχανικής, η ανάδειξη των εναλλακτικών αντιλήψεων με τη χρήση εξειδικευμένων τεστ και τη χρήση μεταγνωστικών ερωτήσεων. Αντιθέτως, σε μία μόνο εργασία οι συγγραφείς εστιάζουν το ερευνητικό τους ενδιαφέρον στον τρόπο με τον οποίο η ΦτΕ και οι πτυχές της αναπαρίστανται σε σχολικά εγχειρίδια Β/βάθμιας εκπαίδευσης για την Κβαντομηχανική. Συμπερασματικά λοιπόν, ο Διδακτικός Μετασχηματισμός των ανασκοπημένων εργασιών βασίζεται στη χρήση των επιστημονικών μοντέλων για τη διδασκαλία του φωτοηλεκτρικού φαινομένου (learning with models) και όχι για τη διδασκαλία για τα ίδια τα μοντέλα (learning about models).

Εικόνα 1. Διάγραμμα ροής προτύπου PRISMA στην παρούσα εργασία



Συμπεράσματα-Συζήτηση

Τα επιστημονικά μοντέλα συνιστούν αναπόσπαστο κομμάτι της διδασκαλίας των ΦΕ και η ενίσχυση της επιστημολογικής ενημερότητας μαθητών/τριων σχετικά με αυτά παραμένει ένα διαχρονικό ζήτημα. Ανοιχτό όμως παραμένει και το θέμα του γνωστικού περιεχομένου που

δύναται να χρησιμοποιηθεί για την επίτευξη αυτού του στόχου. Η παρούσα έρευνα, που βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη, εστιάζεται στη Σύγχρονη Φυσική και συγκεκριμένα στο φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Το εν λόγω φαινόμενο μπορεί εύκολα να περιγραφθεί και να ερμηνευθεί με τη χρήση του μοντέλου της σωματιδιακής φυσικής του φωτός. Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε για τους σκοπούς της παρούσας έρευνας παρατηρείται πως μεγαλύτερη βαρύτητα έχει δοθεί στη διδασκαλία του ΦΦ *με τη χρήση* του επιστημονικού μοντέλου της σωματιδιακής φύσεως του φωτός. Παρά την περιορισμένη σε αριθμό περιοδικών βιβλιογραφική ανασκόπηση που πραγματοποιήθηκε, γεγονός που αποτελεί έναν από τους περιορισμούς της έρευνας, είναι εμφανές πως το μοντέλο των φωτονίων δεν έχει χρησιμοποιηθεί ως έναυσμα ή μέσο επιστημολογικής ενίσχυσης της ενημερότητας των μαθητών/τριων δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης για τα επιστημονικά μοντέλα. Η συνθήκη αυτή αναδεικνύει το βιβλιογραφικό κενό και προετοιμάζει το έδαφος για την έρευνα προς την κατεύθυνση της χρήσης του επιστημονικού μοντέλου της σωματιδιακής φύσης του φωτός ως μέσο ανάδειξης και βελτίωσης των επιστημολογικών αντιλήψεων μαθητών/-τριων δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης αναφορικά με τα επιστημονικά μοντέλα.

Βιβλιογραφία

Gilbert, J. K., & Justi, R. (2016). Approaches to Modelling-Based Teaching. Στο J. K. Gilbert & R. Justi (Επιμ.), *Modelling-based Teaching in Science Education* (τ. 9, σ. 57–80). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-29039-3_4

Göhner, M. F., Bielik, T., & Krell, M. (2022). Investigating the dimensions of modeling competence among preservice science teachers: Meta-modeling knowledge, modeling practice, and modeling product. *Journal of Research in Science Teaching*, *59*(8), 1354–1387 https://doi.org/10.1002/tea.21759

Koukioglou, S., & Psillos, D. (2019). Enhancing Junior High School Students' Epistemological Beliefs About Models in Science. Στο M. Tsitouridou, J. A. Diniz, & T. A. Mikropoulos (Επιμ.), *Technology and Innovation in Learning, Teaching and Education* (τ. 993, σ. 468–476). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20954-4_35

McKagan, S. B., Handley, W., Perkins, K. K., & Wieman, C. E. (2009). A research-based curriculum for teaching the photoelectric effect. *American Journal of Physics*, *77*(1), 87–94. https://doi.org/10.1119/1.2978181

Meheuet, M., & Psillos D. (2004). Teaching – learning sequences: aims and tools for science education research. *International Journal of Science Education, 26*(5) 515-535. https://doi.org/10.1080/09500690310001614762

Moher D., Liberati A., Tetzlaff J., Altman D.G., The PRISMA Group (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med 6*(6): e1000097. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097

Petridou, E., Psillos, D., Hatzikraniotis, E., & Kallery, M. (2013). A Study on the Exploratory Use of Microscopic Models as Investigative Tools: The Case of Electrostatic Polarization. Στο G. Tsaparlis & H. Sevian (Επιμ.), *Concepts of Matter in Science Education* (τ. 19, σ. 199–212). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5914-5_9

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* (σ. 11–34). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7808-5_2

Schwartz, R. S. (2019). Modeling Competence in the Light of Nature of Science. Στο A. Upmeier zu Belzen, D. Krüger, & J. van Driel (Επιμ.), *Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education* (τ. 12, σ. 59–77). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30255-9_4

Soulios, I., & Psillos, D. (2016). Enhancing student teachers' epistemological beliefs about models and conceptual understanding through a model-based inquiry process. *International Journal of Science Education, 38*(7), Article 7. https://doi.org/10.1080/09500693.2016.1186304

Upmeier zu Belzen, A., van Driel, J., & Krüger, D. (2019). Introducing a Framework for Modeling Competence. Στο A. Upmeier zu Belzen, D. Krüger, & J. van Driel (Επιμ.), *Towards a Competence-Based View on Models and Modeling in Science Education (τ. 12, σ. 3–19)*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30255-9_1