

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

Τόμ. 13 (2024)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: ΠΡΑΚΤΙΚΑ

13<sup>ο</sup> ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Νέες Τάσεις και Έρευνα στη Μάθηση, τη Διδασκαλία  
και τις Τεχνολογίες στις Φυσικές Επιστήμες

10 - 12 Νοεμβρίου 2023



## ΠΡΑΚΤΙΚΑ

Επιμέλεια έκδοσης:

Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης, Γεώργιος Στύλος,

Γεωργία Βακάρου, Λεωνίδα Γαβριλάς, Δημήτρης Πανάγου

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ  
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ  
ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ  
ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ



Ιωάννινα  
10 έως 12 Νοεμβρίου 2023



Ιστορικά επιστημονικά όργανα στη μη-τυπική εκπαίδευση και οι δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί στην αξιοποίησή τους

Μαρία Παναγοπούλου, Κωνσταντίνα Στεφανίδου,  
Κωνσταντίνος Σκορδούλης

doi: [10.12681/codiste.6938](https://doi.org/10.12681/codiste.6938)

# ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ ΣΤΗ ΜΗ-ΤΥΠΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΟΙ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΠΟΥ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΖΟΥΝ ΟΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟΙ ΣΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥΣ

Μαρία Παναγοπούλου<sup>1</sup>, Κωνσταντίνα Στεφανίδου<sup>2</sup>, Κωνσταντίνος Σκορδούλης<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Μεταπτυχιακή φοιτήτρια ΠΤΔΕ ΕΚΠΑ, <sup>2</sup>Μέλος ΕΔΙΠ ΠΤΔΕ ΕΚΠΑ, <sup>3</sup>Καθηγητής ΠΤΔΕ ΕΚΠΑ

[mariapan1997@gmail.com](mailto:mariapan1997@gmail.com)

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το πείραμα συμβάλει με πολλούς τρόπους τόσο στη παραγωγή νέας επιστημονικής γνώσης όσο και στην εκπαίδευση. Τα σύγχρονα επιστημονικά όργανα συχνά αποτελούν «μαύρα κουτιά». Έχουν χάσει την διαφάνεια, αισθητική και εύληπτη αρχή λειτουργίας των προκατόχων τους. Ταυτόχρονα, ενώ η εισαγωγή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας της Επιστήμης στην εκπαίδευση υποστηρίζεται από την επιστημονική κοινότητα, φαίνεται πως υπάρχουν εμπόδια στην αξιοποίησή της από τους εκπαιδευτικούς. Στην παρούσα εργασία επιχειρείται η ανάδειξη των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν οι εκπαιδευτικοί στον σχεδιασμό δραστηριοτήτων που αξιοποιούν ιστορικά επιστημονικά όργανα στο πλαίσιο της μη-τυπικής εκπαίδευσης καθώς και ο βαθμός στον οποίο μπορούν να τις πλαισιώσουν ιστορικά.

Λέξεις κλειδιά: ιστορικά επιστημονικά όργανα, Ιστορία της Επιστήμης, επιμόρφωση εκπαιδευτικών

## HISTORICAL SCIENTIFIC INSTRUMENTS IN NON-FORMAL EDUCATION AND THE DIFFICULTIES FACED BY EDUCATORS IN USING THEM

Maria Panagopoulou<sup>1</sup>, Constantina Stefanidou<sup>2</sup>, Constantine Skordoulis<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Master student Department of Primary Education NKUA, <sup>2</sup> Faculty member Department of Primary Education NKUA, Institution, <sup>3</sup> Professor Department of Primary Education NKUA

[mariapan1997@gmail.com](mailto:mariapan1997@gmail.com)

## ABSTRACT

*Experiments contribute in many ways both to the production of new scientific knowledge and to education. Modern scientific instruments often constitute “black boxes”. They are less aesthetically pleasing, transparent and easily understood compared to their predecessors. At the same time, while introducing History and Philosophy of Science in education is supported by the scientific community, it seems that there are obstacles in its utilization by educators. This paper attempts to highlight the difficulties faced by teachers in creating activities that incorporate historical scientific instruments in a non-formal education setting as well as the extent to which they can contextualize them historically.*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η σημασία των πειραμάτων για την εκπαίδευση των Φυσικών Επιστημών είναι βιβλιογραφικά τεκμηριωμένη, ωστόσο συχνά εκπαιδευτικοί και μαθητές παραγνωρίζουν τη σημασία των οργάνων που χρησιμοποιούνται για την εκτέλεση τους. Με την εξέλιξη της τεχνολογίας και τη μαζική παραγωγή τα επιστημονικά όργανα μετατράπηκαν σε αδιαφανή, ακατανόητα και χαμηλής αισθητικής «μαύρα κουτιά» (Milne, 2019), που δίνουν τη δυνατότητα ακόμα και σε άπειρους ερευνητές να εκτελέσουν μετρήσεις μεγάλης ακρίβειας χωρίς όμως να ξέρουν ή να μπορούν να καταλάβουν τον τρόπο λειτουργίας τους (Baird, 2004· Gelpi, 2009· Resnick et al., 2000). Ομοίως εκπαιδευτικοί και μαθητές τα αποδέχονται ως αξιόπιστα και τα χρησιμοποιούν μόνο για τη λήψη δεδομένων με στόχο τη μελέτη ενός ανεξάρτητου φυσικού νόμου (Latour, 1987· Milne, 2019).

Την ίδια στιγμή, καταγεγραμμένες προσπάθειες εκπαιδευτικής αξιοποίησης ιστορικών επιστημονικών οργάνων δείχνουν θετικά αποτελέσματα μεταξύ άλλων ως προς το κίνητρο, τη κριτική σκέψη ακόμα και τη δημιουργικότητα των μαθητών (Alisir, 2020· Cavicchi, 2008· Lazos et al., 2021· Resnick et al., 2000). Η αξιοποίηση τους όμως παρουσιάζει αρκετές δυσκολίες αφού είναι δυσεύρετα ή/και ακριβά και συχνά δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για λόγους ασφάλειας ή για τη καλύτερη διατήρηση του οργάνου. Έχουν γίνει αρκετές προσπάθειες για να ξεπεραστούν αυτοί οι περιορισμοί. Μεταξύ άλλων προσεγγίσεων είναι και η ανακατασκευή ιστορικών επιστημονικών οργάνων (από εκπαιδευτικούς ή/και μαθητές). Αν και αυτή η προσέγγιση (Heering, 2006) προωθεί την απόκτηση δεξιοτήτων σχετικών με την επιστήμη και την κατανόηση των συνθηκών που επηρεάζουν τον σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός πειράματος δεν προσφέρεται για ευρεία εφαρμογή σε σχολικές τάξεις (Metz & Stinner, 2007). Εναλλακτική αυτής της προσέγγισης αποτελεί η αναπαράσταση ιστορικών επιστημονικών οργάνων με καθημερινά υλικά.

Η εισαγωγή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας της Επιστήμης στην εκπαίδευση υποστηρίζεται από την επιστημονική κοινότητα για αρκετούς λόγους, μεταξύ των οποίων είναι και η βαθύτερη κατανόηση της Φύσης της Επιστήμης (Matthews, 2015· Stefanidou et al., 2020· Stefanidou & Skordoulis, 2017). Παρά τις προσπάθειες και τα προσδοκώμενα αποτελέσματα από την ιστορική πλαισίωση εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων φαίνεται πως οι εκπαιδευτικοί δυσκολεύονται να την ενσωματώσουν στην διδασκαλία τους. Ο ρόλος των εκπαιδευτικών για την εισαγωγή της Ιστορίας της Επιστήμης στην εκπαίδευση και την αξιοποίηση των ιστορικών επιστημονικών οργάνων σε αυτήν είναι κρίσιμος. Αποτελούν τους βασικούς σχεδιαστές εκπαιδευτικού υλικού, αφού έχουν λάβει επίσημη εκπαίδευση για αυτό, ενώ η επιλογή δραστηριοτήτων της μη τυπικής εκπαίδευσης, στις οποίες θα συμμετάσχουν οι μαθητές/τριες, επηρεάζεται από τις απόψεις τους για τη σημασία και την εκπαιδευτική αξία της εκάστοτε δράσης. Ταυτόχρονα, η επιμόρφωση τους, στην εκπαιδευτική αξιοποίηση ιστορικών επιστημονικών οργάνων, τους δείχνει νέους τρόπους για να διδάξουν φυσικά φαινόμενα κινητοποιώντας το ενδιαφέρον των μαθητών και αναδεικνύει τη σημασία του ιστορικού πλαισίου για την διδασκαλία πτυχών της Φύσης της Επιστήμης (Heering, 2009).

Σε αυτό το πλαίσιο προκύπτουν τα παρακάτω ερευνητικά ερωτήματα:

1. Σε ποιο βαθμό μπορούν οι εκπαιδευτικοί να αξιοποιήσουν ιστορικά επιστημονικά όργανα για τη διδασκαλία φαινομένων που σχετίζονται με τις αρχές λειτουργίας τους στη μη-τυπική εκπαίδευση και τι δυσκολίες αντιμετωπίζουν;
2. Σε ποιο βαθμό μπορούν οι εκπαιδευτικοί να συμπεριλάβουν το ιστορικό ή/και κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο κατά την εκπαιδευτική αξιοποίηση ιστορικών επιστημονικών οργάνων στη μη-τυπική εκπαίδευση;

## ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την προσέγγιση των παραπάνω ερωτημάτων σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε μία ημερίδα που απευθυνόταν σε εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η ημερίδα είχε τίτλο «Ιστορικά επιστημονικά όργανα στην εκπαίδευση», πραγματοποιήθηκε στις 16 Οκτωβρίου 2022, στο Μαράσλειο Διδασκαλείο και διήρκεσε συνολικά επτά ώρες και τριάντα λεπτά. Κατά τη διάρκεια αυτής της ημερίδας οι συμμετέχοντες έλαβαν μέρος σε εργαστήρια, παρουσιάσεις και συζητήσεις για την εκπαιδευτική αξιοποίηση των ιστορικών επιστημονικών οργάνων. Δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στη διδασκαλία φαινομένων που σχετίζονται με την αρχή λειτουργίας των οργάνων και στη σημασία της ιστορικής πλαισίωσης μιας εκπαιδευτικής δραστηριότητας για την ανάδειξη πτυχών της Φύσης της Επιστήμης μέσω συγκεκριμένων παραδειγμάτων.

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ  
Εθνικών και Καποδιστριακών  
Πανεπιστημίων Αθηνών  
— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —  
Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης  
Εργαστήριο Διδακτικής & Επιστημολογίας Φυσικών Επιστημών και Εκπαιδευτικών  
Τεχνολογιών

**ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΑ ΟΡΓΑΝΑ  
ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ**  
Σεμινάριο εκπαιδευτικών  
Κυριακή 16 Οκτωβρίου 2022  
Μαράσλειο Διδασκαλείο, Μαρασλή 4 Αθήνα

**Πρόγραμμα**

09.30-10.00	Καλωσόρισμα και εισαγωγή
10.00-10.30	Ο παλιός είναι αλλιώς...
10.30-11.00	Πάρτε ιδέες
11.00-11.30	Καφές
11.30-12.30	Θερμό "μετρο"
12.30-13.30	Εκκρεμές
13.30-14.00	Ελαφρύ γεύμα
14.00-16.00	Αποτύπωση ιδεών
16.00-16.30	Παρουσιάσεις
16.30-17.00	Βεβαιώσεις παρακολούθησης

Εγγραφείτε συμπληρώνοντας [αυτό το ερωτηματολόγιο](#)

 **ΕΛΙΔΕΚ.**  
Ελληνικό Ίνστιτούτο Έρευνας & Κατάρτισης



Κατά τη διάρκεια της ημερίδας, οι συμμετέχοντες συνέκριναν ιστορικά επιστημονικά όργανα με τα αντίστοιχα σύγχρονα και συζήτησαν τα πιθανά οφέλη αλλά και εμπόδια της εκπαιδευτικής αξιοποίησής τους. Εξοικειώθηκαν με τρόπους με τους οποίους μπορούν να αξιοποιήσουν εκπαιδευτικά τα ιστορικά όργανα, δεδομένου ότι δεν έχουν άμεση πρόσβαση σε αυτά, ενώ μεταξύ αυτών δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στην χρήση καθημερινών υλικών για την δημιουργία κατασκευών που αναπαριστούν τα όργανα και την αρχή λειτουργίας τους. Είδαν και συζήτησαν παραδείγματα δράσεων που αξιοποίησαν με επιτυχία ιστορικά επιστημονικά όργανα στην μη τυπική εκπαίδευση και τους διάφορους τρόπους με τους οποίους αυτές πλαισιώθηκαν

ιστορικά. Αναφέρθηκε επίσης πως κάποια ιστορικά όργανα δεν ενδείκνυνται για εφαρμογή με μαθητές ή/και το ευρύ κοινό συχνά για λόγους ασφάλειας όχι μόνο του οργάνου αλλά και των εκπαιδευόμενων.

Οι δραστηριότητες που πραγματοποιήθηκαν στην επιμόρφωση συμπεριλάμβαναν συγκεκριμένα ιστορικά επιστημονικά όργανα ως παραδείγματα. Τα όργανα αυτά ήταν η ζυγαριά (ισορροπίας και ελατηρίου), το θερμόμετρο (θερμοσκόπιο, απλό θερμόμετρο, θερμόμετρο του Breguet, θερμόμετρο του Γαλιλαίου) και το εκκρεμές (απλό εκκρεμές, ρολόι με εκκρεμές, εκκρεμές του Foucault). Βασικό κριτήριο για την επιλογή των οργάνων αποτέλεσαν οι απλές αρχές λειτουργίας τους ώστε να μπορούν να αξιοποιηθούν από όλους τους εκπαιδευτικούς, ανεξαρτήτως γνωστικού υποβάθρου και βαθμίδας. Άλλα κριτήρια ήταν η ιστορική τους σημασία (καθώς αφορούν τη μέτρηση θεμελιωδών μεγεθών), η δυνατότητα αξιοποίησής τους στην εκπαίδευση (μιας και είναι ασφαλή στη χρήση) και η ύπαρξη απλών κατασκευών με καθημερινά υλικά αφού οι συμμετέχοντες κλήθηκαν, με την καθοδήγηση των εισηγητριών, να κατασκευάσουν κάποια από αυτά. Κατά τη διάρκεια της ημερίδας έγιναν αναφορές στο ιστορικό ή/και κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο όλων των παραπάνω οργάνων, στην ιστορική τους εξέλιξη μέχρι σήμερα αλλά και σε κάποιες πτυχές της Φύσης της Επιστήμης που αναδεικνύονται από την ιστορία της εφεύρεσης και κατασκευής τους.

Εικόνα 2. Εκπαιδευτικοί κατασκευάζουν ένα μοντέλο του εκκρεμούς του Foucault με απλά υλικά.



Στο τέλος οι συμμετέχοντες είχαν στη διάθεσή τους δύο ώρες και τριάντα λεπτά για να σχεδιάσουν, σε πρωτόλεια μορφή, μία εκπαιδευτική δραστηριότητα που να αξιοποιεί ένα τουλάχιστον ιστορικό επιστημονικό όργανο στο πλαίσιο ενός σχολικού ομίλου. Επιλέχθηκε η μη τυπική εκπαίδευση ώστε οι εκπαιδευτικοί να μην δεσμευτούν από περιορισμούς της τυπικής εκπαίδευσης, όπως η σύνδεση με το Αναλυτικό Πρόγραμμα και ο περιορισμένος διδακτικός χρόνος. Η επιλογή του ομίλου έγινε ώστε οι εκπαιδευτικοί, στον περιορισμένο χρόνο που είχαν, να μπορέσουν να επικεντρωθούν σε ένα συγκεκριμένο πλαίσιο ανάμεσα στη πληθώρα των δραστηριοτήτων που υπάρχουν εντός της μη τυπικής εκπαίδευσης. Είχαν στη διάθεσή τους τις παρουσιάσεις από την επιμόρφωση, ελεύθερη πρόσβαση στο διαδίκτυο και ένα πρότυπο αρχείου για να τους βοηθήσει να δομήσουν τις πληροφορίες και τα στάδια της παρέμβασης. Ο ρόλος του πρότυπου αρχείου ήταν

καθοδηγητικός και οι επιμορφούμενοι ενημερώθηκαν ότι δεν είναι υποχρεωμένοι να το ακολουθήσουν επακριβώς.

Στην ημερίδα έλαβαν μέρος συνολικά 19 εκπαιδευτικοί Πρωτοβάθμιας και Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης (7 εκπαιδευτικοί Πρωτοβάθμιας και 12 εκπαιδευτικοί Δευτεροβάθμιας). Από αυτούς συλλέχθηκαν, στο τέλος της επιμόρφωσης, 19 σχέδια δραστηριοτήτων. Στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας συλλέχθηκαν επίσης ερωτηματολόγια πριν και μετά την ημερίδα, που συμπεριλάμβαναν ερωτήσεις ανοιχτού τύπου, ενώ εννέα συμμετέχοντες έλαβαν μέρος και σε ημιδομημένες συνεντεύξεις που πραγματοποιήθηκαν δύο με τρεις εβδομάδες αργότερα. Τα δεδομένα που συγκεντρώθηκαν αναλύθηκαν με ποιοτικές μεθόδους ανάλυσης περιεχομένου (Mill et al., 2017).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα πρώτα αποτελέσματα δείχνουν πως όλοι οι συμμετέχοντες κατάφεραν να δημιουργήσουν ένα προσχέδιο δραστηριότητας που να αξιοποιεί ένα τουλάχιστον ιστορικό επιστημονικό όργανο. Οι περισσότεροι συμμετέχοντες (14 από τους 19 εκπαιδευτικούς) επικεντρώθηκαν ή τουλάχιστον συμπεριέλαβαν τη μελέτη ενός φυσικού φαινομένου/νόμου/μαθηματικής έννοιας που σχετίζεται με τον τρόπο λειτουργίας του εκάστοτε οργάνου. Η πλειονότητα των εκπαιδευτικών (14 από τους 19 συμμετέχοντες) πλαισίωσε ιστορικά τη δραστηριότητα (είτε αναφέροντας έναν αποδεκτό τρόπο πλαισίωσης είτε ενσωματώνοντάς τον στα βήματα της δραστηριότητας). Δώδεκα εξ αυτών κατάφεραν να αναδείξουν κάποιες πτυχές της Φύσης της Επιστήμης.

Οι περισσότερες δυσκολίες που εντοπίστηκαν μέσω των δραστηριοτήτων και αφορούν το σχεδιασμό τους επικεντρώνονται κυρίως στην εισαγωγή του ιστορικού πλαισίου (5 εκπαιδευτικοί) και στην ενσωμάτωση της μελέτης του φαινομένου στο οποίο βασίζεται η αρχή λειτουργίας του ιστορικού οργάνου (5 εκπαιδευτικοί). Υπήρξαν επίσης δυσκολίες που οφείλονταν στο επιστημονικό υπόβαθρο των εκπαιδευτικών ή στην εξοικείωσή τους με τον σχεδιασμό μιας εκπαιδευτικής δραστηριότητας (2 εκπαιδευτικοί). Οι δυσκολίες που εντόπισαν οι ίδιοι δεν ταυτίζονται σε μεγάλο βαθμό με αυτές που αναδείχθηκαν μέσω των δραστηριοτήτων που σχεδίασαν. Αναφορικά μόνο 2 συμμετέχοντες εντόπισαν κάποια δυσκολία, μεταξύ άλλων, στην εισαγωγή του ιστορικού πλαισίου ενώ κανένας δεν ανέφερε ως δυσκολία τη μελέτη του φυσικού φαινομένου στο οποίο βασίζεται η αρχή λειτουργίας του ιστορικού οργάνου. Κάποιοι μάλιστα επικεντρώθηκαν σε πρακτικά ζητήματα της σχολικής πραγματικότητας, όπως είναι η σύνδεση της δραστηριότητας με το Αναλυτικό Πρόγραμμα και ο περιορισμένος διδακτικός χρόνος, αποκλίνοντας από το πλαίσιο της μη τυπικής εκπαίδευσης και την αξιοποίηση των ιστορικών επιστημονικών οργάνων σε αυτή.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι συμμετέχοντες μπόρεσαν σε ικανοποιητικό βαθμό να σχεδιάσουν μία δραστηριότητα που να αξιοποιεί ένα τουλάχιστον ιστορικό επιστημονικό όργανο, όμως αρκετοί εξ αυτών δεν κατάφεραν να συμπεριλάβουν την μελέτη του φυσικού φαινομένου στο οποίο βασίζεται η λειτουργία του αντίστοιχου οργάνου. Οι περισσότεροι μπόρεσαν επίσης να συμπεριλάβουν το ιστορικό ή/και κοινωνικοπολιτισμικό πλαίσιο του οργάνου που επέλεξαν. Αυτό είχε ως αποτέλεσμα να αναδειχθούν πτυχές της Φύσης της Επιστήμης, κάτι που συμβαδίζει και με την βιβλιογραφία (Matthews, 2015· Stefanidou et al., 2020· Stefanidou & Skordoulis, 2017).

Αρκετές από τις δυσκολίες που αντιμετώπισαν οι συμμετέχοντες κρίνεται ότι μπορούν να αντιμετωπιστούν με περισσότερο διαθέσιμο χρόνο κατά τον σχεδιασμό της δραστηριότητας σε συνδυασμό με την εκτενέστερη υποστήριξη τους από πληροφοριακό υλικό που μπορεί να ενισχύσει την ιστορική πλαισίωση των δραστηριοτήτων. Ταυτόχρονα πολλές δυσκολίες θεωρείται ότι θα μπορούσαν εν δυνάμει να εξομαλυνθούν

μέσω εκτενέστερης επιμόρφωσης και τριβής των εκπαιδευτικών με την αξιοποίηση ιστορικών επιστημονικών οργάνων και γενικότερα την εισαγωγή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας της Επιστήμης στην Εκπαίδευση.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Alisir, Z.N., Irez, S. The Effect of Replicating Historical Scientific Apparatus on High School Students' Attitudes Towards Science and Their Understanding of Nature of Science. *Sci & Educ* 29, 1201–1234 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00148-0>
- Baird D. (2004). *Thing Knowledge: A Philosophy of Scientific Instruments*. Berkeley, Los Angeles, London: University of California Press.
- Cavicchi, E. (2008). Historical Experiments in Students' Hands: Unfragmenting Science through Action and History. *Sci & Educ* 17, 717–749. <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9005-2>
- Gelpi, E. (2009). From large analogical instruments to small digital black boxes: 40 years of progress in mass spectrometry and its role in proteomics. Part II 1985-2000. *Journal of Mass Spectrometry*, 44(8), 1137–1161. <https://doi.org/10.1002/jms.1621>
- Heering, P. (2006). Regular twists: replicating Coulomb's wire-torsion experiments. *Physics in Perspective*, 8(1), 52–63. <https://doi.org/10.1007/s00016-005-0262-2>
- Heering, Peter. (2009). The Role of historical experiments in science teacher training: experiences and perspectives. *ACTESD'HISTÒRIADE LA CIÈNCIAI DE LA TÈCNICANOV A ÈPOCA*, 2 (1). 389-399.
- Latour, B. (1987). *Science in action: How to follow scientists and engineers through society*. Milton Keynes, UK: Open University Press.
- Lazos, P., Stefanidou, C. & Skordoulis, C. (2021). The Collection of Scientific Instruments from the Maraslean Teaching Center and Experimental Science Education: Then and Now. In Cavicchi, E. & Heering, P. (Eds) *Historical Scientific Instruments in Contemporary Education* (pp. 105-121). Brill.
- Matthews, M. (2015). *Science Teaching: The Contribution of History and Philosophy of Science, 20th Anniversary Revised and Expanded Edition* (2nd ed.). New York: Routledge.
- Metz, D., & Stinner, A. (2007). A role for historical experiments: capturing the spirit of the itinerant lecturers of the 18th century. *Science & Education*, 16(6), 613–624. <https://doi.org/10.1007/s11191-006-9016-z>
- Mills, E.G., Gay, L.R. & Airasian, P. (2017). Εκπαιδευτική Έρευνα: Ποσοτικές και Ποιοτικές Μέθοδοι-Εφαρμογές. Προπομπός.
- Milne, C. (2019). The Materiality of Scientific Instruments and Why It Might Matter to Science Education. *Cultural Studies of Science Education* 18. 9-23.
- Resnick, M., Berg, R. & Eisenberg, M. (2000). Beyond Black Boxes: Bringing Transparency and Aesthetics Back to Scientific Investigation. *The Journal of the Learning Sciences*, 9(1), 7-30. [https://doi.org/10.1207/s15327809jls0901\\_3](https://doi.org/10.1207/s15327809jls0901_3)
- Stefanidou, C., Psoma, V. & Skordoulis, C. (2020). Ptolemy's experiments on refraction in science class. *Physics Education*, 55, 035027. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ab7c80>
- Stefanidou, C & Skordoulis, C. (2017). Primary student teachers' understanding of Basic Ideas of Nature of Science: Laws, Theories and Models. *Journal of Studies in Education*, 7(1), 127-153. <http://dx.doi.org/10.5296/jse.v7i1.10599>