



ΜΟΥΣΕΙΟ ΣΧΟΛΕΙΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

# MusEd

MUSEUM SCHOOL EDUCATION

ΤΡΙΜΗΝΙΑΙΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΗ ΕΚΔΟΣΗ / JOURNAL

ΤΟΜΟΣ 3 | ΤΕΥΧΟΣ 3/2023  
Volume 3 | Issue



ΘΕΜΑΤΙΚΟ ΤΕΥΧΟΣ:  
**ΜΟΥΣΕΙΟ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ  
ΣΤΙΣ ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ**



ΕΚΔΟΣΕΙΣ  
ΜΕΝΑΝΔΡΟΣ



ΜΟΥΣΕΙΟ ΣΧΟΛΕΙΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

**MusEd**

MUSEUM SCHOOL EDUCATION



ΕΚΔΟΣΕΙΣ  
ΜΕΝΑΝΔΡΟΣ

## ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

### Διευθυντής

**Κωνσταντίνος Δ. Μαλαφάντης**, Καθηγητής Εθνικού και Καποδιστριακού  
Πανεπιστημίου Αθηνών, Πρόεδρος της Παιδαγωγικής Εταιρείας Ελλάδος

### Μέλη

**Ευρυδίκη Αντζουλάτου-Ρετσιλά**, Ομ. Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Πελοποννήσου

**Ευαγγελία Γαλανάκη**, Καθηγήτρια Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου  
Αθηνών

**Αγγελική Γιαννικοπούλου**, Καθηγήτρια Εθνικού και Καποδιστριακού  
Πανεπιστημίου Αθηνών

**Ανδρομάχη Γκαζή**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Παντείου Πανεπιστημίου

**Ρέα Κακάμπουρα**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Εθνικού και Καποδιστριακού  
Πανεπιστημίου Αθηνών

**Κώστας Κασβίκης**, Επίκουρος Καθηγητής Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας

**Μαρία Κλαδάκη**, Επίκουρη Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Αιγαίου

**Δημήτρης Κολιόπουλος**, Καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών

**Βασιλική Λαλαγιάννη**, Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Πελοποννήσου

**Μιχαήλ Γ. Μερακλής**, Ομ. Καθηγητής Πανεπιστημίου Αθηνών

**Μάρλεν Μούλιου**, Επίκουρη Καθηγήτρια Εθνικού και Καποδιστριακού  
Πανεπιστημίου Αθηνών

**Κώστας Μπίκος**, Καθηγητής Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης

**Σήφης Μπουζάκης**, Ομ. Καθηγητής Πανεπιστημίου Πατρών

**Αλεξάνδρα Μπούνια**, Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Αιγαίου

**Νίκη Νικονάνου**, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

**Άγγελος Παληκίδης**, Επίκουρος Καθηγητής Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης

**Γιώργος Παπαϊωάννου**, Επίκουρος Καθηγητής Ιονίου Πανεπιστημίου

**Εσθήρ Σολομών**, Επίκουρη Καθηγήτρια Πανεπιστημίου Ιωαννίνων

**Λοΐζος Σοφός**, Καθηγητής Πανεπιστημίου Αιγαίου

**Σαπφώ Ταμπάκη**, Επίκουρη Καθηγήτρια Αριστοτελείου Πανεπιστημίου  
Θεσσαλονίκης

**Αναστασία Φιλιππουπολίτη**, Επίκουρη Καθηγήτρια Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου  
Θράκης

**Ιωσήφ Φραγκούλης**, Αναπληρωτής Καθηγητής ΑΣΠΑΙΤΕ

Επιμέλεια Θεματικού Τεύχους «Μουσείο και Εκπαίδευση στις  
Φυσικές Επιστήμες»: Κωνσταντίνα Στεφανίδου, Ε.ΔΙ.Π., ΕΚΠΑ

## SCIENTIFIC COMMITTEE

### Editor

**Konstantinos D. Malafantis**, Professor, National and Kapodistrian University of Athens, President of the Hellenic Educational Society

### Members

**Eurydice Anjoulatou-Retsila**, Emerita Professor, University of the Peloponnese

**Evangelia Galanaki**, Professor, National and Kapodistrian University of Athens

**Angela Yannicopoulou**, Professor, National and Kapodistrian University of Athens

**Andromache Gazi**, Associate Professor, Panteion University

**Rea Kakampoura**, Associate Professor, National and Kapodistrian University of Athens

**Kostas Kasvikis**, Assistant Professor, University of Western Macedonia

**Maria Kladaki**, Assistant Professor, University of the Aegean

**Dimitris Koliopoulos**, Professor, University of Patras

**Vassiliki Lalagianni**, Professor, University of the Peloponnese

**Michael G. Meraklis**, Emeritus Professor, National and Kapodistrian University of Athens

**Marlen Mouliou**, Assistant Professor, National and Kapodistrian University of Athens

**Kostas Bikos**, Professor, Aristotle University of Thessaloniki

**Sifis Bouzakis**, Emeritus Professor, University of Patras

**Alexandra Bounia**, Professor, University of the Aegean

**Niki Nikonanou**, Associate Professor, University of Thessaly

**George Papaioannou**, Assistant Professor, Ionian University

**Esther Solomon**, Assistant Professor, University of Ioannina

**Loizos Sofos**, Professor, University of the Aegean

**Sapfo Tampaki**, Assistant Professor, Aristotle University of Thessaloniki

**Anastasia Filippopoliti**, Assistant Professor, Demokritus University, Greece

**Joseph Frangoulis**, Associate Professor, School of Pedagogical and Technological Education of Athens (ASPETE)

Thematic Issue Editor "Museum and Science Education":  
Constantina Stefanidou, Laboratory Teaching Staff, NKUA

## ΣΥΝΤΑΚΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

**Μαρία Αργυροπούλου**, ΕΔΙΠ Πανεπιστημίου Πατρών  
**Δημήτρης Γουλής**, ΕΔΙΠ Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης  
**Σταύρος Γρόσδος**, Δρ Παιδαγωγικής Σχολής Αριστοτελείου Πανεπιστημίου  
**Ευαγγελία Κανταρτζή**, Δρ Παιδαγωγικής Σχολής Αριστοτελείου Πανεπιστημίου,  
Διευθύντρια Μουσείου Σχολικής Ζωής και Εκπαίδευσης  
**Μαρία Κατσά**, MSc, MEd, Εκπαιδευτικός  
**Χριστόφορος Κωσταρής**, MSc, MEd, Εκπαιδευτικός  
**Γιώτα Παπαδημητρίου**, PhD, Φιλολόγος  
**Σοφία Παπαδημητρίου**, Προϊσταμένη Τμήματος Εκπαιδευτικής Ραδιοηλεκτρονικής  
και Ψηφιακών Μέσων του ΥΠ.ΠΑΙ.Θ.  
**Εύη Πίνη**, Αρχαιολόγος, Υπεύθυνη Εκπαιδευτικών Προγραμμάτων Αρχαιολογικού  
Μουσείου Πειραιά, Υπουργείο Πολιτισμού

## ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ ΕΚΔΟΣΗΣ

**Ευαγγελία Κανταρτζή**, Διευθύντρια Μουσείου Σχολικής Ζωής & Εκπαίδευσης  
**Γιώτα Παπαδημητρίου**, PhD, Φιλολόγος  
**Μαρία Κατσά**, MSc, MEd, Εκπαιδευτικός  
**Χριστόφορος Κωσταρής**, MSc, MEd, Εκπαιδευτικός

© Copyright 2023: **ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΜΕΝΑΝΔΡΟΣ**  
**ΜΟΥΣΕΙΟ ΣΧΟΛΙΚΗΣ ΖΩΗΣ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ**

Κανένα τμήμα του περιοδικού αυτού δεν αναπαράγεται, δεν αποθηκεύεται σε οποιοδήποτε σύστημα ηλεκτρονικό, μηχανικό, φωτοαντιγραφικό και δεν μεταβιβάζεται σε καμία μορφή και με κανέναν τρόπο, χωρίς γραπτή άδεια του εκδότη.

Τριμηνιαία περιοδική έκδοση.  
Το περιοδικό αυτό εκδίδεται για λογαριασμό του Μουσείου Σχολικής Ζωής και Εκπαίδευσης, από τις ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΜΕΝΑΝΔΡΟΣ.

Κεντρική διάθεση: Ιπποκράτους 44, 106 80 Αθήνα,  
τηλ.: 210 36 11 000, 210 36 37 762  
www.menandros.gr - info@menandros.gr

**Σχεδιασμός εξωφύλλου - σελιδοποίηση:** Σμαράγδη Κουράκη  
**Οργάνωση παραγωγής:** Παναγιώτης Καγιαλής  
**Συντονισμός έκδοσης:** Χρήστος Τακιδέλλης  
ISSN: 2654-1807 (Τεύχος 3, 2023)

## EDITORIAL COMMITTEE

- Maria Argyropoulou**, Laboratory Teaching Staff, University of Patras  
**Dimitris Goulis**, Laboratory Teaching Staff, Aristotle University of Thessaloniki  
**Stavros Grosdos**, PhD, Aristotle University of Thessaloniki  
**Evangelia Kantartzi**, PhD, Aristotle University of Thessaloniki, Director of the School Life and Education Museum  
**Maria Katsas**, MSc, MEd, Educator  
**Christopher Kostaris**, MSc, MEd, Educator  
**Yota Papadimitriou**, PhD, Educator  
**Sofia Papadimitriou**, Head of the Department of Educational Radio-television and Digital Media, Ministry of Education and Religious Affairs  
**Evi Pini**, Archaeologist, Educational Programmes Office at the Archaeological Museum of Piraeus, Ministry of Culture

## EDITING COMMITTEE

- Evangelia Kantartzi**, Director, School Life and Education Museum  
**Yota Papadimitriou**, PhD, Educator  
**Maria Katsas**, MSc, MEd, Educator  
**Christopher Kostaris**, MSc, MEd, Educator
- 

**All rights reserved © 2023: MENANDROS PUBLICATIONS  
SCHOOL LIFE AND EDUCATION MUSEUM**

No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise without written permission publisher.

Trimonthly journal.

The Journal is published on behalf of the School Life and Education Museum by MENANDROS PUBLICATIONS.

Headquarters: 44 Hippocrates St., Post Code: 106 80, Athens, Greece  
tel.: 210 36 11 000, 210 36 37 762  
www.menandros.gr - info@menandros.gr

**Cover design and pagination:** Smaragdi Kouraki  
**Production organisation:** Panagiotis Kagialis  
**Editing issue coordination:** Christos Takidellis  
ISSN: 2654-1807 (Issue 3, 2023)

## Περιεχόμενα

### Α. ΜΕΛΕΤΕΣ ΚΑΙ ΕΡΕΥΝΕΣ

#### **Κωνσταντίνα Στεφανίδου**

Σημείωμα της Επιμελήτριας ..... 10

#### **Παναγιώτης Λάζος, Κωνσταντίνα Στεφανίδου, Κωνσταντίνος Σκορδούλης**

Η συλλογή επιστημονικών οργάνων στο Μαράσλειο Διδασκαλείο και προσπάθειες εκπαιδευτικής αξιοποίησής της ..... 12

#### **Φαίη Τσίτου, Ευάγγελος Παπούλιας, Παναγιώτης Λάζος**

Μουσειακές αφηγήσεις και θετικές επιστήμες στο Μουσείο Ιστορίας Πανεπιστημίου Αθηνών ..... 26

#### **Φλώρα Ζαράνη, Αναστάσιος Φιλίππου, Παναγιώτης Λάζος**

Μουσείο Φυσιολογίας «Γεώργιος Κοτζιάς»: Εκθέματα και Δράσεις ..... 40

#### **Μαρία Κενδριστάκη, Αιμιλία Μιχαηλίδη, Δημήτρης Σταύρου**

Το Κέντρο Επιστήμης και Τεχνολογίας “Science in the City” ως ψηφιακό περιβάλλον μάθησης ..... 55

#### **Παναγιώτης Λάζος**

Το εκκρεμές του Foucault στη Μεγάλη του Γένους Σχολή ..... 66

#### **Μαρία Παναγοπούλου, Κωνσταντίνα Στεφανίδου**

Αξιοποίηση ιστορικών επιστημονικών οργάνων στη μη τυπική εκπαίδευση: Πρόταση επιμόρφωσης εκπαιδευτικών ..... 79

#### **Πηγή-Δέσποινα Μπαρμπαρή, Κοσμάς Γαζέας**

Άτυπες μορφές μάθησης στις Φυσικές Επιστήμες: Εκπαιδευτική αξιοποίηση των αρχαίων ελληνικών εφευρέσεων ..... 90

#### **Νίκος Αναστασάκης**

Οι παραδοσιακές εργαστηριακές διατάξεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών ..... 106

## **B. ΑΝΑΚΟΙΝΩΣΕΙΣ**

Οδηγίες για τους συγγραφείς .....	118
Instructions for authors .....	120
Αναλυτικές οδηγίες για τη μορφοποίηση των εργασιών .....	122
Αίτηση μέλους στο Μουσείο Σχολικής Ζωής και Εκπαίδευσης .....	129
Δελτίο συνδρομής στο περιοδικό MusEd .....	131

# Οι παραδοσιακές εργαστηριακές διατάξεις στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

**Νίκος Αναστασάκης**

MSc Παιδαγωγικής, Εκπαιδευτικός ΠΕ04.01

Υπεύθυνος Εργαστηριακού Κέντρου Φυσικών Επιστημών Χανίων

*nikos.anastasakis@sch.gr*

## ➤ ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρουσία εκπαιδευτικών εργαστηριακών οργάνων στα σχολεία ακολουθεί την πορεία των προγραμμάτων σπουδών και τις κατά καιρούς μεθόδους διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Σήμερα, η ψηφιακή τεχνολογία μέσω της χρήσης εικονικού εργαστηρίου, προσομοιώσεων και ηλεκτρονικών συσκευών συχνά προκρίνεται έναντι του πραγματικού, βιωματικού εργαστηρίου. Ποια είναι όμως η θέση των παραδοσιακών και συχνά ιστορικών εργαστηριακών διατάξεων στο σύγχρονο εκπαιδευτικό περιβάλλον; Οι απαντήσεις αναζητούνται μέσα από την εμπειρία του Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων αλλά και την εστίαση σε κάποιες από τις μουσειακές εργαστηριακές διατάξεις που διαθέτει στη συλλογή του.

**Λέξεις-κλειδιά:** διδασκαλία φυσικών επιστημών, εργαστηριακά όργανα, ιστορικά όργανα, εργαστηριακή διδασκαλία, εκπαίδευση

## ➤ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ιστορική εξέλιξη των εκπαιδευτικών εργαστηριακών διατάξεων και οργάνων είναι συνδεδεμένη με τις διδακτικές μεθόδους διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.). Στην εποχή μας, οι ψηφιακές τεχνολογίες έχουν έντονη παρουσία (και) στα εκπαιδευτικά δρώμενα. Ειδικά κατά την περίοδο της πανδημίας εφαρμόστηκαν τεχνικές που τροποποίησαν το εκπαιδευτικό τοπίο. Οι τεχνολογίες δεν ήταν απαραίτητα καινούργιες, ωστόσο οι υγειονομικοί περιορισμοί ήταν η αφορμή για να δοθεί έμφαση στη χρήση και την ενσωμάτωση τους στη διδακτική διαδικασία. Έτσι, ένα μεγάλο μέρος των εργαλείων που χρησιμοποιήθηκαν συνεχίζουν να χρησιμοποιούνται και να εξελίσσονται και μετά την άρση των υγειονομικών περιορισμών.

Σε ένα τέτοιο περιβάλλον, το παραδοσιακό βιωματικό εργαστήριο συχνά υποβαθμίζεται και αντικαθίσταται από αντίστοιχες εικονικές εργαστηριακές πρακτικές. Επιπλέον, ιστορικά εργαστηριακά όργανα και διατάξεις αποκτούν καθαρά μουσειακό ρόλο.



## ▾ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

Το 1620 ο F. Bacon στο βιβλίο του “*Novum Organum*” προέτρεπε για τη βαθύτερη κατανόηση της φύσης, στην εμπειρική δοκιμασία σε αντιδιαστολή με τη θεωρητική αμφισβήτηση της υπάρχουσας γνώσης. Η φύση έπρεπε να ερμηνεύεται μέσω των αισθήσεων. Ήδη από τον 17ο αιώνα η πειραματική διαδικασία και τα πειραματικά όργανα είχαν σημαντικό ρόλο στην έρευνα και τις συνεπαγόμενες ανακαλύψεις (Κόκκοτας & Βλάχος, 2000). Ωστόσο, όπως αναφέρει ο Bennett (1995) η πλειοψηφία των ιστορικών επιστημονικών οργάνων κατασκευάστηκαν στοχεύοντας κατά κύριο λόγο στην εκπαίδευση ή και στη διασκέδαση του κοινού. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι τα επιστημονικά όργανα προέρχονταν πολύ συχνά από διατάξεις και συσκευές της “φυσικής μαγείας” (17ος αιώνας) που είχε ως κύριο στόχο τη διασκέδαση του κοινού μέσω της εξαπάτησης των αισθήσεων (Πάπαρου, 2012).

Η χρήση των εργαστηριακών οργάνων Φ.Ε. στην έρευνα αλλά και στην εκπαίδευση, έχει εντελώς διαφορετική και κατ’ ουσίαν αντίθετη στόχευση: Την αντικειμενική παρατήρηση και την αποκωδικοποίηση των νόμων της φύσης καθώς με τη χρήση τους επεκτείνεται η ικανότητα των ανθρώπινων αισθητηρίων (π.χ. μεγεθυντικοί φακοί, ακριβείς μετρήσεις μήκους, χρόνου). Παράλληλα, ο έλεγχος των συνθηκών και των μεταβλητών του πειράματος συμβάλλουν στην ανάπτυξη της επιστημονικής μεθόδου και του ανακαλυπτικού τρόπου μάθησης. Όπως αναφέρει η Πάπαρου (2012, σ. 15), σύμφωνα με τον Priestley (1775) “*Η εκπαίδευση που μπορεί να πάρει κανείς από βιβλία εξαντλείται γρήγορα, αν συγκριθεί με τα φιλοσοφικά όργανα, που αποτελούν, αντίθετα, αστείρευτη πηγή γνώσης*”.

Η εξέλιξη της τεχνολογίας έχει συμβάλει στον εμπλουτισμό του εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία των Φ.Ε. με προσομοιώσεις, εικονικά εργαστήρια, βίντεο πειραμάτων κ.λ.π. Οι μικροεπεξεργαστές, οι αισθητήρες, τα λογισμικά ανάλυσης βίντεο, τα συνεργατικά εργαλεία, οι βάσεις δεδομένων κ.α., προσφέρουν νέες και μάλιστα φθηνές λύσεις για χρήση στο εργαστήριο αλλά και στη σχολική αίθουσα. Η χρήση των ΤΠΕ στη διδασκαλία των Φ.Ε. είναι εφαρμοσμένη διδακτική πρακτική με τεκμηριωμένη αξία (Μανταδάκης & Παπαβασιλείου, 2013; Μικρόπουλος, 2007; Zacharia & Anderson, 2003). Οι παροχές των προσομοιώσεων (Taramopoulos & Psillos, 2017) και η αξιοποίηση τους για την κατανόηση ορισμένων φυσικών εννοιών και φαινομένων έχουν πολύ καλά μαθησιακά αποτελέσματα (Finkelstein κ.ά., 2005).

Οι ψηφιακές τεχνολογίες δίνουν χρήσιμα και αποτελεσματικά διδακτικά εργαλεία, με συγκεκριμένη διδακτική στόχευση. Ωστόσο, στο παρόν άρθρο τονίζεται η σημασία και η εκπαιδευτική αξία της πειραματικής διαδικασίας σε περιβάλλον πραγματικού εργαστηρίου, με χρήση παραδοσιακών και κάποιες φορές και ιστορικών εργαστηριακών διατάξεων και συσκευών.



## ➤ ΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΩΝ Φ.Ε.

### Εικονικό ή πραγματικό;

Ίσως σήμερα, κάποιος θα μπορούσε να παρατηρήσει μία τάση για προώθηση του εικονικού/ ψηφιακού εργαστηρίου εις βάρος του πραγματικού. Είναι εύχρηστο, χαμηλού κόστους, μπορεί σχετικά εύκολα να εφαρμοστεί σε διαφοροποιημένη διδασκαλία ενώ έχει μοντέρνο, ελκυστικό προφίλ. Και εδώ γεννιούνται ερωτήματα:

Έχουν θέση οι παραδοσιακές εργαστηριακές συσκευές, σε ένα τέτοιο σύγχρονο ψηφιακό περιβάλλον; Είναι εκπαιδευτικά και παιδαγωγικά δόκιμο, η βιωματική εργαστηριακή πρακτική να αντικατασταθεί από εικονικές μεθόδους; Μπορούν τα ιστορικά, “μουσειακά” πειραματικά όργανα να αποτελέσουν μέρος του σύγχρονου εκπαιδευτικού μοντέλου για τις Φυσικές Επιστήμες;

*“Με το κατσαβίδι ή το ποντίκι;” Ήταν ο τίτλος μιας συζήτησης που διοργανώθηκε το 2012 στο Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων με συμμετοχή εκπαιδευτικών από όλο το νομό, και αφορούσε ακριβώς τα δύο πρώτα από τα προηγούμενα ερωτήματα. Η εκπαίδευση είχε αρχίσει να επενδύει στην ψηφιακή τεχνολογία (netbook στο Γυμνάσιο, ψηφιακά βιβλία, Φωτόδεντρο, Ιφιγένεια, Αίσωπος, διαδραστικοί πίνακες). Η οικονομική συγκυρία ήταν δύσκολη ενώ η λειτουργία των σχολικών εργαστηρίων ήταν προβληματική για πολλούς λόγους όπως η έλλειψη χώρων στα σχολικά κτίρια, τα αναλυτικά προγράμματα σπουδών (ύλη, κατανομή ωρών), η μορφή και στόχευση της διδασκαλίας των Φ.Ε. σε ένα εξετασιοκεντρικό σύστημα, η δυσκολία των εκπαιδευτικών να υποστηρίξουν την εργαστηριακή διαδικασία (καθώς δεν ήταν ζητούμενο).*

### Η σημασία του βιωματικού εργαστηρίου, μέσα από τη δράση των Ε.Κ.Φ.Ε.

Τα Εργαστηριακά Κέντρα Φυσικών Επιστημών (Ε.Κ.Φ.Ε.) είναι δομές της Δ/θμιας Εκπαίδευσης που υποστηρίζουν την πειραματική διδασκαλία των Φ.Ε. Μάλιστα σε πολλές περιπτώσεις η δράση τους καλύπτει και την Π/θμια Εκπαίδευση. Καθώς αποτελούν κατεξοχήν χώρους εφαρμογής της εργαστηριακής διδακτικής πρακτικής, θεωρούμε ότι μέσα από τον τρόπο λειτουργίας και τις δράσεις τους, μπορούν να αναζητηθούν απαντήσεις στα προηγούμενα ερωτήματα.

*Ανατρέχοντας στην ιστοσελίδα του Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων (ekfechanion.eu) και τους απολογισμούς δραστηριοτήτων της τελευταίας δεκαετίας, σημειώνουμε την υψηλή συμμετοχή μαθητών σε δράσεις που περιλαμβάνουν ζωντανές πειραματικές δραστηριότητες. Ενδεικτικά αναφέρουμε την εκδήλωση “Γιορτάζοντας τις Φ.Ε. στα Χανιά” η οποία ξεκίνησε το 2014 και έφτασε να φιλοξενεί δραστηριότητες από 36 σχολεία του νομού (το 2017), ενώ πλέον αποτελεί αναγνωρισμένη, ετήσια δράση για τις Φ.Ε. στα Χανιά. Οι μαθητές/τριες και οι εκπαιδευτικοί που συμμετέχουν αφιερώνουν χρόνο εκτός σχολικού ωραρίου για την προετοιμασία τους, γίνονται οι ίδιοι “επιστήμονες” και παρουσιάζουν τις υλοποιήσεις τους σε μια τελική εκδήλωση-γιορτή (μονοήμερη ή διήμερη) ανοικτή για το κοινό. Επιπλέον των παρουσιάσεων των μαθητών, εκτίθενται και*



μουσειακά εργαστηριακά όργανα από τη συλλογή του ΕΚΦΕ, που αποτελούν πόλο έλξης για μικρούς και μεγάλους.

Η διάθεση των μαθητών αλλά και των εκπαιδευτικών για “πειράματα” αποτυπώνεται ξεκάθαρα και στην πολύ υψηλή “ζήτηση” για εκπαιδευτικές επισκέψεις σχολικών τάξεων Π/θμιας και Δ/θμιας Εκπ/σης στο ΕΚΦΕ. Στις επισκέψεις αυτές οι μαθητές συμμετέχουν σε κατάλληλα διαμορφωμένες υποδειγματικές διδασκαλίες της επιλογής τους, όπου παίρνουν μέρος σε ομαδοσυνεργατικές μετωπικές πειραματικές διαδικασίες διαμορφωμένες σύμφωνα με το διερευνητικό διδακτικό μοντέλο. Οριζόντιο χαρακτηριστικό των επισκέψεων αυτών για όλες τις βαθμίδες (Δημοτικό – Λύκειο), είναι η έντονη διάθεση των παιδιών για πειραματισμό και το ενδιαφέρον τους “πως λειτουργούν” τα πράγματα. Είναι χαρακτηριστικό δε ότι, ειδικά τα τελευταία χρόνια, οι ετήσιες διαθέσιμες ημερομηνίες για επίσκεψη εξαντλούνται μέσα σε χρονικό διάστημα λίγων ημερών ενώ ο συνολικός αριθμός των επισκεπτών ξεπερνάει κάθε χρόνο τους 1500.

### Αναζητώντας απαντήσεις

Με βάση και τα παραπάνω, θεωρούμε ότι μπορούμε να δώσουμε κάποιες απαντήσεις σχετικά με τα ερωτήματα που διατυπώθηκαν.

Το εικονικό εργαστήριο εμφανώς είναι χρήσιμο στη διδασκαλία των Φ.Ε. καθώς, πέρα από τις ειδικές παροχές (αναπαράσταση μικρόκοσμου/μακρόκοσμου, προσομοίωση δυσνόητων φαινομένων κ.α.), μπορεί να δώσει εύκολα και ανέξοδα, τη δυνατότητα κατανόησης και εφαρμογής των σταδίων της διερεύνησης και του επιστημονικού τρόπου σκέψης. Μήπως όμως θα μπορούσαμε να το χαρακτηρίσουμε και αυτό ως ένα διδακτικό εργαστηριακό «όργανο» που εισάγεται στη διδασκαλία όχι για να εκτελέσει το πείραμα αλλά κυρίως για να εκπαιδεύσει τον πειραματιστή; Σε κάθε περίπτωση, οι εικονικές αναπαραστάσεις συμπληρώνουν τη “φαρέτρα” του εκπαιδευτικού σηματοδοτώντας σε συγκεκριμένους στόχους.

Η χρήση του πραγματικού εργαστηρίου και του εξοπλισμού του περιλαμβάνει παραμέτρους όπως τα σφάλματα, η στατιστική, η ορθή χρήση των συσκευών, οι κανόνες ασφάλειας, το ζωντανό αποτέλεσμα. Επιπλέον, συνδέει άμεσα τη θεωρία με την πράξη και οδηγεί τους εκπαιδευόμενους σε μονοπάτια που έχουν περπατήσει και οι ερευνητές. Αυτά από μόνα τους μπορούν να είναι αφορμές για αυξηθεί το ενδιαφέρον για απόκτηση της γνώσης. Μην ξεχνάμε το ρόλο του εντυπωσιασμού που είχαν στο παρελθόν οι πειραματικές διατάξεις!

Η εμπειρία μας από τη λειτουργία του Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων, άλλων ΕΚΦΕ (όπως φαίνεται στη σελίδα της ΠΑΝ.Ε.Κ.Φ.Ε., [panekfe.gr](http://panekfe.gr)), καθώς και τα συμπεράσματα συνεδρίων για τη διδασκαλία των Φ.Ε. (όπως το Πανελλήνιο Συνέδριο που διοργανώνει το ΑΠΘ σε συνεργασία με την ΕΕΦ και τίτλο “Ποια Φυσική έχει νόημα να διδάσκονται τα παιδιά μας σήμερα”) αναδεικνύουν τη σημασία της ενεργού συμμετοχής των μαθητών σε ζωντανές εργαστηριακές δραστηριότητες. Οι γνωστικές συγκρούσεις που μπορούν να προκληθούν μέσω του πραγματικού πειράματος είναι ισχυρές και συντελούν αποτελεσματικά στην επικοινωνιακή εκπαιδευτική διαδικασία. Οι παρα-



δοσιακές εργαστηριακές συσκευές σαφέστατα έχουν θέση στη σύγχρονη εκπαιδευτική διαδικασία γιατί πέρα από τα αναντικατάστατα χαρακτηριστικά τους, εμπλέκουν με δημιουργικό τρόπο την τάξη. Ο παιδαγωγικός τους ρόλος είναι σημαντικός καθώς βοηθούν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων και δίνουν την ευκαιρία στους εκπαιδευόμενους να λειτουργήσουν σε ένα περιβάλλον βιωματικό, αντίστοιχο εκείνου των επιστημόνων. Με την κατάλληλη οργάνωση των εργαστηριακών δραστηριοτήτων, οι μαθητές/τριες έρχονται στο προσκήνιο, αναλαμβάνουν πρωτοβουλίες, συνεργάζονται, γίνονται υπεύθυνοι των επιλογών τους.

### Τα ιστορικά εργαστηριακά όργανα

Πριν περίπου μία 20ετία, το Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων με πρωτοβουλία του τότε σχολ. Συμβούλου Φ.Ε. (Β.Μπαργιάννης, Φυσικός) και τη συνδρομή του υπεύθυνου ΕΚΦΕ (Δ.Μαρκογιαννάκης, Χημικός) καθώς και αρκετών εκπαιδευτικών, ξεκίνησε τη συγκέντρωση παλιών εργαστηριακών οργάνων τα οποία αποτελούσαν μέρος του εξοπλισμού σχολικών εργαστηρίων του Νομού. Τα όργανα αυτά είχαν παροπλιστεί ή απλά δε χρησιμοποιούνταν και “έπιαναν χώρο” στα σχολεία ενώ, κάποια από είχαν στοιβαχτεί σε αποθήκες με σκοπό να πεταχτούν. Και όμως, συχνά βρεθήκαμε μπροστά σε πραγματικούς θησαυρούς: Ιστορικά εργαστηριακά εκπαιδευτικά όργανα και συσκευές που έφτασαν τα σχολεία μέσω προγραμμάτων αποζημιώσεων, εκπαιδευτικών μεταρρυθμίσεων, ιδιωτικών πρωτοβουλιών και δωρεών.



Εικόνα 1. Έκθεση μουσειακών οργάνων στο ΕΚΦΕ Χανίων.

Οι διαδικασίες συντήρησης και αποκατάστασής τους ήταν πραγματικό μάθημα καθώς ξεδιπλώθηκαν μπροστά μας οι αρχές λειτουργίας τους, ειδικές κατασκευές για την εξάλειψη των σφαλμάτων και τη βελτίωση της ακρίβειας των μετρήσεων, τεχνολογίες και παιδαγωγικές προσεγγίσεις άλλων εποχών. Και βέβαια, η ποιότητα και τα υλικά κατασκευής τόνιζαν τη “προσωπικότητά” τους ενώ μπορούσαμε να φανταστούμε τη λειτουργία τους ως μία μορφή διαλόγου με τους μαθητές. Ακολούθησε η φωτο-

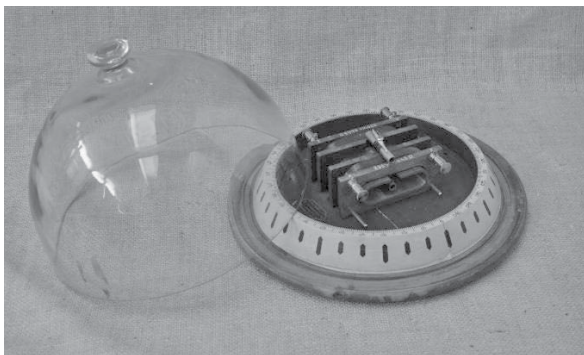


γράφηση και καταγραφή τους έτσι ώστε να αποτελέσουν μουσειακό υλικό το οποίο αυτή τη στιγμή εκτίθεται στο χώρο του Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων και αποτελεί έναν ακόμα πόλο έλξης για τους επισκέπτες μας, μαθητές και εκπαιδευτικούς. Ο σχετικός κατάλογος βρίσκεται αναρτημένος στη βιβλιοθήκη της ιστοσελίδας μας.

Φτάσαμε στο τρίτο ερώτημα που τέθηκε νωρίτερα: Εκτός από μουσειακές συσκευές, μπορούν να αξιοποιηθούν παιδαγωγικά στη σύγχρονη μέθοδο διδασκαλίας των Φ.Ε.; Μια κοντινή ματιά σε κάποιες από αυτές, θα δώσει την κατεύθυνση προς την οποία πρέπει να αναζητηθεί η απάντηση.

- Σχολικό Γαλβανόμετρο. Κατάλογος Νο. 100 της εταιρίας Max Kohl του 1927

Αιωρούμενη βελόνα, που (με τη βοήθεια κατάλληλα τοποθετημένων μαγνητών) αποκλίνει κατά τη διέλευση ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από ένα πηνίο. Η διάταξη είναι τοποθετημένη σε ξύλινη βάση και απομονώνεται από το περιβάλλον της με γυάλινο θόλο (Εικ.2).



Εικόνα 2. Σχολικό γαλβανόμετρο της εταιρείας Max Kohl.

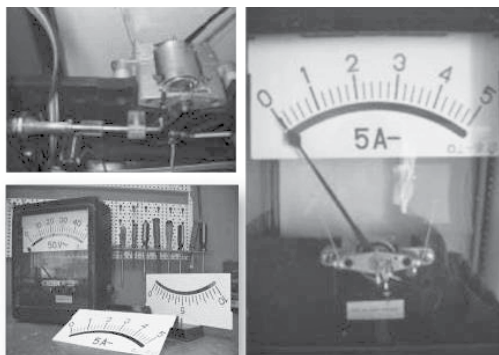
Μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως διαφόρων τύπων γαλβανόμετρο (εφαπτομένης, αστατικό κ.λπ) αλλά και ως πυξίδα. Η ευαισθησία του είναι μερικές δεκάδες  $\mu\text{A}$ /υποδιαίρεση.

*Σχετική Θεωρία: Μαγνητικό πεδίο γύρω από ρευματοφόρους αγωγούς, μαγνητικά υλικά, γήινο μαγνητικό πεδίο, ηλεκτρικό ρεύμα.*

Πρόκειται για μία από τις πιο ελκυστικές συσκευές της συλλογής μας. Συχνά οι επισκέπτες ανακαλύπτουν τη χρήση της (που δεν είναι προφανής) μέσα από καθοδηγούμενα «κουίζ».

- Αναλογικό πολύμετρο μεταβλητής κλίμακας.

Μεγάλο σε μέγεθος πολύμετρο βελόνας της πολωνικής εταιρίας Biofiz, από το 1971. Μπορεί να λειτουργήσει ως γαλβανόμετρο, βολτόμετρο, αμπερόμετρο / μιλι-αμπερόμετρο. Ο μηχανισμός λειτουργίας του (πηνίο, βελόνα, ελάσματα, καλωδίωση) είναι εμφανής καθώς καλύπτεται από τζάμι (Εικ.3) ενώ οι εναλλασσόμενες καρτέλες των κλιμάκων μέτρησης ενσωματώνουν κατάλληλο κύκλωμα ώστε η διάταξη να μπορεί να συνδεθεί σε σειρά ως αμπερόμετρο/γαλβανόμετρο ή παράλληλα ως βολτόμετρο.



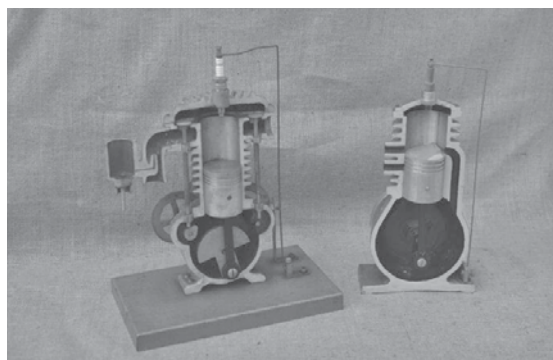
Εικόνα 3. Αναλογικό πολύμετρο μεταβλητής κλίμακας.

*Σχετική θεωρία:* Μαγνητικό πεδίο γύρω από αγωγούς (πηνίο), Ν. Hooke, κλίμακες και μονάδες μέτρησης, συνδεσμολογία βολτομέτρου και αμπερομέτρου και σφάλματα μέτρησης, ηλεκτρικά κυκλώματα.

Η συσκευή είναι κατασκευασμένη με τρόπο ώστε να είναι κατά το δυνατόν εμφανής ο τρόπος λειτουργίας της. Έτσι, εκτός από κλασική συσκευή μέτρησης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως παράδειγμα εφαρμογής της προϋπάρχουσας επιστημονικής γνώσης για την επίτευξη ενός συγκεκριμένου στόχου: την κατασκευή ενός εργαστηριακού οργάνου μέτρησης. Ο συνδυασμός της επιστήμης, των μαθηματικών (κλίμακες), της τεχνολογίας (χάλκινα καλώδια, μαγνητικά υλικά) και της μηχανικής (συνολική κατασκευή) είναι μία STEM υλοποίηση, άλλης εποχής!

- Τομές Βενζινοκινητήρα (Εικ.4)

Μοντέλο που έχει εκλείψει από τα σύγχρονα σχολικά εργαστήρια, καθώς έχει αντικατασταθεί από προσομοιώσεις. Και όμως, η πραγματική κίνηση των μηχανικών μερών κατά τη διάρκεια του θερμοδυναμικού κύκλου, έχει ξεχωριστή αξία.



Εικόνα 4. Τομές βενζινοκινητήρα.

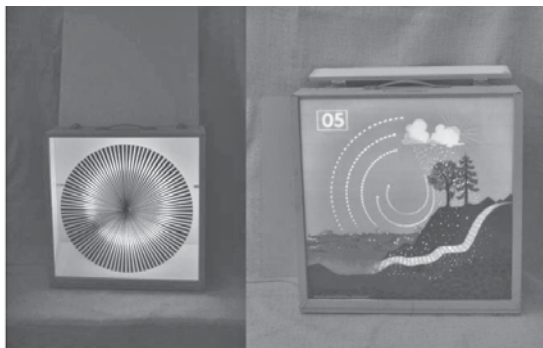


Σχετική θεωρία: Θερμοδυναμική, νόμοι αερίων, περιοδικές κινήσεις.

Το ενδιαφέρον των μαθητών είναι ξεχωριστό καθώς φέρνει άμεσα στο μυαλό τους τους κινητήρες των δικών τους οχημάτων. Έτσι γίνεται άμεσα η σύνδεση της θεωρίας με την καθημερινή ζωή.

- Διάταξη προβολής “κινούμενων” εικόνων

Περιέχεται σε κατάλογο του 1950 της Opticart-Verlag Carl Weigang. Αποτελείται από έναν περιστρεφόμενο δίσκο με ακτινική μεταβολή της διαφάνειας του. Το φως που διέρχεται από αυτόν φωτίζει ειδικές καρτέλες με εικόνες που τοποθετούνται μπροστά του, δημιουργώντας ψευδαίσθηση κίνησης (ροής). Οι διαφάνειες που συνοδεύουν τη διάταξη είναι σχεδιασμένες με τέτοιο τρόπο ώστε να διδάσκουν ...χωρίς λόγια (Εικ.5).



Εικόνα 5. Διάταξη προβολής κινούμενων εικόνων.

Σχετική θεωρία: Διάφορα πεδία εφαρμογής των Φ.Ε. όπως Βιολογία (Φωτοσύνθεση, ανθρώπινο σώμα) Γεωλογία (κύκλος νερού, ηφαίστεια) Φυσική, Χημεία (ακτίνες Χ, μεταλλουργία) Αστρονομία (κινήσεις πλανητών) και πολλά άλλα.

Το οπτικό αποτέλεσμα και η απλότητα της κατασκευής εντυπωσιάζει ακόμα και σήμερα. Ενδεικτικά αναφέρουμε ότι η περιγραφή του κύκλου του νερού με τη βοήθεια της διάταξης σε παιδιά προσχολικής αγωγής, ήταν η αφορμή για να φτιάξουν με ιδιαίτερη επιτυχία τη μακέτα του φαινομένου και να την παρουσιάσουν στο “Γιορτάζοντας τις Φ.Ε. στα Χανιά”.

- Διάταξη ορίζοντα

Της εταιρίας Max Kohl, περιέχεται στο κατάλογο No.50 του 1917. Αναπαρίσταται η τροχιά του ήλιου στον ουρανό, ανάλογα με την εποχή του χρόνου. Ο μαθητής/εκπαιδευτικός μπορεί να επιλέξει την ημερομηνία αλλά και τον τόπο στον οποίο βρίσκεται για να αντιληφθεί τη θέση του ήλιου ανάλογα με την ώρα της ημέρας.



Εικόνα 6. Αναπαράσταση ορίζοντα

Η ποιότητα κατασκευής είναι εξαιρετική καθώς είναι στο σύνολό της μεταλλική. Η συσκευή παραμένει λειτουργική, 100 χρόνια μετά (Εικ.6).

## ▾ ΣΥΝΟΨΗ

Οι προηγούμενες διατάξεις χρησιμοποιούνται ως μέρος διδακτικών παρεμβάσεων που γίνονται στο Ε.Κ.Φ.Ε. Χανίων. Ένα πρώτο συμπέρασμα που προκύπτει είναι το ότι, καθώς προκαλούν το ενδιαφέρον των μαθητών ενώ έχουν μεγάλη σαφήνεια στην αποτύπωση στοιχείων της θεωρίας, μπορούν να ενισχύσουν ή να συμπληρώσουν τη διδασκαλία συγκεκριμένων γνωστικών αντικειμένων. Το ίδιο ισχύει και για πολλές άλλες ιστορικές συσκευές που έχουν φτιαχτεί ακριβώς με την λογική του να εντυπωσιάζουν και να “συνομιλούν” με τους μαθητές. Τους προκαλούν να συμμετέχουν πιο ενεργά από την απλή ανάγνωση μιας μέτρησης, να αναρωτηθούν για τον τρόπο λειτουργίας, να αντιληφθούν ότι πολύ συχνά πίσω από τη λειτουργία μιας συσκευής κρύβονται βασικές αρχές της επιστήμης και απλές ιδέες υλοποίησής τους. Και βέβαια, ίσως το σημαντικότερο παιδαγωγικό χαρακτηριστικό τους είναι η ανάδειξη του γεγονότος ότι η γνώση του σήμερα είναι εξέλιξη της γνώσης του χθες.

Στη σύγχρονη εποχή της ταχύτατης διάδοσης κάθε είδους πληροφορίας, της απρόσκοπτης επικοινωνίας, των ψηφιακών μέσων και της εξέλιξης της τεχνολογίας, σε έναν κόσμο που τρέχει και συχνά δεν έχει χρόνο να αναζητήσει το «πώς» και το «γιατί», η χρήση των ιστορικών εκπαιδευτικών διατάξεων μπορεί να δώσει αφετηρίες για εποικοδομητικές συζητήσεις και διερευνητικές προσεγγίσεις στη διδασκαλία των Φ.Ε. Επιπλέον, η ανάλυση του τρόπου λειτουργίας και κατασκευής τους δίνει ιδέες για STEM διδακτικές πρακτικές, ακολουθώντας το ρεύμα της εποχής.



## Βιβλιογραφικές αναφορές

- Bacon, F. (1620). *Novum Organum* | *Online Library of Liberty*. Retrieved from <https://oll.libertyfund.org/title/bacon-novum-organum>
- Bennett, J. (1995). Can science museums take history seriously? *Science as Culture*, 5(1), 124–137. <https://doi.org/10.1080/09505439509526419>
- Finkelstein, N. D., Adams, W. K., Keller, C. J., Kohl, P. B., Perkins, K. K., Podolefsky, N. S., Reid, S., & LeMaster, R. (2005). When learning about the real world is better done virtually: A study of substituting computer simulations for laboratory equipment. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 1(1), 010103. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.1.010103>
- Opticart Carl Weigang 1950 (1950)—Opticart—Verlag*. LastDodo. Retrieved from <https://www.lastdodo.com/en/items/5535429-opticart-carl-weigang-1950>
- Priestley, J. (1775). *The History and Present State of Electricity, with Original Experiments* LL.D. F.R.S. Third edition. In two Volumes, Volume 1, London
- Taramopoulos, A., & Psillos, D. (2017). Complex phenomena understanding in electricity through dynamically linked concrete and abstract representations: Complex phenomena understanding. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(2), 151–163. <https://doi.org/10.1111/jcal.12174>
- Zacharia, Z., & Anderson, O. R. (2003). The effects of an interactive computer-based simulation prior to performing a laboratory inquiry-based experiment on students' conceptual understanding of physics. *American Journal of Physics*, 71(6), 618–629. <https://doi.org/10.1119/1.1566427>
- Κόκκοτας, Π., & Βλάχος, Ι. (2000). Ο ρόλος του πειράματος στην επιστήμη και την διδασκαλία—Μάθηση, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Αρχαιοθετημένη πλατφόρμα τηλεκαί-  
δευσης. Ανακτήθηκε από <https://tinyurl.com/kokotas-vlachos>
- Μανταδάκης, Ε., & Παπαβασιλείου, Ε. (2013). Εκπαιδευτικό λογισμικό στις φυσικές επιστήμες. *Ιδρυματικό αποθετήριο Ολυμπιάς*, 25, σ. 167–185, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Ανακτήθηκε από <https://tinyurl.com/mantadakis-papavasileiou>
- Μικρόπουλος, Α. (2007). Αξιοποίηση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση, Ανοικτά ακαδημαϊκά μαθήματα, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Ανακτήθηκε από <https://tinyurl.com/mikropoulos>
- Πάπαρου, Φ. (2012). Η αξιοποίηση της ιστορίας και της φιλοσοφίας της επιστήμης στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών: Διαμορφώνοντας δράσεις με κέντρο ιστορικά επιστημονικά όργανα (Διδακτορική Διατριβή). Τμήμα Χημείας, Σχολή Θετικών Επιστημών., Εθνικό Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών. <http://hdl.handle.net/10442/hedi/35259>