

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



Διερευνητική προσέγγιση στη διδασκαλία της αρχής της αβεβαιότητας σε ιστορικό πλαίσιο

Δημήτριος Θεοδοσόπουλος, Κωνσταντίνα Στεφανίδου, Κωνσταντίνος Σκορδούλης

doi: [10.12681/codiste.5436](https://doi.org/10.12681/codiste.5436)

ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΑΡΧΗΣ ΤΗΣ ΑΒΕΒΑΙΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Δημήτριος Θεοδοσόπουλος¹, Κωνσταντίνα Στεφανίδου², Κωνσταντίνος Σκορδούλης³

¹Προπτυχιακός Φοιτητής Τμήματος Φυσικής ΕΚΠΑ, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός Τ.Ε., ²ΕΔΙΠ ΠΤΔΕ ΕΚΠΑ,

³Καθηγητής ΠΤΔΕ ΕΚΠΑ

dim.theodoso@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία αποτελεί μία πρόταση για τη διδασκαλία της Αρχής της Αβεβαιότητας μέσω διερεύνησης δίνοντας επιπλέον έμφαση στη φύση της επιστήμης και στην κοινωνική ευθύνη του επιστήμονα. Στην πρόταση αξιοποιείται το πείραμα της περίθλασης μονής σχισμής, το θεατρικό κείμενο Κοπεγχάγη, παραδείγματα από την Ιστορία της Επιστήμης, καθώς και διάφορες εφαρμογές του μικρόκοσμου και του μακρόκοσμου.

Λέξεις κλειδιά: Αβεβαιότητα, Πυρηνική Ενέργεια, Όπλα Μαζικής Καταστροφής

TEACHING UNCERTAINTY PRINCIPLE IN A HISTORICALLY AND INQUIRY-BASED CONTEXT

Dimitrios Theodosopoulos¹, Constantina Stefanidou², Constantine Skordoulis³

¹Under-Graduate Student, Department of Physics NKUA, Electrical Engineering Technological Education,

²Laboratory Teaching Staff, Department of Primary Education NKUA, ³Professor Department of Primary Education NKUA

dim.theodoso@gmail.com

ABSTRACT

This study constitutes a proposal for teaching the Uncertainty Principle through an inquiry-based approach, placing additional emphasis on the nature of science and the social responsibility of scientists. The proposal utilizes the single slit experiment, the theatrical drama “Copenhagen”, examples from the History of Science, as well as various applications derived by microcosm or macrocosm.

Keywords: Uncertainty, Nuclear Energy, Weapons of Mass Destruction

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Φαινόμενα κβαντικής φυσικής έχουν εισαχθεί στα προγράμματα σπουδών διεθνώς τα τελευταία χρόνια (Stadermann et al. 2019) πρόσφατα και στη χώρα μας με το νέο αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών για το Γενικό Λύκειο. Η έρευνα στις δυσκολίες των μαθητών και φοιτητών σχετικά με τις έννοιες της κβαντικής μηχανικής (Johnston et al. 1998) έχει τροφοδοτήσει την ανάπτυξη κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού (Krijtenburg-Lewerissa et al. 2017) σε διαδραστικό και διερευνητικό περιβάλλον (Rodriguez et al. 2020). Ταυτόχρονα, το πλούσιο ιστορικό και πολιτικό πλαίσιο εμφάνισης της κβαντικής μηχανικής στις αρχές του εικοστού αιώνα και ο δεύτερος παγκόσμιος πόλεμος που ακολούθησε, καλούν τους εκπαιδευτικούς και τους ερευνητές της διδακτικής των φυσικών επιστημών να πλαισιώσουν τη διδασκαλία της κβαντικής μηχανικής με τις κοινωνικές και πολιτικές συνθήκες της εποχής της (Στεφανίδου, 2017), σε ευθυγράμμιση με το ευρύτερο ρεύμα της διδασκαλίας της Φύσης της Επιστήμης (ΦτΕ) μέσω της ιστορίας των επιστημών (Stefanidou & Panagoroulou, 2019). Συγκεκριμένα, η Αρχή της Αβεβαιότητας του Heisenberg αποτέλεσε το θεωρητικό θεμέλιο, για τη δυνατότητα δημιουργίας όπλων μαζικής καταστροφής, και παρουσιάζεται με μεγάλη ιστορική ακρίβεια στο θεατρικό έργο του Μάικλ Φρέιν «Κοπεγχάγη». Στην παρούσα εργασία γίνεται μια προσπάθεια περιγραφής μιας διερευνητικής πρότασης για τη διδασκαλία της Αρχής της Αβεβαιότητας, λαμβάνοντας υπόψη το ιστορικό και κοινωνικό πλαίσιο της εποχής στην οποία αναπτύχθηκε και «ερμηνεύθηκε».

ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΙ ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΑ ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από τη φάση της εμπλοκής, οι μαθητές αναμένεται να μπορούν να διακρίνουν τη βασική επιστήμη από τις τεχνολογικές εφαρμογές της, για τις οποίες να μπορούν να αναπτύξουν κριτική στάση και να τις αντιπαραβάλλουν με τη σημερινή εποχή. Στο ίδιο πλαίσιο, οι μαθητές να μπορούν να αναγνωρίσουν τα ηθικά διλήμματα των πρωταγωνιστών της κβαντικής επανάστασης, και τα αποτελέσματα των επιλογών τους.

Ακόμα οι μαθητές αναμένεται να μπορούν να αναγνωρίσουν τόσο τη σημασία των εσωτερικών στην επιστήμη προβλημάτων, αλλά και την επίδραση του κοινωνικού και ιστορικού πλαισίου στις επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις.

Από τις δραστηριότητες οι μαθητές αναμένεται να μπορούν να περιγράψουν την αρχή της αβεβαιότητας, καθώς και να εξηγήσουν ποιοτικά τη σταθερότητα των ατόμων και τις ενέργειες των πυρήνων.

Τέλος, με τη διερευνητική πειραματική δραστηριότητα, οι μαθητές αναμένεται να μπορούν να κατασκευάζουν απλές διατάξεις, να καταγράφουν και να επεξεργάζονται δεδομένα.

ΣΥΝΤΟΜΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΔΟΜΗΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΜΑΘΗΣΙΑΚΗΣ ΠΟΡΕΙΑΣ

Στην πρώτη (Α') δραστηριότητα, οι μαθητές ενθαρρύνονται να διαβάσουν ένα επιλεγμένο απόσπασμα από το θεατρικό έργο «Κοπεγχάγη» (Frayn, 1998). Μέσα από την ανάγνωση, αλλά και σχετικές ερωτήσεις και προβληματισμούς, οι μαθητές εμπλέκονται με το ιστορικό πλαίσιο της εποχής. Επίσης προβληματίζονται με τα ηθικά διλήμματα και τις αποφάσεις που κλήθηκαν να επιλέξουν οι πρωταγωνιστές και τα συνδέουν με την εποχή που ζουν.

Στην επόμενη (Β') δραστηριότητα, οι μαθητές αφού κάνουν τις σχετικές υποθέσεις, ετοιμάζουν την διάταξη για το πείραμα περίθλασης μονής σχισμής (Computing, 2021). Τα υλικά που χρησιμοποιούνται είναι μερικά μεταλλικά κλιπ, μια μετροταινία, ένα παχύμετρο, δύο μικρά κομμάτια μαύρο χαρτόνι και ένα πράσινο laser εμπορίου. Οι μαθητές, για τρία (3) διαφορετικά μεγέθη σχισμών που θα δημιουργήσουν, αφήνουν τη δέσμη laser να περάσει από αυτές, δημιουργώντας το φαινόμενο της περίθλασης σε τέτοια απόσταση από τον τοίχο, ώστε το φαινόμενο να είναι ευδιάκριτο. Έπειτα, μετρούν με το παχύμετρο την απόσταση από το κέντρο της εικόνας περίθλασης, στον πρώτο μηδενισμό της έντασης του φωτός. Τα θεωρητικά εργαλεία που χρειάζονται, είναι η έκφραση της ορμής του φωτονίου στο πλαίσιο του κυματοσωματιδιακού δυισμού, καθώς και η συνθήκη καταστρεπτικής συμβολής από τη μεριά της κυματικής. Με την κατάλληλη επεξεργασία των μετρήσεων στο πείραμα περίθλασης από μονή σχισμή, οι μαθητές καθοδηγούνται για να καταλήξουν σε

έκφραση της Αρχής της Αβεβαιότητας. Σε αυτό το πείραμα επίσης, οι μαθητές εξηγούν το αποτέλεσμα πια, όχι μέσω της κυματικής φύσης του φωτός, αλλά και της σωματιδιακής. Το «άπλωμα» της δέσμης στην εικόνα περίθλασης, ερμηνεύεται ως αύξηση της αβεβαιότητας ορμής των φωτονίων, ως αποτέλεσμα της μείωσης της αβεβαιότητας θέσης που υπόκειται η δέσμη, κατά το πέρασμά της από τη σχισμή.

Η τρίτη (Γ') δραστηριότητα εστιάζει στις πυρηνικές ενέργειες ως αποτέλεσμα της Αρχής της Αβεβαιότητας (Τραχανάς, 2016). Εδώ οι μαθητές χρησιμοποιούν τα ευρήματα της προηγούμενης δραστηριότητας στην έκφραση της κινητικής ενέργειας και καθοδηγούνται ώστε να δείξουν την κινητική ενέργεια λόγω Αρχής της Αβεβαιότητας, όταν η αβεβαιότητα θέσης είναι τόσο μικρή, όσο οι ακτίνες των πυρήνων. Η καθοδήγηση επίσης εστιάζει σε υπολογισμούς τάξης μεγέθους ώστε να μην υπάρξει σύγχυση από την πολυπλοκότητα υπολογισμών ακριβείας. Στο τέλος οι μαθητές συγκρίνουν τις ενέργειες λόγω αρχής αβεβαιότητας, ανάλογα με το είδος των αντιδράσεων. Για τις πυρηνικές αντιδράσεις χρησιμοποιούν την ακτίνα του πυρήνα, ενώ στις χημικές αντιδράσεις χρησιμοποιούν την ακτίνα του ατόμου.

Η τελευταία (Δ') δραστηριότητα, εστιάζει στην ατομική σταθερότητα, όπου οι μαθητές καθοδηγούνται ώστε να απορρίψουν με επιχειρήματα τα προηγούμενα μοντέλα των ατόμων, όπως το πλανητικό μοντέλο, καθώς αδυνατούν να εξηγήσουν τη σταθερότητα της ύλης. Έτσι, αυτή έρχεται να εξηγηθεί φυσικά με βάση την Αρχή της Αβεβαιότητας, με την ισορροπία της δυναμικής ενέργειας των ατόμων, λόγω της ηλεκτρικής έλξης μεταξύ πυρήνα και ηλεκτρονίων, και της κινητικής ενέργειάς τους, λόγω της Αρχής της Αβεβαιότητας.

Οι Γ' και Δ' δραστηριότητες, περιλαμβάνουν στοιχεία από την ιστορία της επιστήμης όπως η ανάπτυξη της Big Science και του Manhattan Project. Οι μαθητές συνδέουν τη βασική επιστήμη με τις τεχνολογικές εφαρμογές και τα αποτελέσματα της χρήσης τους. Προβληματίζονται για τα τελευταία και τα αξιολογούν για τη σημερινή εποχή.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Στεφανίδου Κ. (2017). Η «Κοπεγχάγη» του Μάικλ Φρέυν: Μια θεατρική παράσταση ή εκπαίδευση για την πολιτειότητα; Πρακτικά 9^{ου} Πανελλήνιου Συνεδρίου Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, 11-13 Νοεμβρίου 2016, Αθήνα, σ. 407-415, ISBN-978-960-466-174-9.
- Τραχανάς, Σ. (2016). *Κβαντομηχανική Ι*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης
- Computing, I. F. (2021). *THE UNCERTAINTY PRINCIPLE*. Ontario, Canada: University of Waterloo.
- Frayn, M. (1998). *Copenhagen*. London: Anchor Books.
- Johnston, I.D, Crawford, K. & Fletcher, P.R (1998). Student difficulties in learning quantum mechanics. *International Journal of Science Education*, 20(4), 427-446. <http://doi.org/10.1080/0950069980200404>
- Krijtenburg-Lewerissa, K., Pol, H.J., Brinkman, A. & Van Joolingen, W.R (2017). Insights into teaching quantum mechanics in secondary and lower undergraduate education. *Physics Review Physics Education Research*, 13, 010109. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1701.01472>
- Rodriguez, L.V., Veen, J., Anjewierden, A., Berg, E. & Jong, T. (2020) Designing inquiry-based learning environments for quantum physics education in secondary schools. *Physics Education*, 55, 065026. <http://doi.org/10.1088/1361-6552/abb346>
- Stadermann, H. K. E, van den Berg, E. & Goedhart, M. J. (2019). Analysis of secondary school quantum physics curricula of 15 different countries: Different perspectives on a challenging topic. *Physics Review Physics Education Research*, 15, 010130. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010130>
- Stefanidou C. & Panagopoulou, M. (2019). Informal Science Education in the Footsteps of Galileo's Dialogue. *Advances in Historical Studies*, 8(5), 175-191. <https://doi.org/10.4236/ahs.2019.85013>