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

## Διδασκαλία της Κβαντικής Θεωρίας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση: Εστίαση στην Ιστορία και την Φύση της Επιστήμης

*Μαρία Μαγαλιού, Γιάννα Κατσιαμπούρα, Κώστας Σκορδούλης*

doi: 10.12681/codiste.7743

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 05/12/2025 22:28:58

# Διδασκαλία της Κβαντικής Θεωρίας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση: Εστίαση στην Ιστορία και τη Φύση της Επιστήμης

**Μαρία Μαγαλιού[1], Γιάννα Κατσιαμπούρα[2], Κώστας Σκορδούλης[3]**
[1]Υποψήφια Διδάκτορας, [2]Επίκουρος Καθηγήτρια, [3]Καθηγητής,
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης,
Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
*[1]mvpmag@gmail.com, [2]katsiaioan@primedu.uoa.gr, [3]kskordul@primedu.uoa.gr*

**Περίληψη**

Η κβαντική θεωρία αποτελεί έναν από τους πιο συναρπαστικούς και καινοτόμους τομείς της σύγχρονης επιστήμης. Ωστόσο, η αφηρημένη και μαθηματικά απαιτητική φύση της αποτελεί μια πρόκληση για τους μαθητές/τριες. Τα τελευταία χρόνια έχουν προταθεί διάφορες μέθοδοι διδασκαλίας της κβαντικής θεωρίας στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση με τις δύο κυριότερες να εστιάζουν στην χρήση ψηφιακών μέσων και στην διεξαγωγή πειραμάτων στο εργαστήριο. Η παρούσα εργασία, παρουσιάζει έρευνες που δημοσιεύτηκαν μετά το 2014 και εξετάζουν πώς μπορούν να διδαχθούν βασικές έννοιες και αρχές της κβαντικής θεωρίας σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, με μέθοδο που να στηρίζεται και να αξιοποιεί την Ιστορία και τη Φύση της επιστήμης.

***Λέξεις κλειδιά:*** διδασκαλία, δευτεροβάθμια εκπαίδευση, επιστημολογία, εννοιολογική κατανόηση, κβαντική θεωρία

# Teaching Quantum Theory in Secondary Education: A Focus on the History and Nature of Science

**Maria Magaliou[1], Gianna Katsiampoura [2], Kostas Skordoulis[3]**
[1]PHD candidate, [2]Assistant Professor, [3]Professor,
Department of Pedagogy and Primary Education,
National and Kapodistrian University of Athens
*[1]mvpmag@gmail.com, [2]katsiaioan@primedu.uoa.gr, [3]kskordul@primedu.uoa.gr*

**Abstract**

Quantum theory is one of the most exciting and innovative fields in modern science. However, its abstract and mathematically demanding nature makes it challenging for students. In recent years, various methods of teaching quantum theory in secondary education have been proposed, with the two main ones focusing on the use of digital media and conducting experiments in the laboratory. This paper presents research published after 2014 that examines how basic concepts and principles of quantum theory can be taught to secondary school students, with a method that builds on and utilizes the History and Nature of Science.

***Keywords***: teaching, conceptual understanding, epistemology, quantum theory, secondary education

## Εισαγωγή

Η κβαντική θεωρία, έχοντας εφαρμογές που επηρεάζουν άμεσα την καθημερινότητά μας, όπως για παράδειγμα η ανάπτυξη της φωτονικής τεχνολογίας, η ιατρική απεικόνιση και η κρυπτογραφία, έχει καθιερωθεί ως σημαντικό μέρος της εκπαίδευσης στις φυσικές επιστήμες

*Αναγνωριστικό ψηφιακής εργασίας: https://doi.org/10.12681/codiste.7743*

σε σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε χώρες της Ευρώπης, στην Αυστραλία και τις ΗΠΑ (Krijtenburg-Lewerissa et al., 2019· Staderman et al., 2021). Η παρούσα εργασία, παρουσιάζει έρευνες που δημοσιεύτηκαν μετά το 2014 και εξετάζουν πώς μπορούν να διδαχθούν βασικές έννοιες και αρχές της κβαντικής θεωρίας σε μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, με μέθοδο που να στηρίζεται και να αξιοποιεί την Ιστορία και τη Φύση της Επιστήμης, υποστηρίζοντας ότι η κατανόηση βασικών εννοιών και αρχών της κβαντικής φυσικής παρέχει στους μαθητές/τριες μια πληρέστερη εικόνα για το πώς λειτουργεί η επιστήμη στον μικρόκοσμο και ταυτόχρονα αναδεικνύει το ανθρώπινο πρόσωπο της επιστήμης. Το ερευνητικό ερώτημα της παρούσας εργασίας είναι: Στηρίζεται βιβλιογραφικά η υπόθεση ότι η διδασκαλία της κβαντικής θεωρίας που αξιοποιεί και υποστηρίζεται από την Ιστορία της επιστήμης και εμπλουτισμένη με στοιχεία από τη Φύση της Επιστήμης μπορεί να οδηγήσει σε κατανόηση των κβαντικών εννοιών;

## Έρευνα

Οι εργασίες που εξετάζονται στην παρούσα έρευνα εντοπίστηκαν μέσα από πρόσφατα δημοσιευμένη εργασία η οποία αναφέρεται σε συστηματική βιβλιογραφική επισκόπηση της διδασκαλίας της κβαντικής θεωρίας στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Haron & Halim, 2023) και από τη βάση Google Scholar με φίλτρο το 2014, εφαρμόζοντας το κριτήριο της 10ετίας. Συνολικά εντοπίστηκαν και παρουσιάζονται 7 δημοσιευμένες εργασίες. Η παρουσίαση είναι περιγραφική και κινείται γύρω από τους εξής άξονες: (α) δυσκολίες εννοιολογικής κατανόησης που αντιμετωπίζουν οι μαθητές/τριες κατά τη διδασκαλία της κβαντικής θεωρίας (β) διδακτική αξιοποίηση της Φύσης της επιστήμης και (γ) διδακτική αξιοποίηση της Ιστορίας της επιστήμης. Παρακάτω παρουσιάζουμε τις κυριότερες διαπιστώσεις αυτών των ερευνών.

### Δυσκολίες στην εννοιολογική κατανόηση της κβαντικής θεωρίας

Σύμφωνα με τις έρευνες των Krijtenburg-Lewerissa et al. (2017), οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές/τριες στην εννοιολογική κατανόηση της κβαντικής θεωρίας είναι συχνά ριζωμένες στις κλασικές αντιλήψεις. Διατηρούν τα ημικλασικά μοντέλα που είχαν διδαχθεί προηγουμένως και εμφανίζουν αδυναμία σύνδεσης της κβαντικής συμπεριφοράς με τη φυσική πραγματικότητα όπως αυτή προσλαμβάνεται από την εμπειρία τους, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα τη σύγχυση μεταξύ κλασικών και κβαντικών εννοιών. Οι μαθητές/τριες αντιμετωπίζουν δυσκολίες ακόμα και στην ποιοτική κατανόηση των φαινομένων όπως περιγράφονται από την κβαντική θεωρία και συχνά εμφανίζουν «παρανοήσεις» (Ambrose et al., 1999). Τα μαθηματικά εργαλεία και οι φυσικές έννοιες που είναι απαραίτητες για την περιγραφή των φαινομένων απαιτούν εξαιρετικά αναπτυγμένη αφαιρετική σκέψη όσον αφορά τους/ις μαθητές/τριες του Λυκείου και ακόμα περισσότερο του Γυμνασίου, που δεν είναι εξοικειωμένοι/ες με το επίπεδο των μαθηματικών που απαιτείται. Αυτό οδηγεί στο να σχεδιαστούν διδασκαλίες στις οποίες θα διδάσκεται η κβαντική θεωρία χωρίς τη χρήση προχωρημένων μαθηματικών (Pospiech, 2003).

### Διδασκαλία της κβαντικής θεωρίας εμπλουτισμένη με θέματα της φύσης της επιστήμης

Η έρευνα των Müller & Mishina (2020) δείχνει ότι η γνώση του επιστημολογικού υποβάθρου των εννοιών μπορεί να βοηθήσει τους/ις μαθητές/τριες να κατανοήσουν τις έννοιες της κβαντικής φυσικής και τη διάκριση μεταξύ αυτών και των κλασικών εννοιών. Όπως επισημαίνουν οι Stadermann et.al. (2019), για περισσότερο από έναν αιώνα επιστήμονες και εκπαιδευτικοί έχουν ενστερνιστεί την ιδέα ότι στους/ις μαθητές/τριες δεν πρέπει να παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της επιστημονικής έρευνας μόνο ως γεγονότα, αλλά θα πρέπει ταυτόχρονα να διδάσκονται η μέθοδος έρευνας και η διαδικασία ανάπτυξης και εξέλιξης της επιστημονικής γνώσης Επιπλέον, υποστηρίζεται ότι όταν οι μαθητές/τριες γνωρίσουν τις διάφορες ερμηνείες της κβαντικής θεωρίας, μέσα από μια διαδικασία φιλοσοφικού αναστοχασμού και συμμετοχής στο είδος των ιστορικών αντιπαραθέσεων που

είχαν οι φυσικοί, τότε ενισχύεται η ποιοτική κατανόηση των κβαντικών εννοιών από αυτούς/ές (Bungum et al. 2018).

## Η διδασκαλία της κβαντικής θεωρίας μέσα από την Ιστορία της επιστήμης

Το ερώτημα, όμως, που τίθεται από τη σύγχρονη έρευνα είναι αν μπορεί να προσπελαστεί γνωσιακά η Φύση της επιστήμης χωρίς γνώση της Ιστορίας και της Φιλοσοφίας της επιστήμης (Matthews, 2024). Η σύγχρονη έρευνα αναδεικνύει ότι η διδασκαλία της κβαντικής θεωρίας, ίσως περισσότερο από άλλες θεματικές ενότητες στη φυσική, πρέπει να στηρίζεται στην Ιστορία και τη Φιλοσοφία της επιστήμης. Η διαμάχη για τα θεμέλια και τις ερμηνείες της κβαντικής φυσικής υπήρξε μία από τις μεγαλύτερες διαμάχες στην Ιστορία της επιστήμης και οι μαθητές/τριες θα πρέπει να το γνωρίζουν. Οι αναφορές στη διαμάχη για την ερμηνεία της κβαντικής θεωρίας μπορεί να φέρουν στο προσκήνιο επιστήμονες που αντιτάχθηκαν σε καθιερωμένες απόψεις αλλά οι απόψεις τους μπορεί να γονιμοποιηθούν στο πλαίσιο αναζήτησης εναλλακτικών μεθόδων διδασκαλίας της κβαντικής θεωρίας. Η κβαντική φυσική είναι ένα πολύ ζωντανό παράδειγμα της φυσικής ως ανθρώπινου και κοινωνικού επιτεύγματος, και δεν πρέπει να εξαιρούνται οι μαθητές/τριες από τη γνώση αυτή. Η συμπερίληψη του ιστορικού πλαισίου στο οποίο παρήχθη και αναπτύχθηκε η κβαντική θεωρία μπορεί να προκαλέσει το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών που συνήθως παρουσιάζεται εκτός πλαισίου σε χωροχρονικό και κοινωνικοπολιτισμικό κενό (Greca & Freire, 2014). Πολλές εργασίες παλαιότερων ετών έχουν υποστηρίξει τη συμπερίληψη της Ιστορίας και της Φιλοσοφίας της επιστήμης στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών για να βοηθήσει τους/ις μαθητές/τριες να αναπτύξουν ολοκληρωμένες απόψεις για τη Φύση της επιστήμης (Abd-El-Khalick & Lederman, 2000) αλλά και τη διδασκαλία της κβαντικής θεωρίας εντός του ιστορικού της πλαισίου, με σημαντικότερη συνεισφορά αυτήν του Helge Kragh (Kragh, 1992) ο οποίος άφησε ως κληρονομιά το μνημειώδες *The Quantum Generation* (στα ελληνικά: *Οι Γενιές των Κβάντων,* Κάτοπτρο 2004).

## Συμπεράσματα

Η υπόθεση ότι η διδασκαλία της κβαντικής θεωρίας με βάση την Ιστορία της επιστήμης και εμπλουτισμένη με στοιχεία από τη Φύση της επιστήμης μπορεί να οδηγήσει σε κατανόηση των κβαντικών εννοιών στηρίζεται βιβλιογραφικά. Η αναλυτική παρουσίαση των δημοσιευμένων εργασιών που επιλέξαμε κατέδειξε ότι η αξιοποίηση της Φύσης της επιστήμης και της Ιστορίας της επιστήμης στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών μπορεί να προσφέρει ενθαρρυντικά αποτελέσματα για την εννοιολογική κατανόηση της κβαντικής θεωρίας. Μέσω αυτών των προσεγγίσεων, οι μαθητές/τριες μπορούν να αποκτήσουν μια βαθύτερη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών, συνδέοντας τις έννοιες της κβαντικής θεωρίας με την ιστορική τους εξέλιξη και τη διαδικασία ανάπτυξης της επιστημονικής σκέψης.

## Βιβλιογραφία

Abd-El-Khalick, F., & Lederman, N. G. (2000). The influence of history of science courses on students' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching, 37*(10), 1057–1095. https://doi.org/10.1002/1098-2736(200012)37:10<1057::AID-TEA3>3.0.CO;2-C

Ambrose, B. S. Shaffer, P. S. Steinberg R. N. & McDermott, L C. (1999). An investigation of student understanding of single-slit diffraction and double-slit interference. *American Journal of Physics, 67*(2), 146-155. https://doi.org/10.1119/1.19210

Bungum, B. Bøe, M.V. Henriksen, E.K. (2018). Quantum talk: How small-group discussions may enhance students' understanding in quantum physics. *Science Education, 102*(4), 856–877. https://doi.org/10.1002/sce.21447

Haron, S. & Halim, L. (2023). Teaching Quantum Physics at Secondary Schools: A Systematic Literature Review. *International Journal of Academic Research in Progressive Education and Development, 12*(3), 1976-1995. http://dx.doi.org/10.6007/IJARPED/v12-i3/19308

Greca, I. M., Freire, O. (2014). Meeting the Challenge: Quantum Physics in Introductory Physics Courses. Στο: M. Matthews (Επιμ.) *International Handbook of Research in History, Philosophy and Science Teaching*, σ. 183-209. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7654-8_7

Kragh, H. (1992). A sense of history: History of science and the teaching of introductory quantum theory. *Science & Education, 1,* 349-363. https://doi.org/10.1007/BF00430962

Krijtenburg-Lewerissa, K. Pol, H. J., Brinkman A., and van Joolingen, W. R. (2017) Insights into teaching quantum mechanics in secondary and lower undergraduate education, *Physical Review Physics Education Research, 13,* 010109 https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.010109

Krijtenburg-Lewerissa, K., Pol, H. J., Brinkman, A., & van Joolingen, W. R. (2019). Key topics for quantum mechanics at secondary schools: A Delphi study into expert opinions. *International Journal of Science Education, 41*(3), 349-366. https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1550273

Matthews M. R., (2024). Thomas Kuhn and Science Education. *Science & Education 33,* 609–678. https://doi.org/10.1007/s11191-022-00408-1

Müller, R. & Mishina, O. (2020). Quantum physics in secondary school – milq. arXiv.2012.15162. https://doi.org/10.48550/arXiv.2012.15162

Pospiech, G. (2003). Philosophy and Quantum Mechanics in Science Teaching. *Science & Education 12,* 559–571. https://doi.org/10.1023/A:1025384115480

Stadermann, K., van den Berg, E., & Goedhart, M. (2019). Analysis of secondary school quantum physics curricula of 15 different countries: Different perspectives on a challenging topic. *Physical Review Physics Education Research, 15*(1), 1-25. 010130. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010130

Stadermann, K., van den Berg, E., & Goedhart, M. (2021). How high schools teach quantum physics – a cross-national analysis of curricula in secondary education. *Journal of Physics: Conference Series*, *1929*, 1- 4. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1929/1/012045