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

Μια Διδακτική Πρόταση Βασισμένη στη Διαμάχη για τη Φύση των Καθοδικών Ακτίνων

Αναστάσιος Βιδαλάκης, Κωνσταντίνα Στεφανίδου, Κωνσταντίνος Σκορδούλης, Ιωάννα Κατσιαμπούρα

doi: 10.12681/codiste.7696

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 21/01/2026 17:43:05

Διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης μέσω της Διαμάχης για τις Καθοδικές Ακτίνες: Μια Διδακτική Πρόταση

Αναστάσιος Βιδαλάκης[1], Κωνσταντίνα Στεφανίδου[2], Κωνσταντίνος Σκορδούλης[3] και Γιάννα Κατσιαμπούρα[4]

[1]Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας, MEd, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο,
[2]Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό, [3]Καθηγητής, [4]Επίκουρη Καθηγήτρια
[2,3,4]Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης,
Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
[1]*vidalakistasos1967@gmail.com*

Περίληψη

Η παρούσα εργασία προτείνει μια διδακτική παρέμβαση βασισμένη στην ιστορική διαμάχη για τη φύση των καθοδικών ακτίνων, με στόχο τη διδασκαλία της φύσης της επιστήμης (ΦτΕ) και τη βελτίωση της κατανόησης της επιστημονικής μεθοδολογίας. Η πρόταση επικεντρώνεται στην ανάλυση της διαμάχη για τη φύση των καθοδικών ακτίνων, αναδεικνύοντας την επίδραση επιστημονικών και κοινωνικών συνθηκών στην εξέλιξη της γνώσης, καθώς και τις «τυφλές» περιοχές που προκαλούν οι «σκληρές» υποθέσεις, όπως η αποκλειστική επιλογή κυματικής ή σωματιδιακής φύσης. Περιλαμβάνει φάσεις ιστορικού πλαισίου, εικονικών πειραμάτων, ανάλυσης δεδομένων και αναστοχασμού, με στόχο την κατανόηση της επιστημονικής μεθοδολογίας και την ενίσχυση του ενδιαφέροντος των μαθητών/τριών για την επιστήμη και την πρόοδό της.

Λέξεις κλειδιά: Επιστημονική διαμάχη, Ιστορία της Επιστήμης, καθοδικές ακτίνες, Φύση της Επιστήμης (ΦτΕ)

Teaching the Nature of Science through the Cathode Ray Controversy: A Teaching Proposal

Anastasios Vidalakis[1], Constantina Stefanidou[2], Constantine Skordoulis[3] and Gianna Katsiampoura[4]

[1]Science Teacher, MEd,
[2]Laboratory Teaching Staff, [3]Professor, [4]Assistant Professor,
[2,3,4]Department of Pedagogy and Primary Education,
National and Kapodistrian University of Athens
[1]vidalakistasos1967@gmail.com

Abstract

This paper presents a teaching approach based on the historical controversy over the nature of cathode rays, aiming to enhance students' understanding of the Nature of Science (NOS) and scientific methodology. The approach focuses on analyzing the debate regarding cathode rays, emphasizing how scientific and social conditions shape the development of knowledge and revealing the "blind spots" that arise from rigid assumptions, such as the exclusive classification of phenomena as either wave-like or particle-like. The intervention consists of phases including historical context, virtual experiments, data analysis, and reflection, with the goal of gaining a deeper comprehension of scientific inquiry, and promoting students' interest in science.

Keywords: Scientific controversy, History of Science, cathode rays, Nature of Science (NoS)

Αναγνωριστικό ψηφιακής εργασίας: https://doi.org/10.12681/codiste.7696

Εισαγωγή

Από τη δεκαετία του 1970, οι Σπουδές της Επιστήμης και Τεχνολογίας έχουν αναδείξει τη σημασία των επιστημονικών διαμαχών ως πολύτιμο εργαλείο κατανόησης βασικών επιστημονικών διαδικασιών που συχνά παραμένουν αθέατες (Pinch & Leuenberger, 2006). Η παρακολούθηση τέτοιων διαμαχών ενθαρρύνει την αμφισβήτηση και αξιολόγηση των υφιστάμενων υποθέσεων, συμβάλλει ώστε οι μαθητές/ήτριες να εξοικειωθούν με την ανάπτυξη νέων επιστημονικών θεωριών και καλλιεργεί το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών για τη Φύση της Επιστήμης (ΦτΕ) και της επιστημονικής έρευνας, εντός του εκάστοτε κοινωνικού και πολιτισμικού πλαισίου (Kipnis, 2001˙ Niaz, 2009˙ Skordoulis & Koutalis, 2013˙ Stefanidou & Vlachos, 2010).

Η διαμάχη για τη φύση των καθοδικών ακτίνων

Στα τέλη του 19ου αιώνα, η διαμάχη για τη φύση των καθοδικών ακτίνων αποτέλεσε σημαντικό ζήτημα στην επιστημονική κοινότητα, διχάζοντας τους φυσικούς για το αν οι ακτίνες αυτές ήταν σωματίδια ή κύματα στον αιθέρα. Γερμανοί επιστήμονες, όπως ο Hertz, ο Goldstein και ο Lenard, υποστήριζαν τη θεωρία του αιθέρα, θεωρώντας ότι οι καθοδικές ακτίνες ήταν κυματικές διαταραχές, βασιζόμενοι στην αδυναμία εκτροπής τους από ηλεκτροστατικά πεδία. Αντίθετα, Βρετανοί επιστήμονες, όπως ο W. Crookes και ο J.J. Thomson, υποστήριζαν τη σωματιδιακή φύση των ακτίνων (Falconer, 1987).

Το 1897, ο J.J. Thomson πραγματοποίησε πειράματα που επιβεβαίωσαν τη σωματιδιακή φύση των καθοδικών ακτίνων. Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων του, ο Thomson παρατήρησε την εκτροπή των ακτίνων τόσο από ηλεκτροστατικά όσο και από μαγνητικά πεδία και προσδιόρισε τον λόγο της μάζας προς το φορτίο (m/e). Κατέληξε ότι τα σωματίδια αυτά είχαν πολύ μικρή μάζα σε σχέση με οποιοδήποτε γνωστό ιόν. Ο Thomson τα ονόμασε "corpuscles", προτείνοντας ότι αυτά τα αρνητικά φορτισμένα σωματίδια υπήρχαν σε όλα τα άτομα, ανεξαρτήτως του τύπου αερίου στο σωλήνα κενού (Thomson, 1897).

Η επιστημονική κοινότητα αρχικά αντιστάθηκε στα συμπεράσματα του Thomson, ιδιαίτερα οι υποστηρικτές της θεωρίας του αιθέρα. Ωστόσο, η συνέπεια των αποτελεσμάτων του και οι περαιτέρω επαληθεύσεις από άλλους φυσικούς, όπως οι Kaufmann και Wiechert, οδήγησαν τελικά στην αποδοχή της ύπαρξης αυτών των σωματιδίων ως θεμελιώδη συστατικά της ύλης (Niaz, 2009).

Η παρουσίαση του ιστορικού πλαισίου της διαμάχης για τις καθοδικές ακτίνες βασίζεται σε διδακτικό μετασχηματισμό του ιστορικού περιεχομένου. Ενδεχόμενες αναφορές στον "αιθέρα" και άλλες θεωρίες της εποχής έχουν παραλειφθεί για να εστιάσει η διδασκαλία στη σύγχρονη κατανόηση των φαινομένων. Η επιλογή αυτή έγινε για λόγους διδακτικής απλότητας και καλύτερης εστίασης στους μαθησιακούς στόχους.

Η διαμάχη για τη φύση των καθοδικών ακτίνων αναδεικνύει την εξέλιξη της επιστημονικής γνώσης μέσω σύγκρουσης θεωριών και πειραματικής επαλήθευσης. Η ανακάλυψη των "corpuscles" από τον Thomson επιβεβαίωσε τη σωματιδιακή φύση των ακτίνων, θέτοντας τις βάσεις για τη σύγχρονη ατομική θεωρία και επηρεάζοντας τις μελλοντικές εργασίες των Rutherford και Bohr στην κατανόηση της δομής του ατόμου και την ανάπτυξη της κβαντικής θεωρίας.

Διδακτικοί Πλαίσιο και Στόχοι

Το νέο Πρόγραμμα Σπουδών για τη Φυσική Β' Λυκείου Γενικής Παιδείας (ΦΕΚ Β' 2913/2023) προβλέπει τη διδασκαλία στοιχείων Σύγχρονης Ατομικής και Πυρηνικής

Φυσικής, και συγκεκριμένα τη διδασκαλία του ηλεκτρονίου "από τον W.Crookes στον J.J. Thomson" καθώς και "την εξέλιξη των ιδεών πάνω στα ατομικά μοντέλα". Σε αυτό το πλαίσιο, η μελέτη της διαμάχης για τη φύση των καθοδικών ακτίνων βοηθά τους μαθητές/τριες να κατανοήσουν τη διαμόρφωση της ατομικής θεωρίας και τη συμβολή των πειραμάτων από τον Crookes έως τον Thomson στην κατανόηση της δομής της ύλης, προσεγγίζοντας την επιστήμη ως μια δυναμική ανθρώπινη δραστηριότητα. Παράλληλα, η διδακτική αυτή πρόταση δύναται να εφαρμοστεί και στη Γ' Λυκείου (Φυσική Κατεύθυνσης) στο πλαίσιο της εμβάθυνσης στις σύγχρονες θεωρίες του ατόμου. Προβλέπει διάρκεια 3 διδακτικών ωρών (1 ώρα για την 1η φάση, 1 ώρα για τη 2η και 3η φάση και 1 ώρα για την 4η φάση) και εντάσσεται πριν τη διδασκαλία του ηλεκτρονίου και της εξέλιξης των ατομικών μοντέλων.

Προτεινόμενη διδακτική πορεία

Η διδακτική πορεία για τη "Διαμάχη για τη φύση των καθοδικών ακτίνων" βασίζεται στη χρήση ιστορικών κειμένων, εικονικών πειραμάτων και κριτικής ανάλυσης, προκειμένου να ενισχύσει την κατανόηση της εξέλιξης της επιστημονικής σκέψης μέσω της διαμάχης μεταξύ κυματικής και σωματιδιακής θεωρίας. Η πορεία περιλαμβάνει τέσσερις διαδοχικές φάσεις:

1η Φάση: Ιστορικό πλαίσιο και θεωρίες

Οι μαθητές/ήτριες μελετούν σύντομα ιστορικά αποσπάσματα από επιστήμονες όπως οι P. Lenard, H. Hertz και J.J. Thomson, προκειμένου να κατανοήσουν τις διαφορετικές ερμηνείες της φύσης των καθοδικών ακτίνων. Μέσω καθοδηγούμενων ερωτήσεων κατανόησης και ανάλυσης, διερευνούν τη σημασία των υποθέσεων και της πειραματικής επαλήθευσης στην επιστημονική μεθοδολογία. Η εργασία πραγματοποιείται ατομικά, ώστε οι μαθητές/ήτριες να εξοικειωθούν με τις βασικές έννοιες και να αναπτύξουν κριτική σκέψη.

2η Φάση: Εικονικά πειράματα με καθοδικές ακτίνες

Οι μαθητές/ήτριες εκτελούν εικονικά πειράματα και παρατηρούν την εκτροπή των καθοδικών ακτίνων από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία. Ενδεικτικά, αξιοποιούνται οι εξής διαδικτυακές προσομοιώσεις:

- Ηλεκτρικό πεδίο και Μαλτέζικος σταυρός (Vascak.cz)
- Εκτροπή καθοδικών ακτίνων σε μαγνητικό πεδίο (Vascak.cz)
- Πηνίο Helmoholtz (Vascak.cz)
- Πείραμα Thomson (Seilias.gr)

Οι μαθητές/ήτριες καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους, συγκρίνουν τα αποτελέσματά τους με τα ιστορικά δεδομένα και συζητούν ποια θεωρία υποστηρίζεται από τα πειραματικά ευρήματα. Στη συνέχεια, αναλύουν πώς οι διαφορετικές ερμηνείες της εποχής οδήγησαν στη σύγκρουση θεωριών.

3η Φάση: Ανάλυση δεδομένων και διασταύρωση θεωριών

Οι μαθητές/ήτριες αναλύουν πειραματικά δεδομένα μέσω φύλλων εργασίας με έτοιμες μετρήσεις, συγκρίνοντας τα αποτελέσματά τους με τις παρατηρήσεις του Thomson. Εφαρμόζουν υπολογισμούς για τον λόγο μάζας προς φορτίο (m/e) για να κατανοήσουν πώς ο Thomson κατέληξε στην ύπαρξη των "corpuscles" (ηλεκτρονίων). Εξετάζουν επίσης άλλες θεωρίες, όπως αυτή του Crookes, και συγκρίνουν πώς τα δεδομένα επαλήθευσαν τη σωματιδιακή φύση των ακτίνων. Η εργασία γίνεται ομαδικά, ενισχύοντας τη συνεργασία και την κριτική ανάλυση.

4η Φάση: Αναστοχασμός

Οι μαθητές/τριες εξετάζουν πώς οι προκαταλήψεις κα οι θεωρητικές πεποιθήσεις επηρεάζουν την ερμηνεία των δεδομένων. Συζητούν τον ρόλο του πειράματος στις επιστημονικές διαμάχες και πώς η επιστημονική κοινότητα κατέληξε στην αποδοχή της σωματιδιακής φύσης των καθοδικών ακτίνων, οδηγώντας στην ανακάλυψη του ηλεκτρονίου. Η συζήτηση συντονίζεται από τον εκπαιδευτικό μέσω στοχευμένων ερωτήσεων και ομαδικού διαλόγου. Συμπερασματικά, η επιστήμη αποτελεί μια διαρκώς εξελισσόμενη διαδικασία, που βασίζεται σε εμπειρικά δεδομένα, θεωρητικές συγκρούσεις και την αλληλεπίδραση με το κοινωνικοϊστορικό πλαίσιο.

Βιβλιογραφία

Falconer, I. (1987). *Corpuscles, electrons and cathode rays: J.J. Thomson and the 'Discovery of the electron'. The British Journal for the History of Science, 20*(3), 241-276. https://www.jstor.org/stable/4026358

Kipnis, N. (2001). Scientific controversies in teaching science: The case of Volta. Στο F. Bevilacqua, E. Giannetto, & M. R. Matthews (Επιμ.), *Science education and culture,* σ. 255-271. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-010-0730-6_17

Niaz, M. (2009). Progressive transitions in chemistry teachers' understanding of nature of science based on historical controversies. *Science & Education*, *18*(1), 43–65. https://doi.org/10.1007/s11191-007-9082-x

Pinch, T., & Leuenberger, C. (2006). *Studying scientific controversy from the Science and Technology Studies (STS) perspective.* Paper presented at the EASTS Conference "Science Controversy and Democracy". Ανακτήθηκε από https://www.researchgate.net/publication/265245795_Studying_Scientific_Controversy_from_the_STS_Perspective

Seilias.gr (2024). Διαδικτυακές Προσομοιώσεις Φυσικής: *Πείραμα Thomson*. https://www.seilias.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=734&Itemid=32

Skordoulis, C. D., Koutalis, V. (2013). Investigating the Historical Development of the Concept of Matter: Controversies About/In Ancient Atomism. Στο: G. Tsaparlis, H. Sevian (Επιμ.) *Concepts of Matter in Science* Education. Innovations in Science Education and Technology, τ. 19. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-5914-5_22

Stefanidou, C., & Vlachos, I. (2010). Could scientific controversies be used as a tool for teaching science in compulsory education? The results of a pilot research based on the Galileo–Del Monte controversy about the motion of the pendulum. Στο P. V. Kokkotas, K. S. Malamitsa, & A. A. Rizaki (Επιμ.), *Adapting historical science knowledge production to the classroom,* σ. 230-248. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers. ISBN: 978-94-6091-349-5. https://doi.org/10.1007/978-94-6091-349-5_17

Thomson, J. J. (1897). XL. Cathode Rays. *The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 44*(269), 293–316. https://doi.org/10.1080/14786449708621070

Vascak.cz (2024). Διαδικτυακές Προσομοιώσεις Φυσικής.
https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=elplyn_maltezsky_kriz&l=gr
https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?f=elplyn_magnet_elektron&l=cz
https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=mag_wehnelt&l=gr