

Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 14, Αρ. 2 (2026)

Πρακτικά 14ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

14°

**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 Άννας 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.enepht.gr

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

*Αναστάσιος Βιδαλάκης, Κωνσταντίνα Στεφανίδου,
Κωνσταντίνος Σκορδούλης, Γιάννα Κατσιαμπούρα*

doi: [10.12681/codiste.9792](https://doi.org/10.12681/codiste.9792)

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

**Αναστάσιος Βιδαλάκης¹, Κωνσταντίνα Στεφανίδου²,
Κωνσταντίνος Σκορδούλης³ και Γιάννα Κατσιαμπούρα⁴**

¹Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας, MEd, Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο,
²Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό, ³Καθηγητής, ⁴Επίκουρη Καθηγήτρια
^{2,3,4}Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης,
Εθνικό και 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 διαμάχης 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 Vidalakis¹, Constantina Stefanidou²,
Constantine Skordoulis³ and Gianna Katsiampoura⁴**

¹Science Teacher, Med, ²Laboratory Teaching Staff, ³Professor, ⁴Assistant Professor,
¹Hellenic Open University, ^{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: cathode rays, History of Science, Nature of Science (NoS), Scientific controversy

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 2913/3-5-2023) 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 1^η φάση, 1 ώρα για τη 2^η και 3^η φάση και 1 ώρα για την 4^η 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:

1^η Φάση: Ιστορικό πλαίσιο και θεωρίες

Οι μαθητές/ήτριες μελετούν σύντομα ιστορικά αποσπάσματα επιστημονικών κειμένων των W. Crookes, H. Hertz, P. Lenard, και J.J. Thomson, προκειμένου να κατανοήσουν τις διαφορετικές ερμηνείες της φύσης των καθοδικών ακτίνων. Η σειρά αυτή ακολουθεί τη χρονολογική και επιχειρηματολογική εξέλιξη της διαμάχης: ξεκινά από τις πρώιμες παρατηρήσεις του Crookes και καταλήγει στην πειραματική τεκμηρίωση της σωματιδιακής φύσης από τον Thomson. Με αυτόν τον τρόπο, οι μαθητές/ήτριες παρακολουθούν πώς μεταβάλλεται η επιστημονική σκέψη μέσα από τις αντιπαραθέσεις και τα τεκμήρια κάθε εποχής.

Η εργασία πραγματοποιείται ατομικά, ώστε οι μαθητές/ήτριες να εξοικειωθούν με τις βασικές έννοιες, να ασκηθούν στην κριτική ανάλυση πηγών και να κατανοήσουν την επιστημονική σκέψη του 19^{ου} αιώνα μέσα από τα λόγια των ίδιων των επιστημόνων.

Μέσω καθοδηγούμενων ερωτήσεων κατανόησης και ανάλυσης, διερευνούν τη σημασία των υποθέσεων και της πειραματικής επαλήθευσης στην επιστημονική μεθοδολογία και εξετάζουν πτυχές της Φύσης της Επιστήμης, όπως η θεωρητική προκατάληψη, η πολλαπλότητα ερμηνειών των δεδομένων και ο ρόλος των κοινωνικών παραμέτρων στη διαμόρφωση της γνώσης.

Καλούνται να εντοπίσουν:

- Τι υποστηρίζει ο κάθε επιστήμονας για τη φύση των καθοδικών ακτίνων,
- Ποια πειραματικά ευρήματα επικαλείται και ποια επιχειρηματολογία χρησιμοποιεί,
- Πώς επηρεάζει η θεωρητική του αφετηρία την ερμηνεία του.

Η φάση αυτή ενισχύει την κατανόηση των μαθητών/τριών για τη σύνδεση θεωρίας και παρατήρησης, τη σημασία των θεωρητικών πλαισίων και τον ρόλο των επιστημονικών αντιπαραθέσεων στην εξέλιξη της γνώσης. Παράλληλα, καλλιεργεί δεξιότητες ιστορικής ερμηνείας και κριτικής σκέψης.

2η Φάση: Εικονικά πειράματα με καθοδικές ακτίνες

Οι μαθητές/ήτριες, εργαζόμενοι σε ομάδες, εκτελούν εικονικά πειράματα και παρατηρούν τη συμπεριφορά των καθοδικών ακτίνων υπό την επίδραση ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων. Η διερεύνηση ξεκινά από την παρατήρηση της σκιάς στον σωλήνα Crookes, συνεχίζεται με την εκτροπή της δέσμης από μαγνητικά πεδία, την κυκλική τροχιά σε ομογενές πεδίο και ολοκληρώνεται με τη χρήση ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων για τον προσδιορισμό του λόγου m/e . Η αλληλουχία αυτή εξυπηρετεί τόσο τη διδακτική ροή όσο και τη σύνδεση με τα ιστορικά πειραματικά δεδομένα της 1ης φάσης.

Αξιοποιούνται οι εξής διαδικτυακές προσομοιώσεις:

- [Ηλεκτρικό πεδίο και Μαλτέζικος σταυρός \(Vascak.cz\)](#)
- [Εκτροπή καθοδικών ακτίνων σε μαγνητικό πεδίο \(Vascak.cz\)](#)
- [Πηνίο Helmholtz \(Vascak.cz\)](#)
- [Πείραμα Thomson \(Seilias.gr\)](#)

Κάθε προσομοίωση εστιάζει σε διαφορετική πτυχή της φύσης των καθοδικών ακτίνων και της σχετικής θεωρητικής επιχειρηματολογίας. Οι μαθητές/ήτριες καλούνται:

- Να παρατηρήσουν τη συμπεριφορά της δέσμης σε διαφορετικές διατάξεις,
- Να συγκρίνουν τα αποτελέσματα με τις θεωρίες που έχουν μελετήσει,
- Να εντοπίσουν ποια θεωρία (σωματιδιακή ή κυματική) υποστηρίζεται από κάθε φαινόμενο,
- Να αναγνωρίσουν πειραματικά τεκμήρια που είναι αμφίσημα, δηλαδή επιδεκτικά πολλαπλών ερμηνειών ανάλογα με τις θεωρητικές παραδοχές.
- Να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους και συγκρίνουν τα αποτελέσματά τους με τα ιστορικά δεδομένα,

Ενδεικτικά, η παρατήρηση σκιάς πίσω από τον σταυρό υποστηρίζει τη σωματιδιακή φύση, ενώ η απουσία φαινομένων περίθλασης μπορεί να οφείλεται είτε στη φύση της δέσμης είτε στους περιορισμούς της εποχής. Η διερεύνηση τέτοιων πειραμάτων ενισχύει την κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης, ιδιαίτερα ως προς τον ρόλο της θεωρίας στην ερμηνεία των δεδομένων.

Στο τέλος της φάσης, οι μαθητές/ήτριες συνοψίζουν τα ευρήματά τους σε πίνακα, ενισχύοντας τη μεταγνωστική επεξεργασία και τη συγκριτική αξιολόγηση των θεωριών.

3^η 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.

Τα πειραματικά δεδομένα που χρησιμοποιούνται προέρχονται από τις αυθεντικές μετρήσεις του J.J. Thomson. Για λόγους διδακτικής αξιοποίησης, οι τιμές έχουν μετατραπεί στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) όπου κρίθηκε απαραίτητο, ώστε να διευκολυνθεί ο υπολογισμός και η κατανόηση των φυσικών μεγεθών από τους μαθητές/ήτριες.

Με βάση τα πειραματικά δεδομένα, οι μαθητές/ήτριες:

- Εφαρμόζουν σχέσεις για τον υπολογισμό της ταχύτητας των καθοδικών ακτίνων και του λόγου m/e .
- Συγκρίνουν τις τιμές που υπολογίζουν με τη σύγχρονη αποδεκτή τιμή.
- Εντοπίζουν ποιες πειραματικές συνθήκες παραμένουν σταθερές και ποιες μεταβάλλονται.
- Συσχετίζουν τη σταθερότητα του m/e με την έννοια της καθολικότητας του ηλεκτρονίου.
- Ερμηνεύουν γιατί η ταχύτητα των καθοδικών ακτίνων αποκλείει την κυματική φύση.
- Συγκρίνουν τη θεωρία του Crookes με τα πορίσματα του Thomson, με βάση τα ποσοτικά αποτελέσματα.
- Συζητούν τη σημασία των μετρήσεων και της επαναληψιμότητας για την επιστημονική τεκμηρίωση.
- Αξιολογούν πώς η πειραματική μέθοδος του Thomson προσέφερε νέα στοιχεία στη θεωρητική ερμηνεία των καθοδικών ακτίνων.

Η φάση ενισχύει τη μεθοδολογική κατανόηση, την κριτική αποτίμηση θεωριών και την καλλιέργεια της επιστημονικής επιχειρηματολογίας. Παράλληλα, αναδεικνύει ότι η συνέπεια των μετρήσεων είναι συχνά πιο κρίσιμη από την απόλυτη ακρίβεια σε πρώιμα στάδια της επιστημονικής διερεύνησης. Παρόλο που οι τιμές του λόγου m/e ήταν ποσοτικά ανακριβείς σύμφωνα με τα σημερινά πρότυπα, η σταθερότητα των τιμών επέτρεψε στον Thomson να αναγνωρίσει ένα επαναλαμβανόμενο μοτίβο. Αυτό καταδεικνύει ότι μπορούν να εξαχθούν σημαντικά θεωρητικά συμπεράσματα ακόμη και από «ατελή» δεδομένα, όταν η ερμηνεία τους γίνεται με επιστημονική συνέπεια και τεκμηρίωση.

Οι μαθητές/ήτριες συζητούν, μεταξύ άλλων, ερωτήματα όπως:

- Τι σημαίνει ο υπολογισμένος λόγος m/e για τη φύση των καθοδικών ακτίνων;
- Μπορεί το ίδιο πείραμα να υποστηρίξει διαφορετικές θεωρίες, ανάλογα με την ερμηνεία;

4^η Φάση: Αναστοχασμός

Οι μαθητές/ήτριες εξετάζουν πώς οι προκαταλήψεις και 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.

Οι μαθητές/ήτριες επανεξετάζουν τις θεωρίες, τις πειραματικές διατάξεις και τα αποτελέσματα που μελέτησαν στις προηγούμενες φάσεις, με σκοπό να αναστοχαστούν πάνω στον τρόπο με τον οποίο παράγεται, τεκμηριώνεται και εξελίσσεται η επιστημονική γνώση. Εστιάζουν στον ρόλο των θεωρητικών πεποιθήσεων, των πειραματικών δεδομένων και του κοινωνικοϊστορικού πλαισίου στην ερμηνεία των φαινομένων.

Η αντιπαράθεση ήταν όχι μόνο επιστημονική αλλά και πολιτισμική, καθώς εκδηλωνόταν στο πλαίσιο διαφορετικών επιστημονικών παραδόσεων και εθνικών κοινοτήτων, όπως η βρετανική έμφαση στην πειραματική παρατήρηση έναντι της γερμανικής προσήλωσης στη θεωρητική ερμηνεία.

Η συζήτηση συντονίζεται από τον εκπαιδευτικό με τη χρήση στοχευμένων ερωτήσεων που αναδεικνύουν πτυχές της Φύσης της Επιστήμης, όπως:

- η θεωρητική προκατάληψη,
- η δυνατότητα πολλαπλών ερμηνειών στα ίδια δεδομένα,
- η σημασία των κοινωνικών και πολιτισμικών συμφραζομένων.

Οι μαθητές/ήτριες συγκρίνουν τις βασικές θεωρίες που αναδείχθηκαν στην ιστορική διαμάχη (Crookes, Hertz, Lenard, Thomson), αξιολογούν τα επιχειρήματα και τα δεδομένα που υποστηρίζουν ή αντικρούουν καθεμία και διαμορφώνουν μια συνολική εικόνα για τον τρόπο που η επιστήμη μεταβαίνει από τη διαφωνία στη συναίνεση. Δημιουργούν συγκριτικό πίνακα με τα πειραματικά επιχειρήματα, τα θεωρητικά συμπεράσματα και τις ενστάσεις κάθε επιστήμονα, και διερευνούν πώς οι διαφωνίες και οι εναλλακτικές ερμηνείες συνέβαλαν στην πρόοδο της επιστήμης.

Συμπερασματικά, η επιστήμη δεν προκύπτει μόνο από την παρατήρηση, αλλά αποτελεί μια εξελισσόμενη διαδικασία που περιλαμβάνει θεωρητικές συγκρούσεις, αμφισβητήσεις, επανερμηνείες, και επηρεάζεται από τις τεχνολογικές δυνατότητες και τις πολιτισμικές συνθήκες της κάθε εποχής. Μέσα από τη δραστηριότητα αυτή, οι μαθητές/ήτριες κατανοούν βαθύτερα τον δυναμικό και πολύπλοκο χαρακτήρα της επιστημονικής γνώσης και ενισχύουν τη μεταγνώση τους για τη Φύση της Επιστήμης.

Συζητούν τις «τυφλές» περιοχές της σκέψης και τα θεωρητικά φίλτρα μέσω των οποίων ερμηνεύονται τα δεδομένα. Η συζήτηση καθοδηγείται από τον εκπαιδευτικό, ο οποίος εστιάζει σε ερωτήματα όπως: «Γιατί ήταν τόσο δύσκολο να συμφωνήσουν οι επιστήμονες;», «Τι ρόλο έπαιξαν οι θεωρητικές προσδοκίες τους;», «Θα μπορούσαν να έχουν σκεφτεί και μια τρίτη λύση;».

Στο τέλος, προτείνεται η δημιουργία ενός συγκριτικού πίνακα από τους μαθητές με τα επιχειρήματα και τις ερμηνείες των δύο «στρατοπέδων» (σωματιδιακή και κυματική προσέγγιση) και μια καταληκτική συζήτηση όπου αναδεικνύεται ότι η επιστήμη δεν οδηγείται πάντα γραμμικά στη «σωστή απάντηση», αλλά εξελίσσεται μέσω συγκρούσεων, αμφιβολιών και αναθεωρήσεων.

Ενδεικτικές ερωτήσεις που χρησιμοποιούνται:

«Τι συμπεράσματα μπορείτε να εξαγάγετε για τον τρόπο με τον οποίο εξελίσσεται η επιστημονική γνώση μέσω διαφωνιών, παρατηρήσεων και θεωρητικών πλαισίων;»

«Αν ήσασταν στη θέση ενός επιστήμονα εκείνης της εποχής, ποια θεωρία θα υποστηρίζατε και γιατί;»

«Θα επηρεαζόσασταν από την εθνικότητα, τη φήμη των επιστημόνων ή μόνο από τα δεδομένα;»

«Πώς σας επηρέασε η επαφή με διαφορετικές απόψεις για το ίδιο φαινόμενο; Άλλαξε ο τρόπος που σκέφτεστε την επιστήμη ή τους επιστήμονες;»

«Πώς νομίζετε ότι συμβάλλουν οι επιστημονικές διαμάχες (όπως αυτή για τις καθοδικές ακτίνες) στην πρόοδο της επιστημονικής γνώσης; Θα μπορούσε η επιστήμη να προχωρά χωρίς διαφωνίες;»

«Αν έπρεπε να εξηγήσετε σε κάποιον τι είναι «η Φύση της Επιστήμης», ποιο στοιχείο από αυτή την ενότητα θα επιλέγατε να του δείξετε και γιατί;»

Η φάση καταλήγει σε μια επιστημολογική γενίκευση: η επιστημονική γνώση δεν συγκροτείται μόνο με βάση δεδομένα, αλλά εξαρτάται από θεωρητικά πλαίσια, ιστορικές συνθήκες και κοινωνικές προσδοκίες. Η επαφή των μαθητών με διαφορετικές προσεγγίσεις ενισχύει την κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης και τους βοηθά να αναπτύξουν μια ώριμη και κριτική στάση απέναντι στην παραγωγή της επιστημονικής γνώσης.

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*, 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*.
https://www.researchgate.net/publication/265245795_Studying_Scientific_Controversy_from_the_STS_Perspective
- Seilias.gr (2024). *Πείραμα Thomson*.
- Skordoulis, C.D., Koutalis, V. (2013). Investigating the Historical Development of the Concept of Matter: Controversies About/In Ancient Atomism. Στο: G. Tsaparlis, H. Sevan (Επιμ.) *Concepts of Matter in Science Education. Innovations in Science Education and Technology*, 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*, 229-248. Rotterdam, The Netherlands: Sense Publishers. ISBN: 978-94-6091-349-5
- Thomson, J. J. (1897). *Cathode rays*. *The Philosophical Magazine*, 44, 293- 316.
<https://doi.org/10.1080/14786449708621070>
- Vascak.cz (2024). Διαδικτυακές Προσομοιώσεις Φυσικής.