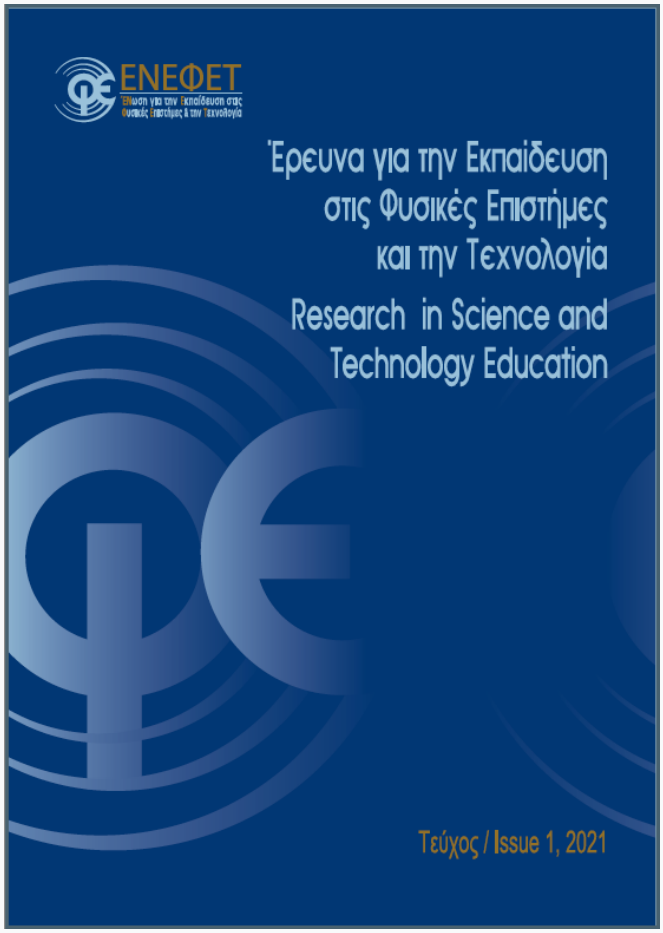
ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία

Τόμ. 1, Αρ. 1 (2021)

Ειδικό Τεύχος



Η Επιστημονική – Εκπαιδευτική Μέθοδος με Διερεύνηση και Καλές Πρακτικές

Γεώργιος Θεοφ. Καλκάνης

doi: 10.12681/riste.27267

Βιβλιογραφική αναφορά:

Καλκάνης Γ. Θ. (2021). Η Επιστημονική – Εκπαιδευτική Μέθοδος με Διερεύνηση και Καλές Πρακτικές. *Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία*, *1*(1), 21–38. https://doi.org/10.12681/riste.27267

Η Επιστημονική – Εκπαιδευτική Μέθοδος με Διερεύνηση και Καλές Πρακτικές

Γεωργ. Θεοφ. Καλκάνης
Ομότιμος Καθηγητής, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
kalkanis@primedu.uoa.gr

Περίληψη

Περιγράφεται ο μετασχηματισμός της μεθοδολογίας της επιστημονικής έρευνας (και) σε μεθοδολογία της εκπαιδευτικής διαδικασίας, ως «επιστημονική - εκπαιδευτική μέθοδος με διερεύνηση». Περιγράφονται επίσης και η πρώτη εφαρμογή και τα αποτελέσματα της μεθόδου στα μαθήματα των φυσικών της ύστερης πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης (από το 2001 μέχρι σήμερα) και τα μαθήματα της Φυσικής της πρώιμης δευτεροβάθμιας / γυμνασιακής εκπαίδευσης (από το 2013 μέχρι σήμερα) του ελληνικού εκπαιδευτικού συστήματος, καθώς και σε εργαστηριακά μαθήματα φυσικών επιστημών της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης. Η μέθοδος, καθώς και οι προτεινόμενες υποστηρικτικές «καλές πρακτικές», αποδεικνύεται λειτουργική και αποτελεσματική στην ανάπτυξη γνώσεων και δεξιοτήτων, καθώς και στην ανάπτυξη ορθολογικού τρόπου σκέψης από τους εκπαιδευόμενους.

Λέξεις κλειδιά: επιστημονική εκπαιδευτική μέθοδος με διερεύνηση

Abstract

The transformation of scientific research methodology to an educational methodology is described, named “scientific educational method by inquiry”, along with its first application and results in teaching physics course of the late primary education (dating since 2001 to date) and of early secondary / high school level (from 2013 to date) in the Greek Educational System, as well as lab Physics courses in higher education. This method and the proposed supportive “good practices” is proved to be functional and effective in developing knowledge and skills, as well as in the development of a rational way of thinking by the students.

keywords: scientific educational method by inquiry

Εισαγωγή

Έστω κι αν η πρόσκληση γι αυτό το σημείωμα της Ένωσης (ή αρχικά Κόμβου) για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία στα Ιδρυτικά της μέλη (από το 1997), είναι τιμητική, αυτό το σημείωμα μοιάζει να είναι αποτιμητική (ή και τερματική) κατάληξη μιας – ευτυχώς για μένα – μακράς επιστημονικής και εκπαιδευτικής διαδρομής στις φυσικές επιστήμες. Είναι επίσης μια ευκαιρία να συνοψίσω και να ξεχωρίσω εκπαιδευτικές σκέψεις και προτάσεις (μου) που έγιναν κατά τη διάρκεια αυτής της διαδρομής.

Θεωρώ την αρχική διαμόρφωση της πρότασης – στις αρχές του 2000 – και τη συνεχή έκτοτε υποστήριξη της εφαρμογής της "επιστημονικής - εκπαιδευτικής μεθοδολογίας με διερεύνηση" ως καθοριστική για όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες των φυσικών επιστημών.

Παράλληλα θεωρώ καλές πρακτικές που επηρέασαν διαχρονικά την εξέλιξή τους:

- την εμμονή στον πραγματικό αποδεικτικό πειραματισμό που στοχεύει στην ανακάλυψη της «θεωρίας» και όχι απλά στον επιδεικτικό πειραματισμό που επιβεβαιώνει τη θεωρία
- την ερμηνευτική και ενοποιητική αξιοποίηση των προσομοιώσεων του μικροκόσμου για την εξήγηση των φυσικών φαινομένων του μακροκόσμου και για την ανάδειξη του συνεκτικού χαρακτήρα του φυσικού μας κόσμου
- την επιδίωξη όχι μόνο απόκτησης γνώσεων αλλά και ανάπτυξης δεξιοτήτων από τους εκπαιδευόμενους
- τη διάχυση και αξιοποίηση – όπου είναι δυνατή – των μετακλασικών ιδεών σε όλες τις εκπαιδευτικές βαθμίδες
- την αντιπαράθεση με τις προκαταλήψεις
- την άσκηση και την εμμονή στον ορθολογικό τρόπο σκέψης (...).

Στόχοι

Στους βασικούς γενικούς στόχους αυτής της εκπαιδευτικής διαδρομής περιλαμβανόταν απαραίτητα η μετάδοση στους εκάστοτε εκπαιδευόμενους των επιστημονικών γνώσεων που απαιτούνται και συνάδουν με αυτούς ηλικιακά, γνωστικά, γνωσιακά, (...). Βασική προϋπόθεση ήταν η ακρίβεια, χωρίς η όποια εκπαιδευτική προσέγγιση ή απλούστευση να οδηγεί σε παρανοήσεις. Ζητούμενο βέβαια πάντα ήταν η ένταξη κάθε νέας γνώσης, στον γνωσιακό ιστό του κάθε εκπαιδευόμενου, να γίνεται με τη δυνατότητα βέλτιστης / «συναψιακής» αλληλεπίδρασής της με τις άλλες γνώσεις, ώστε ο ίδιος να συνθέτει και να δημιουργεί.

Οι παράπλευροι ή απώτεροι στόχοι ήταν πολλοί:

- η ανακάλυψη –και όχι απλή απομνημόνευση– της γνώσης με διερεύνηση, όπως αυτή προκύπτει με πειραματισμό από τον ίδιο τον εκπαιδευόμενο.

- η ερμηνεία των πειραματικών δεδομένων με τρόπο κατανοητό και απλό από τον εκπαιδευόμενο.
- η επέκταση της όποιας υποστηρικτικής θεωρίας και στην μετακλασική επιστήμη, αν και όπου είναι εφικτό και χρήσιμο.
- η άσκηση στην ορθή κρίση και τον ορθολογισμό για την επιλογή των ορθών πειραματικών δεδομένων και τη διατύπωση των όποιων συμπερασμάτων.
- η γενίκευση των επιμέρους συμπερασμάτων σε γενικότερα συμπεράσματα / θεματικές ενότητες.
- η διασύνδεση και η αλληλεπίδραση των ειδικών θεματικών συμπερασμάτων με άλλες διαθεματικές / διεπιστημονικές ενότητες.
- η άσκηση στην εφαρμογή των συμπερασμάτων στην καθημερινή ζωή και στην τεχνολογία.
- η ανάπτυξη κατά την εκπαιδευτική διαδικασία και δεξιοτήτων, εκτός της απόκτησης γνώσεων.
- η συμμετοχή των εκπαιδευόμενων / μελλοντικών πολιτών στις επιστημονικές και τεχνολογικές εξελίξεις της εποχής τους.
- η απόκρουση των προκαταλήψεων και των ψευδοεπιστημονικών ισχυρισμών στις φυσικές επιστήμες (...).

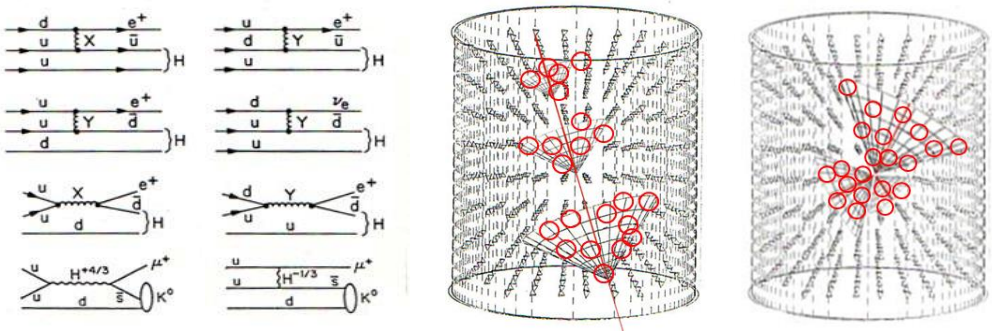
Μέθοδος

Καθοριστικός αλλά και αποτελεσματικός παράγοντας για τη σύμμετρη και ολοκληρωμένη διεξαγωγή της εκπαιδευτικής διαδικασίας σε όλες τις βαθμίδες και τις ομάδες εκπαιδευόμενων (μαθητών, φοιτητών, επιμορφούμενων, ...), με επιδίωξη την επιτυχία των στόχων της, ήταν πάντα η εφαρμογή μιας επιτυχούς διδακτικής ή εκπαιδευτικής μεθοδολογίας. Αν και διαχρονικά είχε αναγνωριστεί από όλους η αξία και αποτελεσματικότητα της επιστημονικής μεθοδολογίας της έρευνας, μόλις στις αρχές του 2000 άρχισε η μεθοδολογία αυτή να εφαρμόζεται και στην εκπαίδευση, κατάλληλα προσαρμοσμένη. Η «επιστημονική - εκπαιδευτική μέθοδος με διερεύνηση» (Καλκάνης, 2001, 2007α, 2007β, 2007γ; Straga & Kalkanis, 1999) είναι η γενικότερη εκδοχή του «ερευνητικά εξελισσόμενου εκπαιδευτικού προτύπου» που προτάθηκε και εφαρμόστηκε πρώτα από τη συγγραφική ομάδα των εγχειριδίων της σειράς «Φυσικά - Ερευνώ κι Ανακαλύπτω» της Ε΄ και Στ΄ τάξης του Δημοτικού Σχολείου (Αποστολάκης κά., 2001, 2006). Οι μέθοδοι με διερεύνηση που υιοθετούν τον επιστημονικό τρόπο σκέψης ως εκπαιδευτική μέθοδο αναγνωρίστηκαν ως κυρίαρχες (Science Education Now, 2007; Καριώτογλου, 2011).

Χαρακτηριστική και ενδεικτική της διαχρονικότητας της χρήσης της επιστημονικής μεθόδου της έρευνας σε παλαιά και σύγχρονα ή μεγάλα και μικρά ερευνητικά προγράμματα / πειράματα είναι η – κατά βήμα – εφαρμογή της στο πρωτοποριακό (το 1980) πείραμα για τη διάσπαση του πρωτονίου στις ΗΠΑ, από τα Πανεπιστήμια Harvard, Purdue και Wisconsin.

Συγκεκριμένα, ακολουθώντας τα γενικότερα αποδεκτά μεθοδολογικά βήματά της, το πρόγραμμα σχεδιάστηκε και πραγματοποιήθηκε: Α) με έναυσμα τη βάσιμη αντίληψη της επιστημονικής κοινότητας εκείνης της εποχής ότι τα θεωρητικά δεδομένα επέτρεπαν την προσδοκία της πειραματικής απόδειξης της διάσπασης του – αρχέγονου – πρωτονίου, Β) με διατύπωση των προτάσεων μερικών υποθετικών θεωρητικών modes διάσπασης του πρωτονίου που προτάθηκαν, Γ) με τη σχεδίαση, σύνθεση και εγκατάσταση μιας μεγάλης υπόγειας πειραματικής διάταξης ανίχνευσης πιθανών διασπάσεων πρωτονίου από μια μεγάλη δεξαμενή πυρήνων νερού, Δ) με την ανίχνευση, στη συνέχεια, και προσπάθειες ταυτοποίησης φωτοβολούντων μικροσκοπικών «γεγονότων» στον χώρο ως διασπάσεις πρωτονίων για τη διατύπωση της νέας γνώσης, Ε) με την προσπάθεια επιβεβαίωσης ή διάψευσης των αποτελεσμάτων / συμπερασμάτων και από άλλα πειράματα, με στόχο κοσμολογικές και άλλες αλλαγές στην επιστήμη, όπως την τελική απόδειξη της υπόθεσης της Μεγάλης Αρχής (Big Bang) του κόσμου μας (Kalkanis, 1986, 1984; Καλκάνης, 1984).

Εικόνες 1: Θεωρητικές modes διάσπασης πρωτονίου, Ανίχνευση τροχιάς φορτισμένου κοσμικού σωματιδίου, Ανίχνευση / ταυτοποίηση γεγονότων διάσπασης (;)



Η επιστημονική - εκπαιδευτική μέθοδος με διερεύνηση μεταβαίνοντας από την επιστημονική έρευνα στην εκπαιδευτική διερεύνηση, αντιγράφοντας ή προσομοιώνοντας τα βήματα της επιστημονικής μεθόδου της έρευνας και ενσωματώνοντάς τα σε «φύλλα εργασίας», επιδιώκει και επιτυγχάνει:

1) να προκαλεί το ενδιαφέρον των εκπαιδευόμενων για την εκάστοτε θεματική της εκπαιδευτικής διαδικασίας με εναύσματα, όπως θέματα της επικαιρότητας, σχετικά φυσικά ή και ανθρωπογενή φαινόμενα, επιστημονικές ή τεχνολογικές ανακοινώσεις, ή/και διαθεματικές αναφορές στις τέχνες... (βήμα 1ο: πρόκληση ενδιαφέροντος),
2) να προβληματίζει και να ζητά υποθέσεις ή προτάσεις από τους εκπαιδευόμενους για τον τρόπο μελέτης της θεματικής, οργανώνοντας συζητήσεις μεταξύ τους και θέτοντας ερωτήματα, ώστε οι εκπαιδευόμενοι να συνδέσουν τη συγκεκριμένη θεματική με προϋπάρχουσες γνώσεις (βήμα 2ο: προβληματισμός και διατύπωση υποθέσεων),

3) να εμπλέκει σε πειραματισμό (πραγματικό ή εικονικό, με πραγματικές κατά το δυνατόν μετρήσεις και ιδιοκατασκευές) τους εκπαιδευόμενους, κατατάσσοντάς τους σε ομάδες και διακρίνοντας ρόλους. Ο πειραματισμός –απαραίτητα– πρέπει να είναι αποδεικτικός (απορριπτικός ή επιβεβαιωτικός) μιας υπόθεσης και ανακαλυπτικός της «θεωρίας» των εκπαιδευόμενων και όχι επιδεικτικός μετά τη διατύπωση της γνωστής θεωρίας (βήμα 3ο: πειραματισμός),
4) να ζητά τη διατύπωση των παρατηρήσεων, των αποτελεσμάτων και των συμπερασμάτων των εκπαιδευόμενων που θα αποτελέσουν την εξαχθείσα γνώση, τη «θεωρία» τους (βήμα 4ο: διατύπωση παρατηρήσεων, αποτελεσμάτων, συμπερασμάτων),
5) να εφαρμόζει διεπιστημονικά / διαθεματικά τη «θεωρία», να την εμπεδώνει, να τη γενικεύει σε ευρύτερες θεματικές και να την ερμηνεύει με τον μικρόκοσμο (βήμα 5ο: εφαρμογές, γενίκευση, μικρο-ερμηνείες).

Με την απαραίτητη εμπλοκή των εκπαιδευόμενων κατά την εκπαιδευτική διαδικασία σε πραγματικούς πειραματισμούς και πραγματικές μετρήσεις, αλλά και στη διατύπωση από τους ίδιους των συμπερασμάτων τους (της «θεωρίας» τους) από τα αποτελέσματα των πειραματισμών τους, καταδεικνύεται καταρχήν στους εκπαιδευόμενους ότι οι θεωρίες είναι αντικειμενικές και δεν εξαρτώνται από προαντιλήψεις ή προκαταλήψεις, αλλά μόνο από το πείραμα.

Παράλληλα με τις γνώσεις που αποκτούν οι εκπαιδευόμενοι αποκτούν ή και ενισχύουν προσδοκώμενες δεξιότητες συμμετέχοντας ενεργητικά στα διάφορα και ποικίλα βήματα της μεθοδολογίας. Ενδεικτικά αναφέρονται προσδοκώμενες δεξιότητες:

Βήμα 1ο) πρόκληση ενδιαφέροντος: παρατηρητικότητα, αξιοποίηση ψηφιακών μέσων, ανάπτυξη ενδιαφερόντων,

Βήμα 2ο) προβληματισμός, υποθέσεις: ομαδικότητα, επικοινωνία, διαίσθηση, αναστοχασμός, αναλυτική σκέψη,

Βήμα 3ο) πειραματισμός: συνεργατικότητα, δημιουργικότητα, εφευρετικότητα, ανάληψη πρωτοβουλιών, χρήση εργαλείων, χρήση οργάνων, λήψη μετρήσεων, έλεγχος μεταβλητών, διαχείριση χρόνου,

Βήμα 4ο) αποτελέσματα / συμπεράσματα (θεωρία): επίλυση προβλήματος, λήψη αποφάσεων, ορθολογισμός, κριτική σκέψη, διατύπωση παρατηρήσεων, διατύπωση συμπερασμάτων / θεωρίας, αυτοεκτίμηση,

Βήμα 5ο) εφαρμογές, γενίκευση, μικρο-ερμηνείες: συνδυαστική σκέψη, αφαιρετική σκέψη, αξιοποίηση μοντέλων.

Προστίθεται ότι η καταγραφή παρατηρήσεων, σχολίων, κρίσεων, μετρήσεων, αποτελεσμάτων, συμπερασμάτων (...) στα φύλλα εργασίας – έντυπα ή ηλεκτρονικά – από τους ίδιους τους εκπαιδευόμενους παρέχει τη δυνατότητα στον/στην επιμορφωτή για την αναλυτική (σε κάθε βήμα και ενέργεια) αξιολόγηση των εκπαιδευόμενων, καθενός ξεχωριστά, τόσο όσον αφορά στην ενεργό συμμετοχή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία

και στις γνώσεις που απέκτησαν όσο και στις δεξιότητες που ανέπτυξαν κατά την εκπαιδευτική διαδικασία.

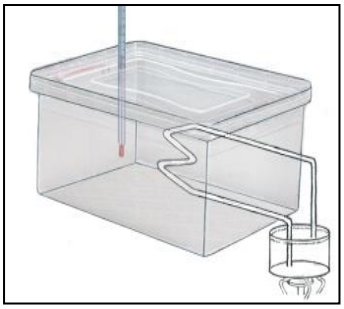
Καλές Πρακτικές

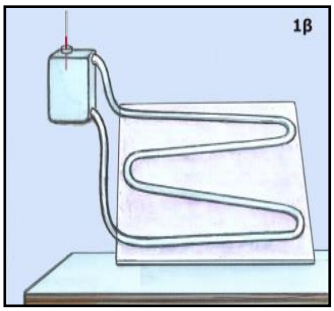
Σε όλο το πλέγμα των δραστηριοτήτων που προβλέπει / απαιτεί η εφαρμογή της μεθόδου, σημαντική είναι η παράπλευρη συμβολή μερικών «καλών πρακτικών», είτε πρόκειται για ατομικές πρακτικές που εφαρμόζουν οι εκπαιδευόμενοι ή μια ομάδα εκπαιδευομένων και αφορούν στα μεθοδολογικά βήματα, είτε πρόκειται για γενικότερες πρακτικές που αφορούν στα μελετούμενα αντικείμενα και τις παιδαγωγικές προσεγγίσεις τους και εφαρμόζονται από το σύνολο των εκπαιδευομένων.

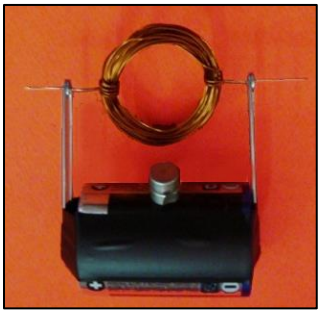
Μερικές από αυτές έχουν προταθεί – και προτείνονται – με την πεποίθησή μου ότι βελτιστοποιούν την ποιότητα και αποτελεσματικότητα της επιστημονικής εκπαιδευτικής μεθόδου με διερεύνηση.

1) Ο – αναπόσπαστος από τη μέθοδο – πειραματισμός είναι ευκταίο να διεξάγεται μετωπικά από τους εκπαιδευόμενους ως αποδεικτικός μιας υπόθεσης / ανακαλυπτικός της «θεωρίας» τους και όχι ως επιδεικτικός μετά τη διατύπωση γνωστής θεωρίας. Ευκταία είναι η χρήση απλών υλικών και μέσων που επιλέγονται και κατά το δυνατόν συγκεντρώνονται από τους εκπαιδευόμενους έτσι ώστε να έχουν τη δυνατότητα στο σπίτι τους να επαναλάβουν τον πειραματισμό. Προστιθέμενη αξία στον πειραματισμό συνιστά και η πρόταση της σύνθεσης της πειραματικής διάταξης με αυτοσχεδιασμό και ιδιοκατασκευή από τον/τους εκπαιδευόμενο/ους (Καλκάνης κ.ά., 2013; Γκικοπούλου κ.ά., 2013). Λειτουργικές και χρήσιμες αποδείχθηκαν οι ιδιοκατασκευές που προταθήκαν κατά καιρούς στους Πανελλήνιους Διαγωνισμούς Φυσικής «Αριστοτέλης» και αναπαράχθηκαν από πλήθος μαθητών και σχολείων («Αριστοτέλης» 2015-2019).

Εικόνες 2: Ιδιοκατασκευή πειραματικού συστήματος οικιακής θέρμανσης («Αριστοτέλης» Στ'α 2018), Ιδιοκατασκευή πειραματικού συστήματος ηλιακού θερμοσίφωνα («Αριστοτέλης», Στ'α 2016), Ιδιοκατασκευή πειραματικού ηλεκτρομαγνητικού κινητήρα («Αριστοτέλης» Στ'β 2018)

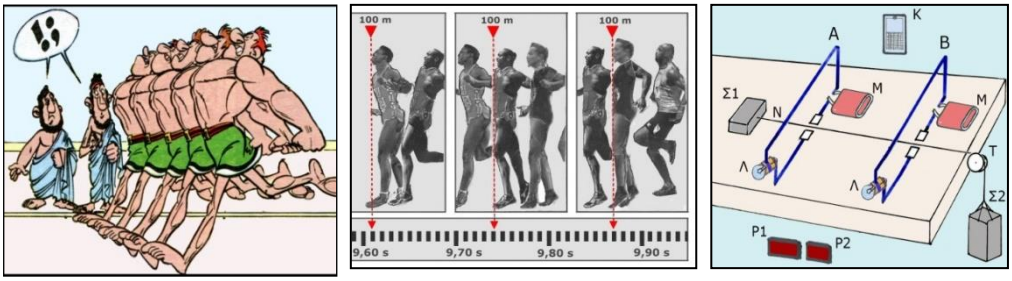






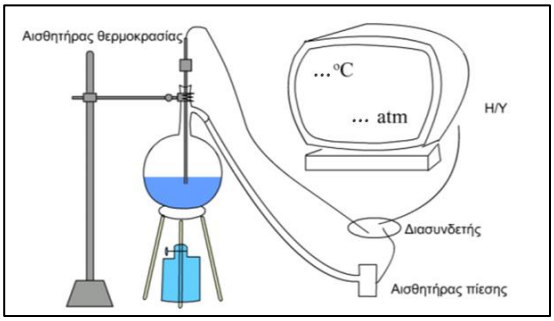
2) Το ενδιαφέρον των εκπαιδευόμενων για τη μελέτη κάποιας θεματικής εξαρτάται ισχυρότατα από τον τρόπο – και την πρωτοτυπία – της πρόκλησης του ενδιαφέροντος, όπως επιδιώκεται συχνά στα θέματα του διαγωνισμού «Αριστοτέλης». Κυρίως όμως το ενδιαφέρον εξαρτάται από το αν το υπό μελέτη θέμα δημιουργεί ερωτήματα στους εκπαιδευόμενους προς απάντηση, ιδίως όταν πρόκειται για θέματα της σύγχρονης τεχνολογίας.

Εικόνες 3: Μέτρηση χρόνου με ακρίβεια: Πρόκληση ενδιαφέροντος, Μέθοδος photo finish, Εναλλακτική ιδιοκατασκευή, Θέμα Διαγωνισμού Φυσικής «Αριστοτέλης», Α' Γυμν., 2019 («Αριστοτέλης» 2015-2019)



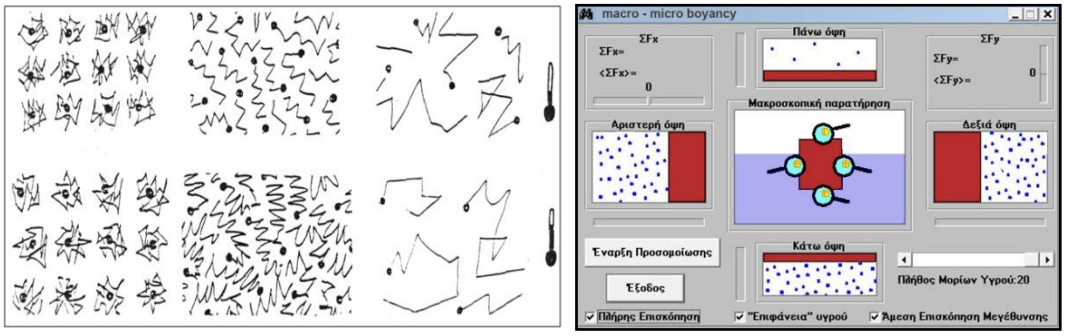
3) Στο πλαίσιο των ιδιοκατασκευών προτείνεται (ήδη από τη δεκαετία του 1990) η χρήση και η σύνθεση –με απλά μέσα– αισθητήρων και απτήρων οι όποιοι συνδεόμενοι με τον ηλεκτρονικό υπολογιστή παρέχουν κατευθείαν πειραματικά δεδομένα. Επιπλέον, αποτελούν άμεση εφαρμογή φυσικών αρχών γνωστών ή προσιτών στους εκπαιδευόμενους (Καλκάνης, 2007β; Patrinopoulos & Kalkanis, 2004). Επισημαίνεται ότι η πρόταση και η εφαρμογή αυτή (τη δεκαετία του 1990) ήταν ο προπομπός μιας καινοφανούς διεύρυνσης των τεχνολογιών της εκπαιδευτικής ρομποτικής (γνωστής ως STEM) για τις ανάγκες και άλλων – εκτός της Φυσικής – γνωσιακών αντικειμένων / μαθημάτων.

Εικόνες 4: Δύο αισθητήρες θερμοκρασίας, διασυνδετής και ηλεκτρονικός υπολογιστής της εποχής εκτελούν μετρήσεις σε πείραμα θερμικής ισορροπίας, Αισθητήρας θερμοκρασίας και αισθητήρας πίεσης με διασυνδετή ηλεκτρονικού υπολογιστή της εποχής εκτελούν μετρήσεις σε πείραμα για την εύρεση της εξάρτησης από την πίεση του σημείου βρασμού του νερού



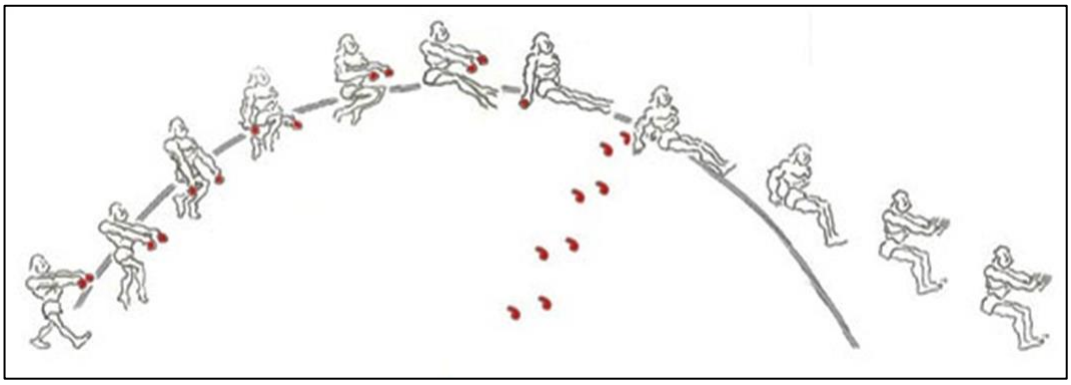
4) Εξαιρετικά ενδιαφέρουσα και παραγωγική για την εκπαίδευση στις φυσικές επιστήμες είναι η αναπαράσταση / προσομοίωση των θέσεων και των κινήσεων των σωματιδίων του μικροκόσμου, ιδίως όταν επιχειρείται με απλό τρόπο (Καλκάνης, 2007β, 2007δ, 2007ε). Οι προσομοιώσεις αυτές υποδεικνύουν πρακτικά στους εκπαιδευομένους τρόπους ερμηνείας φαινομένων του μακροκόσμου – όπως και της εξέλιξής τους –, αλλά και αποδεικνύουν τον συνεκτικό τρόπο της συγκρότησης του κόσμου, δεδομένου ότι αυτός διαπιστώνεται ότι αποτελείται από λίγες και απλές δομές (Γκικοπούλου–& Καλκάνης, 2016; Γκικοπούλου, 2017; Γκικοπούλου, 2013; Δενδρινός–& Καλκάνης, 2004; Dimopoulos-& Kalkanis, 2003; Δρόλαπας & Γκικοπούλου, 2019; Ιμβριώτη, 2006, Ιμβριώτη & Καλκάνης, 2007, 2004, 2003; Χατζηδάκη & Σταύρου, 1998). Οι προσομοιώσεις των κινήσεων του μικροκόσμου λειτουργούν με τη χρήση (ψευδο-)τυχαίων αριθμών και μεθόδους Monte Carlo (Kalkanis, 2013, 2010, 1997, 1996). Συμπληρωματικά, ενδιαφέρουσα είναι και η σύγχρονη ή/και αναδραστική λειτουργία πραγματικών πειραμάτων του μακροκόσμου και προσομοιώσεων του μικρόκοσμου.

Εικόνες 5: Ο μικρόκοσμος ερμηνεύει τον μακρόκοσμο / διαστολή – συστολή στερεών, υγρών, αερίων (Καλκάνης, 2007γ), Σύγχρονη λειτουργία πειράματος άνωσης και προσομοιώσεων του μικρόκοσμου (Τσάκωνας, Καλκάνης 1998)



5) Ενδιαφέρον παρουσιάζουν και οι θεματικές που απαιτούν πειραματισμούς για την αναπαράσταση και την ερμηνεία παιχνιδιών και αθλητικών αγωνισμάτων που στηρίζονται σε βασικές αρχές και νόμους της Φυσικής, όπως είναι πολλά από τα ολυμπιακά παιχνίδια / αγωνίσματα.

Εικόνες 6: Η διατήρηση της ορμής ερμηνεύει τη χρήση «αλτήρων» στα άλματα μήκους των αρχαίων Ολυμπιάδων (Kalkanis 1998)



6) Όπου δεν είναι δυνατή η εκτέλεση πειραμάτων –όπως σε εξετάσεις και διαγωνισμούς– προτείνεται και έχει δοκιμαστεί συστηματικά και επιτυχώς, ιδίως στους Πανελλήνιους Διαγωνισμούς Φυσικής «Αριστοτέλης», η χρήση και επεξεργασία πραγματικών τιμών μέτρησης σε πειραματικά θέματα. Η εμπειρία τόσο από τους Πανελλήνιους Διαγωνισμούς Φυσικής όσο και από τη συστηματική επαφή και ανάδραση από τις Διεθνείς Ολυμπιάδες Φυσικής («Αριστοτέλης» 2015-2019) επιτρέπει πλέον στην

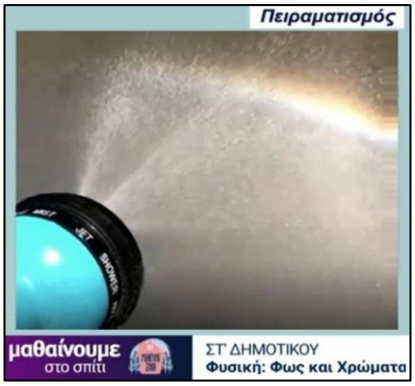
κοινότητά μας να απαιτήσει από την πολιτεία συμμετοχή του πειραματισμού στις εξετάσεις εισαγωγής στα ΑΕΙ («Αριστοτέλης» 2018). Εξάλλου η διαπίστωση της έλλειψης αυτής έχει μετρηθεί με έρευνα σε σημερινούς φοιτητές Φυσικής και μαθητές που συμμετείχαν σε Πανελλήνιους Διαγωνισμούς Φυσικής / Φυσικών «Αριστοτέλης» και σε Διεθνείς Ολυμπιάδες Φυσικής (Καλκάνης, & Τόμπρας 2019). Επισημαίνεται ότι η συμμετοχή μαθητών στους Διαγωνισμούς Φυσικής / Φυσικών και στις Ολυμπιάδες Φυσικής συνιστούν «καλή πρακτική» στο πλαίσιο της εκπαίδευσής τους.

Εικόνες 7: Στιγμιότυπα από την πραγματική πειραματική διαδικασία των μετεχόντων μαθητών –και των Ελλήνων– σε Διεθνή Ολυμπιάδα Φυσικής, Μέλος της Ελληνικής μαθητικής ομάδας εκτελεί τα πειράματα

7) Οι βάσεις / τράπεζες θεμάτων, αν και αντιμετωπιστήκαν επιφυλακτικά κατά την πρώτη τους δοκιμαστική εφαρμογή (το 2014) με την πλατφόρμα «Μελέαγρος» (Καλκάνης, 2014), έχουν πλέον γενική αποδοχή όχι μόνο για την εκπαιδευτική και παιδαγωγική εφικτότητα της εφαρμογής τους, αλλά (και) γιατί συνιστούν ένα αποτελεσματικό – και δημοκρατικό – μέσο εφαρμογής των προγραμμάτων σπουδών με τον ίδιο τρόπο σε όλα τα σχολεία της χώρας.

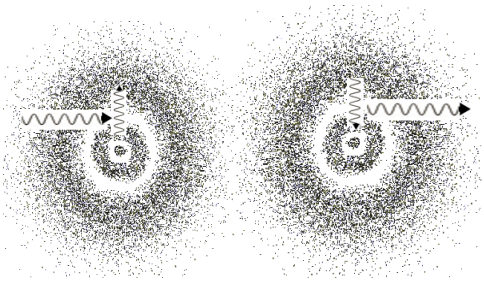
8) Δεδομένης της αναγκαιότητας χρήσης των ψηφιακών τεχνολογιών και των εφαρμογών τους για διαφορετικές και συχνά μη προβλεπτές ανάγκες της εκπαίδευσης, προτείνεται οι μέθοδοι, τεχνικές και πρακτικές της ψηφιακής τηλεκπαίδευσης (εξ αποστάσεως, σύγχρονης, ασύγχρονης, ...) να αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της γενικότερης τυπικής εκπαίδευσης. Στο πλαίσιο αυτό της εκπαίδευσης στις ψηφιακές τεχνολογίες και των εφαρμογών τους καλές και χρήσιμες πρακτικές είναι και η δημιουργία εκπαιδευτικών ψηφιακών σεναρίων (Καλκάνης, κ.ά., 2007δ, 2007ε) και επεισοδίων εκπαιδευτικής τηλεόρασης (Γκικοπούλου, 2020).

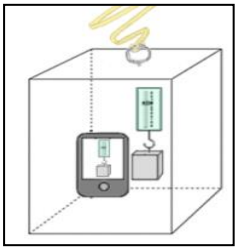
Εικόνες 8: Πραγματικό πείραμα θερμικής ισορροπίας από ψηφιακό εκπαιδευτικό σενάριο αναρτημένο στο Φωτόδεντρο (Καλκάνης κά. 2007δ, 2007ε), Πείραμα δημιουργίας ουράνιου τόξου σε σταγονίδια νερού από πίδακα κήπου αναρτημένο στην ΕΡΤ tv (Γκικοπούλου 2020)

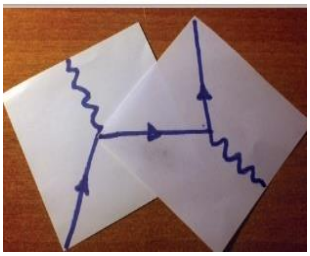


9) Η παραπομπή και η απλή αναφορά ή αξιοποίηση φαινομένων και αρχών της μετακλασικής επιστήμης – όπου κι αν είναι εφικτή και χρήσιμη – είναι ευεργετική για τη συνολική αντίληψη των εκπαιδευομένων ότι δεν υπάρχουν ελλείμματα στην κατανόηση και ερμηνεία του κόσμου, όπως θα δειχθεί στις επόμενες βαθμίδες εκπαίδευσης.

Εικόνες 9: Διέγερση - Αποδιέγερση ηλεκτρονίου με εκπομπή φωτονίου (Καλκάνης 2007γ), Αυτοσχέδιο πείραμα ανελκυστήρα Einstein (Kapotis, Kalkanis 2016), Εκπαιδευτικό διάγραμμα Feynman electron - photon scattering (Kontokostas, Kalkanis 2013)

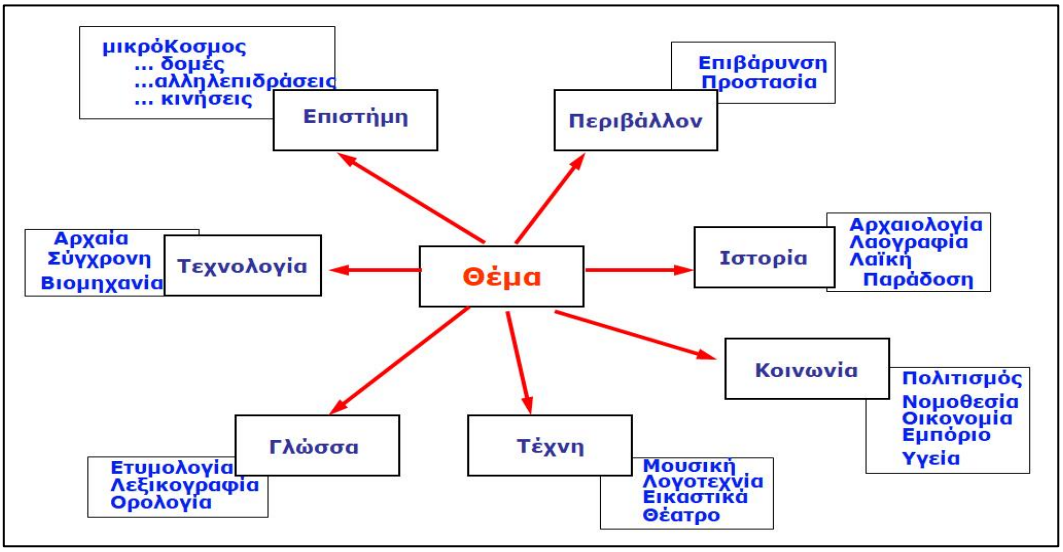






10) Η συσχέτιση της όποιας θεματικής που μελετήθηκε κατά την εκπαιδευτική διαδικασία, με εφαρμογή της μεθόδου, ολοκληρώνεται στο πέμπτο βήμα με την καλή πρακτική της «συστημικής» συσχέτισης της θεματικής με συγγενείς γνώσεις από άλλα – εκτός της Φυσικής – θεματικά αντικείμενα.

Εικόνα 10: Το παρακάτω συστημικό διάγραμμα διευκολύνει –ή αναγκάζει– τη διεπιστημονική / διαθεματική συσχέτιση να είναι πλήρης και ολοκληρωμένη (Καλκάνης 2007β, 2007γ)



11) Τέλος, σημειώνεται ως «καλή πρακτική» η απαραίτητη, συνεχής και αυστηρή αντιπαράθεση με τις προκαταλήψεις και τους ψευδοεπιστημονικούς αποπροσανατολισμούς που διαρκώς αναφύονται ή προωθούνται (ακόμη και από «επιστημονικές» ενώσεις ...), με αντίδοτο βέβαια τη συνεχή προσπάθεια ανάδειξης του ορθολογισμού της επιστημονικής έρευνας και την εφαρμογή του στην καθημερινή ζωή.

Εφαρμογές – Αποτελέσματα

Η επιστημονική - εκπαιδευτική μέθοδος με διερεύνηση εφαρμόζεται από το έτος 2001 μέχρι σήμερα στα σχολικά εγχειρίδια της σειράς «Φυσικά – Ερευνώ κι Ανακαλύπτω» της Ε΄ και Στ΄ τάξης του Δημοτικού Σχολείου (Αποστολάκης κά., 2001, 2006). Αυτά είναι τα επίσημα σχολικά βιβλία για όλους τους μαθητές Ε’ και Στ’ Δημοτικού της χώρας μας.

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται επίσης από το έτος 2013 μέχρι σήμερα στο επίσημο σχολικό εγχειρίδιο φυσικής της Α’ Γυμνασίου «Η Φυσική με Πειράματα» (Καλκάνης. κ.ά., 2013), καθώς και στον Εργαστηριακό Οδηγό Φυσικής της Β’ Γυμνασίου (Αντωνίου κά. ,2014) από το 2014 μέχρι σήμερα.

Επίσης, η μέθοδος προβλέφτηκε προς εφαρμογή στα νέα Προγράμματα Σπουδών Φυσικής για την Α’, Β’ και Γ’ Λυκείου (ΦΕΚ 184/23-01-2015) καθώς και για το μάθημα «Αρχές Φυσικών Επιστημών» για μάθημα της Γ΄Λυκείου (ΦΕΚ 180/23-01-2015) τα οποία παρότι

ολοκληρώθηκαν και εκδόθηκαν σε ΦΕΚ δεν πρόλαβαν να εφαρμοστούν. Όμως εφαρμόζονται διαρκώς σε εκπαιδευτικά και επιμορφωτικά σεμινάρια για μαθητές και εκπαιδευτικούς.

Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε και στα βιβλία των μαθημάτων των Φυσικών Επιστημών του ΠΤΔΕ του Πανεπιστημίου Αθηνών (Καλκάνης, 2007γ, 2010). Κατά τα ακαδημαϊκά έτη 1998-1999 έως 2009-2010 οι φοιτητές εκτελούσαν εργαστηριακά πειράματα φυσικών επιστημών σύμφωνα με τον ισχύοντα τότε εργαστηριακό οδηγό (Καλκάνης, & Κωστόπουλος, 1998), μη ενταγμένα στα βήματα κάποιας διδακτικής μεθοδολογίας. Κατά τα ακαδημαϊκά έτη 2010-2011 έως 2015-2016 οι φοιτητές εκτελούσαν στο Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών εργαστηριακά πειράματα φυσικών επιστημών ακολουθώντας τον νέο εργαστηριακό οδηγό (Καλκάνης, 2010). Αυτά τα πειράματα ήταν ενταγμένα στα βήματα της εκπαιδευτικής μεθόδου με διερεύνηση.

Κατά τη μακρόχρονη εφαρμογή της επιστημονικής - εκπαιδευτικής μεθόδου με διερεύνηση, στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια / γυμνασιακή εκπαίδευση δεν δημοσιεύτηκαν ή διατυπώθηκαν από εκπαιδευτικούς αρνητικές κρίσεις για την αποτελεσματικότητά της και δεν ζητήθηκαν παρεμβάσεις ή και αλλαγές στη δομή και τη λειτουργία της. Αντίθετα, οι θετικές κρίσεις που έχουν δημοσιευτεί (Γκικοπούλου, 2013, Ιμβριώτη, 2006 κά.) για τη μέθοδο, αλλά και για πολλές υποστηρικτικές της μεθόδου καλές πρακτικές, υποδεικνύουν την εν γένει αποδοχή της από τους εκπαιδευτικούς της τυπικής εκπαίδευσης.

Όσον αφορά στους φοιτητές που ασκήθηκαν σε εργαστηριακά πειράματα φυσικών ενταγμένα στην επιστημονική - εκπαιδευτική μέθοδο με διερεύνηση, η σχετική έρευνα (Γκικοπούλου, 2019) έδειξε ότι είχαν καλύτερη επίδοση όσον αφορά στην ακρίβεια και πληρότητα των συμπερασμάτων τους, στη διασύνδεση των συμπερασμάτων τους με τη θεωρία αλλά και στις εφαρμογές, υποδηλώνοντας την ανάπτυξη ενός επιστημονικού τρόπου σκέψης. Τα αποτελέσματα αυτά είναι αρκετά ενθαρρυντικά με προεκτάσεις και στην τυπική εκπαίδευση όπου εφαρμόζεται η ίδια μέθοδος, καθώς υποδηλώνουν ότι η μέθοδος αυτή μπορεί να βοηθήσει και στην ανάπτυξη επιστημονικού τρόπου σκέψης και στους μαθητές της τυπικής εκπαίδευσης.

Τα αποτελέσματα αυτά βρίσκονται σε συμφωνία και με αποτελέσματα άλλων ερευνών (Koerber et al., 2015) που υποστηρίζουν ότι η κατανόηση της φύσης της επιστήμης και της αναγκαιότητας του ελέγχου των υποθέσεων και της αξιολόγησης των δεδομένων βοηθούν τους μαθητές να αντιμετωπίσουν τις αφελείς και μερικά σωστές αντιλήψεις τους, προσεγγίζοντας περισσότερο τις επιστημονικές.

Επίσης, η Kuhn επισημαίνει (1999) ότι βασικός σκοπός της εκπαίδευσης είναι να μάθουν οι μαθητές πώς να σκέφτονται, ώστε να μπορούν να αποκτούν νέες γνώσεις και δεξιότητες. Η διερευνητική μάθηση συντελεί στην επίτευξη αυτού του σκοπού δεδομένου ότι βοηθά τους μαθητές να αποκτήσουν τον επιστημονικό τρόπο σκέψης. Η ίδια και οι συνεργάτες της (Kuhn et al., 2000) ορίζουν τη διερευνητική μάθηση ως μια εκπαιδευτική διαδικασία κατά την οποία οι μαθητές μελετούν προσεκτικά τα φαινόμενα (πραγματικά ή εικονικά) και καταλήγουν σε συμπεράσματα για αυτά.

Συμπεράσματα – Προτάσεις

Συμπεραίνεται από τη μακρά και αναντίρρητη – μόνο με θετικά σχόλια – εφαρμογή της επιστημονικής - εκπαιδευτικής μεθόδου με διερεύνηση, σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης, ότι αυτή είναι επιτυχής και προτείνεται η εφαρμογή της σε όλες τις εκπαιδευτικές διαδικασίες των φυσικών επιστημών. Εξάλλου, η διερευνητική μέθοδος προτείνεται προς εφαρμογή από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή (Science Education Now, 2007).

Βιβλιογραφία

Αντωνίου Ν., Δημητριάδης Π., Καμπούρης Κ., Παπαμιχάλης Κ., Παπατσίμπα Λ. (2014). Εργαστηριακός Οδηγός Φυσικής Β' Γυμνασίου, ΙΤΥΕ Διόφαντος, Αθήνα 2014

Αποστολάκης, Ε., Κορόζη, Β., Παναγοπούλου, Ε., Πετρέα, Κ., Σταύρος Σ., Καλκάνης Γ.Θ., (2001). «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» εγχειρίδια Ε' και Στ' Δημοτικού, βιβλίο για το μαθητή, βιβλίο για το δάσκαλο, ένθετο «με μια ματιά», φύλλα αξιολόγησης, Υπουργείο Παιδείας, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, ΟΕΔΒ, Αθήνα, 2001

Αποστολάκης Ε., Παναγοπούλου Ε., Σάββας Σ., Τσαγλιώτης Ν., Μακρή Β., Πανταζής Γ., Πετρέα Κ., Σωτηρίου Σ., Τόλιας Β., Τσαγκογέωργα Α., Καλκάνης Γ.Θ. (2006). «ΦΥΣΙΚΑ Ε΄ και Στ' Δημοτικού - Ερευνώ και Ανακαλύπτω», - Βιβλίο Μαθητή, - Τετράδιο Εργασιών, - Βιβλίο Δασκάλου, Υπουργείο Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, ΟΕΔΒ, Αθήνα, 2006

«Αριστοτέλης» (2018). Απολογισμός / Προτάσεις, Υπουργείο Παιδείας, 2015-2018, http://micro-kosmos.uoa.gr

«Αριστοτέλης» (2015-2019). Θέματα Πανελληνίων Διαγωνισμών Φυσικής / Φυσικών, 2015-2018, http://micro-kosmos.uoa.gr

Γκικοπούλου Ο. (2020). Οκτώ Επεισόδια Εκπαιδευτικής τηλεόρασης, 2020, https://webtv.ert.gr/ category/ mathainoume-sto-spiti

Γκικοπούλου Ο. (2019). «Η επιστημονική / εκπαιδευτική μέθοδος με διερεύνηση και ο επιστημονικός τρόπος σκέψης – Μια έρευνα», 11ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Επαναπροσδιορίζοντας τη Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας στον 21ο αι., Πανεπιστήμιομιο Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα, 2019

Γκικοπούλου Ο. (2013). «Εννοιολογική Αλλαγή στις Φυσικές Επιστήμες», Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2013

Γκικοπούλου Ρ., Καλκάνης Γ.Θ., Βοσνιάδου Σ. (2016). «Σχεδιάζοντας περιβάλλοντα μάθησης με αξιοποίηση του εκπαιδευτικού προτύπου του μικροκόσμου για τη διδασκαλία της έννοιας της ύλης στο δημοτικό σχολείο», Πρακτικά 4ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Γνωστικής Ψυχολογίας, Ελληνική Ψυχολογική Εταιρεία και Τμήμα Ψυχολογίας του ΕΚΠΑ, 2016

Γκικοπούλου Ο., Καπότης Ε., Γουσόπουλος Δ., Καλκάνης Γ. (2013). «Από τον Ηλεκτρισμό στο Μαγνητισμό» με απλή αυτο-Κατασκευή Ηλεκτρικού Κινητήρα για Εκπαιδευτικό Πειραματισμό και «Από το Μαγνητισμό στον Ηλεκτρισμό» με απλή αυτο-Κατασκευή Ηλεκτρικής Γεννήτριας για Εκπαιδευτικό Πειραματισμό, Εργαστήριο «Ερευνώ και

Ανακαλύπτω» με ιδιο-Πειράματα / αυτο-Κατασκευές και «με το μικρόΚοσμο Εξηγώ» τον Φυσικό Κόσμο, 8ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΝΕΦΕΤ Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, 2013

Ιμβριώτη Δ. (2006). «Το Μοντέλο του μικρόκοσμου ως Ενοποιητικό και Ερμηνευτικό Στοιχείο των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση – Λογισμικό και Αξιολόγηση», Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2006

Καλκάνης Γ.Θ. (2014). Βάση / Τράπεζα Θεμάτων Φυσικής Λυκείου «Μελέαγρος», Υπουργείο Παιδείας, ΙΕΠ, http://micro-kosmos.uoa.gr και http://meleagros.iep.edu.gr/

Καλκάνης Γ.Θ. (2010). «ΕκΠαιδευτικό ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ και ΕκΠαιδευτικές ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ», Ι. το Εργαστήριο, ΙΙ. οι Τεχνολογίες, Αθήνα, 2010

Καλκάνης Γ.Θ. (2007α). «Η Επιστημονική/ΕκΠαιδευτική Μεθοδολογία και Δεοντολογία» (Προσκεκλημένη Ομιλία / Εισήγηση), 4η Συνάντηση Αθηνών «Ζητήματα Επιστήμης: Ιστορία, Φιλοσοφία και Διδακτική», Πανεπιστήμιο Αθηνών, 2007

Καλκάνης Γ.Θ. (2007β). «ΕκΠαιδευτική ΦΥΣΙΚΗ και ΕκΠαιδευτικές ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ», Αθήνα, 2007

Καλκάνης Γ.Θ. (2007γ). «Πρωτοβάθμια ΕκΠαίδευση στις-με τις ΦΥΣΙΚΕΣ ΕΠΙΣΤΗΜΕΣ», Ι. οι Θεωρίες και ΙΙ. τα Φαινόμενα, Αθήνα, 2007

Καλκάνης Γ.Θ. κά. (2007δ). Διαδικτυακές προσομοιώσεις και εκπαιδευτικά επεισόδια «Με τον μικρόκοσμο εξηγώ …»: http://micro-kosmos.uoa.gr/gr/software/ ekp_ tileorasi.htm

Καλκάνης Γ.Θ. κά. (2007ε). Διαδικτυακές προσομοιώσεις μικρόκοσμου: http://micro-kosmos. uoa.gr/gr/software /prosomoioseis.htm και Φωτόδεντρο http://photodentro. edu.gr

Καλκάνης Γ.Θ. (1984). Κατασκευή, Βαθμονόμηση και πρώτα Αποτελέσματα του Ανιχνευτή HARVARD - PURDUE – WISCONCIN για τη Διάσπαση του Πρωτονίου», Διδακτορική Διατριβή, 1984

Καλκάνης Γ.Θ., Γκικοπούλου Ο., Καπότης Ε., Γουσόπουλος Δ., Πατρινόπουλος Μ., Τσάκωνας Π., Δημητριάδης Π., Παπατσίμπα Λ., Μιτζήθρας Κ., Καπόγιαννης Α., Σωτηρόπουλος Δ.Ι., Δρόλαπας Αν. (2014). Βιβλίο «Η Φυσική με Πειράματα» Α› Γυμνασίου, Βιβλίο Εκπαιδευτικού, Υπουργείο Παιδείας, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΤΥΕ Διόφαντος, Αθήνα 2014

Καλκάνης Γ.Θ., Γκικοπούλου Ο., Καπότης Ε., Γουσόπουλος Δ., Πατρινόπουλος Μ., Τσάκωνας Π., Δημητριάδης Π., Παπατσίμπα Λ., Μιτζήθρας Κ., Καπόγιαννης Α., Σωτηρόπουλος Δ.Ι., Πολίτης Σ., (2013). Βιβλίο «Η Φυσική με Πειράματα» Α› Γυμνασίου, Βιβλίο Μαθητή, Υπουργείο Παιδείας, Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής, ΙΤΥΕ Διόφαντος, Αθήνα 2013

Καλκάνης Γ., Γκικοπούλου Ουρ., Ιμβριώτη Δ., Καπότης Ευστ., Γουσόπουλος Δ. (2013). ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ «Ερευνώ και Ανακαλύπτω» με ιδιο-Πειράματα / αυτο-Κατασκευές και «με το μικρόΚοσμο Εξηγώ» τον Φυσικό Κόσμο, 8ο Πανελλήνιο Συνέδριο ΕΝΕΦΕΤ Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, 2013

Καλκάνης, Γ.Θ., Κωστόπουλος Δ. (1998). «Το Εργαστήριο Φυσικών για τον Δάσκαλο», Πανεπιστήμιο Αθηνών, 1998

Καλκάνης Γ., Τόμπρας Γ. (2019). «Ελλείμματα της Εκπαίδευσης στη Φυσική «από το Λύκειο στο Πανεπιστήμιο. Μια Έρευνα και Προτάσεις», 11ο Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Επαναπροσδιορίζοντας τη Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας στον 21ο αι., Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, Φλώρινα, 2019

Καριώτογλου Π. (2011). «Σύγχρονες τάσεις στα Προγράμματα Σπουδών Φυσικών Επι-στημών», 7ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Αλεξανδρού-πολη, 2011

Dendrinos K., Kalkanis G. (2004). Instructional software supporting hands-on laboratory activities in physics education", Girep 2004, *International Conference of GIREP 2004 «Teaching and Learning Physics in New Contexts», Ostrava, Czech Republic, 2004*

Dimopoulos, V., Kalkanis, G. (2003), «An introduction of microcosmos quantum model to students of limited mathematics and science background supported by computer simulations / visualizations», 4th ESERA Conference, Research and the quality of science education, Netherlands, Noordwijkerhout, 2003

Drolapas A., Gkikopoulou O., Kalkanis G. (2019). Evaluation of an Educational Interactive Software for Microscopic Phenomena Related to the Structure of Matter, *International Journal for Cross-Disciplinary Subjects in Education (IJCDSE)*, Volume 10, Issue 1, March 2019

Gikopoulou O. (2017). The Understanding of the model of microcosm in Primary and Secondary Education, International Journal of Digital Society (IJDS), Volume 8, Issue 2, pp. 1268-1277, June 2017

Hadzidaki P., Stavrou D. and Kalkanis G. (1998). «The simulation/visualization of the accepted physical models of the microcosmos, as an instructional tool. The hydrogen atom orbitals», 1st Greek Conference on Science Education, Thessaloniki, Greece, 1998

Imvrioti D., kalkanis G. (2007). «The microkosmos model for primary school pupils –The Athens' approach, application and proposition», *ESERA 2007 Conference, August 21st - August 25th 2007, Malmö University, Malmö Sweden, 2007*

Imvrioti, D., Kalkanis, G. (2004). «A Lab-course Based on ICT to Teach the Microkosmos Model to Pre-service Primary Teachers», *International Conference of GIREP 2004 "Teaching and Learning Physics in New Contexts", Ostrava, Czech Republic, 2004*

Imvrioti, D., Kalkanis, G. (2003). «The microkosmos model as an introductory unit to science curriculum for pre-service primary teachers», 4th ESERA Conference, Research and the quality of science education, The Netherlands, Noordwijkerhout, 2003

Kalkanis G. (2013) «From the Scientific to Educational Monte Carlo Simulations of microKosmos in the frame of Scientific / Educational Methodology by Inquiry» Invited Paper in «Concepts of Matter in Science Education», Springer Series «Innovations in Science Education and Technology», Vol. 19, Editors G. Tsaparlis, H. Sevian, Springer Dordrecht Heidelberg New York London, ISSN 1873-1058, ISBN 978-94-007-5913-8

Kalkanis G. (2010). «A Hands-on «View» of microKosmos», Inited Talk, Hsci2010, 7th International Conference on Hands-on Science: Bridging the Science and Society Gap, University of Crete, Rethymno, Greece, 2010

Kalkanis, G. (2001). «Which (and How) Science and Technology Education for Future Citizens?» (Invited talk), *1st IOSTE Symposium in Southern Europe, Science and Technology Education: Preparing future citizens, Paralimni, Cyprus, 2001*

Kalkanis, G. (1998). «The Physics of Ancient and Modern Greek Toys» (invited talk), 1998 ICPE Conference: «Hands-On Experiments», Duisburg, Germany, 1998

Kalkanis, G. (1997). «Realistic Systems / MicroKosmos, Stohastic Processes, Probabilistic Modelling, Computer Simulation / Animation - (or) How to optimise understanding / teaching and learning real physical phenomena - an Appeal and Applications», *7th European Conference for Research on Learning and Instruction (E.A.R.L.I.), Athens, Greece, 1997*

Kalkanis, G. (1996). «The Monte Carlo Techniques as a tool in Physics Education - Applications to microcosmos processes» (invited workshop), *1996 GIREP-ICPE Conference: «New ways of teaching Physics», Ljubliana, Slovenia, 1996*

Kalkanis G. (1986). «HPW Proton Decay Candidates», Invited Talk to the International Conference «Baryon Decay Projects 1986», Harvard University, Boston, USA, 1986

Kalkanis G. (1984). «Cosmic Rays Muons Callibration of the HPW Detector» Invited Talk to the International Conference «Cosmic Ray Muons Detection 1984», University of Utah, Salt Lake City, Utah, USA, 1984

Kapotis E., Kalkanis G. (2016). «Einstein's Elevator in Class: A Self-Construction by Students for the Study of the Equivalence Principle», *The Physics Teacher,* Volume 54, Issue 7, pp. 404-407, 2016

Koerber S., Mayer D., Osterhaus Ch., Schwippert K., Sodian B., (2015). The Development of Scientific Thinking in Elementary School:A Comprehensive Inventory. *Child Development, January/February 2015*, Volume 86, Number 1, Pages 327–336

Kontokostas G., Kalkanis G. (2013). «Teaching Electron-Positron-Photon Interactions with Hands-on Feynman Diagrams», The Physics Teacher Magazine, 51, 232, 2013

Kuhn D. (1999). A developmental model of critical thinking. *Educational Research, vol. 28, no. 2,* pp. 16–46, 1999.

Kuhn D., Black J., Keselman A., and Kaplan D. (2000). The development of cognitive skills to support inquiry learning. *Cognitive Instruction, vol. 18, no. 4,* pp. 495–523, 2000.

Patrinopoulos M., Kalkanis G. (2004). PolyMorphic Combinations of Sensors and Actuators, Operating MultiThematic Educational Experiments in a Computer-Based Laboratory Proposal and Implementation, *International Conference of GIREP 2004 Teaching and Learning Physics in New Contexts, Ostrava, Czech Republic, 2004*

Science Education Now: A Renewed Pedagogy for the Future of Europe, High Level Group on Science Education (2007). European Commission, Michel Rocard (chair), Directorate-General for Research Science, Economy and Society, 2007

Straga, S., Kalkanis, G. (1999). «The scientific method enhanced by systemic analysis -fieldwork - educational material - information technologies, as a sequence of supportive approaches in present and future Environmental Education», *International Conference on Environmental Education for Sustainable Future, Indian Environmental Society, New Delhi, India, 1999*

Tsakonas, P., Kalkanis, G. (1998). «A Common Technological Applications Trigger for Teaching / Learning Physics by Computer Simulation Programs», *3rd Multimedia in Physics Teaching and Learning Workshop», University of Sciences and Technologies of Lille, Lille, France, 1998*

Περισσότερες αναφορές στον διαδικτυακό τόπο *http://micro-kosmos.uoa.gr*

Συνοπτικό Βιογραφικό Σημείωμα

Γεώργιος Θ. Καλκάνης: Ομότιμος Καθηγητής (από το 2017), Καθηγητής Φυσικής και Εκπαιδευτικών Ψηφιακών Τεχνολογιών του Παιδαγωγικού Τμήματος Δ.Ε. (1993-2017) και του Τμήματος Φυσικής (1976-1993) του Εθνικού και Καποδιστριακού Πανεπιστημίου Αθηνών (ΕΚΠΑ).

Corresponding Fellow στο CERN (1990-92), Scientific Associate στο CERN (1984-88), Researcher στο FermiLaboratory USA (1980-81) και Researcher στο Harvard University (1981-82) και στο University of Wisconcin / Madison (1982-83).

Διδακτορική Διατριβή στην Πειραματική Φυσική Στοιχειωδών Σωματιδίων με θέμα "Ανιχνευτής HARVARD - PURDUE - WISCONCIN για τη Διάσπαση του Πρωτονίου" (1980-1984).

Επιστημονικός Υπεύθυνος Ελληνικών Αποστολών στις Διεθνείς Ολυμπιάδες Φυσικής (1994 -)

Πρόεδρος των Προτύπων Πειραματικών Σχολείων (2012-2015, 2019-2020). Πρόεδρος του Τμήματος Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης και Αντιπρόεδρος του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου (2004). Ιδρυτικό Μέλος του Κόμβου / Ένωσης για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία (1997 -).

Κύριος Επιβλέπων 26 διδακτορικών διατριβών. Επιστημονικός Υπεύθυνος σε 26 Εθνικά / Ευρωπαϊκά Ερευνητικά Προγράμματα.

19 Βιβλία

26 Πακέτα Εκπαιδευτικού Υλικού / Λογισμικού

48 Προσκεκλημένες Ομιλίες / Άρθρα

255 Ανακοινώσεις / Δημοσιεύσεις "Φυσικής Στοιχειωδών Σωματιδίων" και "Εκπαίδευσης στις Φυσικές Επιστήμες" και "Εκπαιδευτικών Τεχνολογιών", σε Διεθνή Επιστημονικά Περιοδικά και Πρακτικά Συνεδρίων, με σύστημα ανώνυμης κρίσης

Περισσότερες από 8.100 διεθνείς ΕτεροΑναφορές για το σύνολο του επιστημονικού έργου (πηγή: Google scholar, 19/09/2020)

e_mail: kalkanis@primedu.uoa.gr και gkalkanis@gmail.com

e_site: http://micro-kosmos.uoa.gr