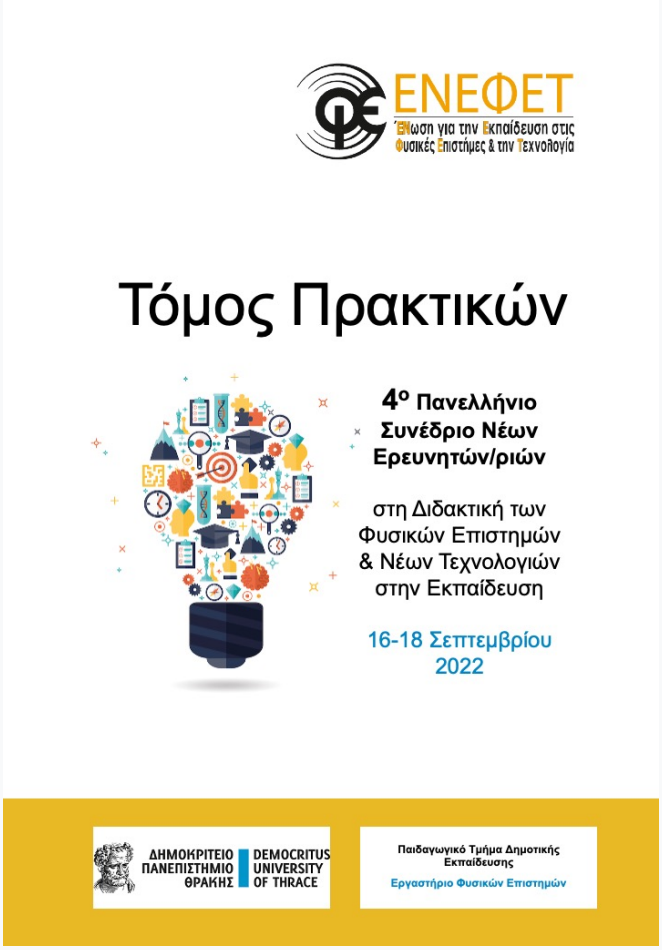
ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Πανελλήνιο Συνέδριο Νέων Ερευνητών/τριών στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

(2024)

4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Νέων Ερευνητών και Ερευνητριών



Επιστημολογικές Πτυχές της Φύσης της Επιστήμης και της Φύσης της Επιστημονικής Διερεύνησης, προς Διδασκαλία σε Μαθητές/τριες της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, στο Μάθημα της Φυσικής

Βασίλειος Γκάγκας, Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης

doi: 10.12681/nrcodiste.5966

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 16/01/2026 04:19:56

Επιστημολογικές Πτυχές της Φύσης της Επιστήμης και της Φύσης της Επιστημονικής Διερεύνησης, προς Διδασκαλία σε Μαθητές/τριες της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, στο Μάθημα της Φυσικής

Βασίλειος Γκάγκας[1], Ευριπίδης Χατζηκρανιώτης[2]
[1]Υποψήφιος Διδάκτορας, [2]Καθηγητής
Τμήμα Φυσικής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

Περίληψη

Στην παρούσα εργασία περιγράφεται ο σχεδιασμός, η υλοποίηση και η αποτίμηση μιας σειράς δραστηριοτήτων στα πλαίσια της διερευνητικής μάθησης πέσω πειραμάτων (experimental inquiry based-learning), με σκοπό να προωθηθεί η επιστημολογική γνώση σε μαθητές/τριες των δυο πρώτων τάξεων του Λυκείου, στα πλαίσια λειτουργίας ενός ομίλου φυσικής (Science Club). Η αξιολόγηση της επιστημολογικής γνώσης έγινε μέσω ενός ποιοτικού εργαλείου αποτίμησης επιστημολογικών στάσεων (VNoS). Τα ευρήματα της έρευνας δείχνουν ότι η επιστημολογική γνώση μπορεί να προωθηθεί με επιτυχία σε μαθητές/τριες των πρώτων δυο τάξεων του Λυκείου και ότι υπάρχει ικανοποιητικό έως σημαντικό επιστημολογικό κέρδος στις πεποιθήσεις των μαθητών/τριών (Hake Gain) το οποίο είναι στατιστικά σημαντικό.

Abstract

This paper describes the planning, implementation, and evaluation of a series of activities in the context of experimental inquiry based-learning, intending to promote epistemological knowledge in students of the first two upper high school classes, in the context of running a Physics Science Club. The epistemological knowledge was assessed through a qualitative questionnaire (VNoS). The findings of the research show that epistemological knowledge can be successfully promoted to students of the first two classes of upper high school and that there is a proficient to exemplary epistemological gain in the students' beliefs (Hake Gain) which is statistically significant.

Λέξεις κλειδιά: μάθηση μέσω πειραματικών διερευνήσεων, φύση της επιστήμης, φύση της επιστημονικής διερεύνησης

Keywords: experimental inquiry-based learning, nature of science, nature of the scientific inquiry

1. Εισαγωγή

Η Φύση της Επιστήμης (ΦτΕ) (Nature of Science) ορίζεται ως «η επιστημολογία και η κοινωνιολογία της επιστήμης». Ο όρος «επιστημολογία» αναφέρεται στη λειτουργία της επιστήμης ως τρόπος γνώσης και ο όρος «κοινωνιολογία» αναφέρεται στις πεποιθήσεις και αξίες των επιστημόνων καθώς αναπτύσσουν επιστημονική γνώση (Lederman et al., 2002). Με τον όρο Φύση της Επιστημονικής Διερεύνησης (ΦτΕΔ) (Nature of Scientific Inquiry), εννοούμε το σύνολο των συστηματικών διεργασιών-προσεγγίσεων που ακολουθούν οι επιστήμονες με σκοπό να απαντήσουν στα ερευνητικά τους ερωτήματα και να δημιουργήσουν επιστημονικά αποδεκτή γνώση. Η επιστημονική διερεύνηση παρόλο που συνδέεται με τις διαδικασίες της παρατήρησης, πρόβλεψης, μέτρησης, ανάλυσης δεδομένων και εξαγωγής συμπερασμάτων, ωστόσο επεκτείνεται και πέρα από αυτές καθώς εστιάζει περισσότερο στο συνδυασμό τους (τόσο συλλογιστικά όσο και κριτικά) με σκοπό την παραγωγή επιστημονικής

γνώσης (Lederman, 2009). Αυτό σημαίνει ότι η ΦτΕ εστιάζει περισσότερο στην κατανόηση της λειτουργίας της επιστήμης και λιγότερο στις επιστημονικές διαδικασίες οι οποίες αφορούν περισσότερο τη ΦτΕΔ (Lederman N. G. et al., 2014).

Αρκετοί ερευνητές συμφωνούν ότι η επιστημολογική γνώση πρέπει να διδάσκεται στα μαθήματα επιστημών στα σχολεία (Lederman, 2009˙ Mesci, 2016) και τονίζεται η σημασία της τόσο από ανεξάρτητους ερευνητές (Tsai et al., 2011) όσο και από οργανισμούς (National Research Council [NRC], 2012). Η διδασκαλία της επιστημολογίας θεωρείται χρήσιμη επειδή αφενός συμβάλει στην κατανόηση των τρόπων με τους οποίους αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους οι ερευνητικές επιστήμες, αφετέρου συμβάλει στην κατανόηση με τον οποίο ευρύτερα αλληλοεπιδρά η Επιστήμη με το κοινωνικό σύνολο (Κουλαϊδής κ.ά., 2008). Επίσης μέσω της επιστημολογικής γνώσης, οι μαθητές αναμένεται να αποκτήσουν μια περισσότερο ολοκληρωμένη άποψη της Επιστήμης με αποτέλεσμα να συμμετέχουν πιο ενεργά στις σχετικές γνωστικές σχολικές διαδικασίες (Stefanidou & Skordoulis, 2017). Εκτός των ανωτέρω, οι μαθητές αναμένεται να αποκτήσουν και κοινωνικές δεξιότητες, οι οποίες υποστηρίζονται από ατομικές δεξιότητες, με σκοπό να τις χρησιμοποιήσουν αργότερα ως ενήλικες κατέχοντας υπεύθυνους κοινωνικούς ρόλους (Holbrook & Rannikmae, 2007˙ Roth & Lee, 2004).

Μελετώντας τη βιβλιογραφία, συναντώνται αρκετές διδακτικές προσεγγίσεις μέσω των οποίων έχει επιχειρηθεί να προωθηθούν επιλεγμένες πτυχές της επιστημολογικής γνώσης. Σε κάποιες από αυτές η επιστημολογία προωθείται στο πλαίσιο του μαθήματος «Ιστορία των Επιστημών» (Kapucu et al., 2015), άλλες φορές μέσω πειραματικών δραστηριοτήτων (Prima et al., 2018), άλλες μέσω εναλλακτικών δραστηριοτήτων (Afacan & Çanli, 2019) και άλλες μέσω διερευνήσεων (Lubiano & Magpantay, 2021). Ωστόσο, το δείγμα σε ελάχιστες περιπτώσεις άνηκε σε μαθητές/τριες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και στα πλαίσια του διερευνητικού μοντέλου μάθησης, δημιουργώντας έτσι ένα ερευνητικό κενό.

Σχετικά με τον τρόπο προώθησης της επιστημολογίας, απαντώνται τρείς προσεγγίσεις: η άρρητη (έμμεση), η ρητή (άμεση) και η ρητή/αναστοχαστική με την πλειονότητα των ερευνητών να θεωρούν την άρρητη προσέγγιση ακατάλληλη (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002). Κατά την άρρητη διδασκαλία, αναμένεται οι μαθητές/τριες μέσω της εκμάθησης του γνωστικού περιεχομένου των φυσικών επιστημών, να αναπτύξουν μια αυθόρμητη κατανόηση σχετική με τη ΦτΕ. Στη ρητή διδασκαλία, προτείνεται ότι μόνο μέσα από την άμεση και εκ προθέσεως ρητή προσέγγιση μπορεί να διδαχθεί η ΦτΕ (Bell et al., 1998). Στη βιβλιογραφία προτείνονται οι άμεσες προσεγγίσεις (ρητή διδασκαλία) για τη διδασκαλία της επιστημολογικής γνώσης ως οι πιο αποτελεσματικές τόσο σε φοιτητές (Στεφανίδου, 2013) όσο και σε μαθητές, ενώ σε κάποιες περιπτώσεις έχει προταθεί και ο συνδυασμός τους (ρητή-αναστοχαστική διδασκαλία) (Khishfe & Abd-El-Khalick, 2002) σε μαθητές Δημοτικού.

Τα ερευνητικά ερωτήματα τα οποία επιχειρούνται να απαντηθούν μέσω τους παρόντος άρθρου είναι τα εξής:

1) Ποιες είναι οι βασικές πτυχές της ΦτΕ και της ΦτΕΔ οι οποίες προτείνονται για διδασκαλία από τους περισσότερους ερευνητές, σε μαθητές/τριες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης;
2) Ποιες πτυχές της ΦτΕ και της ΦτΕΔ είναι περισσότερο κατάλληλες να προωθηθούν μέσα από πειραματικές διερευνητικές δραστηριότητες σε μαθητές/τριες των πρώτων δυο τάξεων του Λυκείου, στα πλαίσια λειτουργίας ενός ομίλου Φυσικής (Science Club);
3) Πως μεταβάλλονται οι επιστημολογικές πεποιθήσεις των μαθητών/τριών οι οποίες προωθούνται μέσω της ρητής-αναστοχαστικής προσέγγισης έπειτα από την εφαρμογή πειραματικών διερευνητικών δραστηριοτήτων;

2. Μεθοδολογία

Βιβλιογραφική Επισκόπηση για τις πτυχές της ΦτΕ & ΦτΕΔ

Διεξήχθη μια βιβλιογραφική ανασκόπηση προκειμένου να εντοπιστούν οι πιο κοινά αποδεκτές πτυχές (λειτουργικοί κανόνες) της ΦτΕ και ΦτΕΔ οι οποίες προκρίνονται από τους

περισσότερους ερευνητές προς διδασκαλία, σε μαθητές/τριες της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Για την ανασκόπηση, χρησιμοποιήθηκε η βάση δεδομένων ERIC (https://eric.ed.gov) και η μηχανή αναζήτησης Google Scholar (https://scholar.google.gr). Η αναζήτηση των εγγραφών έγινε με τη λογική Boolean και ο αλγόριθμος είχε μορφή: ("Nature of Science" OR "Nature of Scientific Inquiry") AND ("Inquiry Based Learning" OR "Inquiry"). Το χρονολογικό εύρος της αναζήτησης κυμάνθηκε από το 2000 έως το 2022 και η γλώσσα των επιλεγμένων άρθρων ήταν η Αγγλική ή η Ελληνική. Τα μετέπειτα στάδια της τελικής επιλογής και ανάγνωσης των εγγραφών, ακολούθησαν τη ροή του μοντέλου PRISMA (Moher et al., 2009). Επιπλέον κριτήρια επιλογής των εγγραφών, ήταν αυτές να ήταν ερευνητικά άρθρα, διδακτορικές διατριβές, εργασίες ανασκόπησης και βιβλία με πλήρη πρόσβαση στο κείμενο, τα οποία να αφορούν τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και που το πλαίσιο της διδασκαλίας να ήταν «Inquiry Based».

Αναφορικά με τις επιστημολογικές πτυχές, επιλέχθηκαν ορισμένες από αυτές οι οποίες πληρούσαν συγκεκριμένα κριτήρια. Τα κριτήρια ήταν:

- να είναι κατάλληλες να ενταχθούν σε διερευνητικές πειραματικές δραστηριότητες Φυσικής στα πλαίσια λειτουργίας ενός ομίλου Φυσικής (Science Club),
- να προωθηθούν μέσω ρητού αναστοχασμού με τη βοήθεια ερωτήσεων ανοιχτού τύπου,
- οι επιλεγμένες πτυχές δεν χρειάζεται να κατανοηθούν σε υψηλό φιλοσοφικό επίπεδο από τους μαθητές,
- οι επιλεγμένες πτυχές να μπορούν να ενταχθούν στη θεματολογία της Μηχανικής και του Ηλεκτρισμού των δύο πρώτων τάξεων του Γενικού Λυκείου,
- ο περιορισμένος χρόνος εφαρμογής των δραστηριοτήτων (οι συναντήσεις με τους μαθητές/τριες είχαν διάρκεια 2 διδακτικών ωρών επί συνόλου 20 συναντήσεων),
- οι μαθητές δεν είχαν σημαντικές προηγούμενες γνώσεις ή εμπειρίες σε πειραματικές διερευνήσεις (ειδικά όσο αφορά στο σχεδιασμό πειραμάτων).

Σχεδιαστικές αρχές & δομή των διερευνητικών δραστηριοτήτων

Προκειμένου να σχεδιαστούν οι διερευνητικές δραστηριότητες μελετήθηκε η βιβλιογραφία ώστε αρχικά να καταγραφούν οι διαδικαστικές δεξιότητες στις οποίες εξασκούνται οι μαθητές σύμφωνα με το διερευνητικό μοντέλο μάθησης. Οι δεξιότητες αυτές εντάχθηκαν σε φάσεις οι οποίες αποτελούνταν από στάδια και υποστάδια. Όταν καθορίστηκαν και τα υποστάδια, κατασκευάστηκαν δραστηριότητες στις οποίες παρεχόταν κατάλληλη υποβοήθηση η οποία σιγά σιγά μειωνόταν (Scaffolding) σύμφωνα με τη δομή του διερευνητικού συνεχούς (Du et al. 2005˙ Hackling, 2005). Στα φύλλα εργασίας εντάχθηκαν ερωτήσεις-ασκήσεις οι οποίες είχαν σκοπό να προκαλέσουν τον αναστοχασμό των μαθητών/τριών και που ήταν γόνιμες για ρητή-αναστοχαστική συζήτηση σχετικά με τις επιλεγμένες επιστημολογικές πτυχές.

Με βάση τα κριτήρια που τέθηκαν, επιλέχθηκε να προωθηθούν οι παρακάτω πτυχές:

α. η επιστημονική γνώση βασίζεται σε παρατηρήσεις, συναγόμενα και ερμηνείες (ΦτΕ),
β. οι θεωρίες και οι νόμοι είναι διαφορετικά είδη επιστημονικής γνώσης (ΦτΕ),
γ. οι επιστημονικές έρευνες ξεκινούν με στόχο να απαντηθεί ένα ερώτημα (ΦτΕΔ),
δ. τα συμπεράσματα της έρευνας πρέπει να συμφωνούν με τα δεδομένα της έρευνας (ΦτΕΔ).

Επιλέχθηκε να μην προωθηθεί η πτυχή της υποκειμενικότητας της επιστημονικής γνώσης καθώς παραπέμπει περισσότερο σε ερευνητική μεθοδολογία χωρίς ταυτόχρονα να κυριαρχεί σε κάθε έρευνα. Επίσης, οι εκπαιδευτικοί οφείλουν να είναι προσεκτικοί ώστε οι μαθητές να μην δημιουργήσουν την εναλλακτική αντίληψη ότι οι επιστήμονες εργάζονται αυθαίρετα σύμφωνα με τη φαντασία τους. Κρίθηκε ότι οι πτυχές της κοινωνικοπολιτισμικής συνιστώσας και της μεταβλητότητας της επιστήμης, ταιριάζουν περισσότερο σε ένα πλαίσιο διδασκαλίας το οποίο συνδέεται με την ιστορία της εξέλιξης των ιδεών των φυσικών επιστημών και λιγότερο με την εργασία των μαθητών σε διερευνητικές δραστηριότητες Φυσικής. Η πτυχή της μη ύπαρξης μοναδικής επιστημονικής μεθόδου αποτελεί ένα δεύτερης τάξης φαινόμενο. Θεωρήθηκε δηλαδή ότι είναι σημαντικότερο να προωθηθεί στους μαθητές το πρώτης τάξης

φαινόμενο, ότι δηλαδή σε κάθε έρευνα ακολουθούνται κάποιες κοινές επιστημονικές διαδικασίες από όλους τους επιστήμονες (όπως π.χ. διατύπωση ερωτημάτων ή υποθέσεων, σχεδίαση ερευνών για τη συλλογή αποδεικτικών στοιχείων, ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων) και να επισκιαστούν συνειδητά οι όποιες διαφοροποιήσεις μεταξύ των διαφορετικών επιστημονικών κλάδων και ερευνητικών πρακτικών.

Επιλέχθηκε να μην προωθηθεί η πτυχή της ΦτΕΔ σχετικά με το ότι οι ερευνητικές διαδικασίες μπορούν να επηρεάσουν τα αποτελέσματα της έρευνας, επειδή σε μια πρώτη ανάγνωση καλύπτεται από την υποκειμενικότητα της επιστήμης όπως επίσης και το ότι οι διαδικασίες της έρευνας καθοδηγούνται από το αρχικό ερώτημα που τέθηκε. Ο κανόνας σχετικά με το ότι τα επιστημονικά δεδομένα δεν είναι το ίδιο πράγμα με τις επιστημονικές αποδείξεις, αποτελεί υπέρλεπτη υφή η οποία καλό είναι να προωθηθεί σε μεταγενέστερα στάδια όταν οι μαθητές αποκτήσουν αυξημένη εμπειρία σε διερευνήσεις. Ο κανόνας σχετικά με το ότι οι εξηγήσεις στις έρευνες αναπτύσσονται από έναν συνδυασμό των δεδομένων και όλων όσων είναι ήδη γνωστά, είναι προτιμότερο να αναπτυχθεί σε ένα μάθημα σχετικό με την ιστορία και εξέλιξη των ιδεών και των πειραματικών διαδικασιών στη Φυσική, και όχι στα στενά πλαίσια ενός μαθήματος Φυσικής.

Οι διερευνητικές δεξιότητες διαδικαστικού τύπου που αναπτύσσονται στους μαθητές/τριες μέσω της εφαρμογής του διερευνητικού μοντέλου μάθησης διακρίνονται σε βασικές (basic) και ολοκληρωμένες (integrated) (Turiman et al., 2012). Αυτές είναι οι: παρατήρηση (observation), πρόβλεψη (making prediction), αναγνώριση μεταβλητών (knowing variables), δημιουργία υποθέσεων (formulating hypotheses), χειρισμός των μεταβλητών (operating variable), σχεδιασμός πειραματικών διαδικασιών (designing experimental procedures), η εκτέλεση του πειράματος (executing experiment), η συγκέντρωση των δεδομένων (collecting data), η ανάλυση των δεδομένων (analyzing data) και η εξαγωγή των συμπερασμάτων (formulating conclusion) (Aulia et al., 2018˙ Nurjanah et. al, 2019). Οι δεξιότητες αυτές, εντάσσονται σε φάσεις (φάσεις της διερεύνησης) οι οποίες αποτελούνται από στάδια (στάδια της διερεύνησης). Στη συνέχεια το κάθε στάδιο αποτελείται από υποστάδια (υποστάδια της διερεύνησης). Οι φάσεις της διερεύνησης είναι πέντε σε πλήθος και είναι οι: Προσανατολισμός, Σχεδίαση έρευνας, Εκτέλεση έρευνας, Αποτίμηση αποτελεσμάτων, Επικοινωνία (Pedaste et al., 2015). Τα στάδια της διερεύνησης καθορίζονται σε έντεκα και αυτά είναι τα: Παρατηρήσεις & συναγόμενα (observations & inferences), Σκοπός της έρευνας, Στόχος/οι της έρευνας, Σχεδιασμός ερευνητικής διαδικασίας, Εξοπλισμός, Συνθήκες έρευνας, Δεδομένα, Ανάλυση δεδομένων, Διαπιστώσεις, Συμπεράσματα, Πειραματική εργασία (Χατζηκρανιώτης & Μολοχίδης, 2017).

Οι παραπάνω δεξιότητες δεν αναπτύχθηκαν όλες μαζί σε ένα φύλλο εργασίας, αλλά σταδιακά όπου σε κάθε παρέμβαση προωθήθηκαν ορισμένες μόνον διαδικαστικές δεξιότητες σύμφωνα με την αρχή της υποβοηθούμενης μάθησης (scaffold), οδηγώντας με αυτόν τον τρόπο τους μαθητές από μια κλειστού είδους διερεύνηση (confirmation inquiry) προς μια ανοιχτή διερεύνηση (open inquiry).

Το εργαλείο ανίχνευσης των επιστημολογικών πεποιθήσεων μαθητών/τριων

Μελετήθηκαν ποιοτικά και ποσοτικά εργαλεία ανίχνευσης επιστημολογικών πεποιθήσεων και κάποια από αυτά επιλέχθηκαν και προσαρμόστηκαν στις ανάγκες της έρευνας. Έτσι κατασκευάστηκε ένα ανοιχτού τύπου ερωτηματολόγιο επιστημολογικών πεποιθήσεων (VNoS) το οποίο χορηγήθηκε στο δείγμα των μαθητών/τριών (pre test). Στη συνέχεια εφαρμόστηκαν οι πειραματικές δραστηριότητες διερευνητικής φύσης, στο τέλος των οποίων χορηγήθηκε και πάλι το ερωτηματολόγιο (post test). Η αξιολόγηση των πεποιθήσεων των μαθητών, έγινε μέσω της κατάταξης των απαντήσεων τους σχετικά με την επιστημονική τους ορθότητα, σε τρία επίπεδα με τη βοήθεια μιας ρουμπρίκας. Στο χαμηλότερο επίπεδο (επίπεδο Ε0) κατατάχθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών που είτε δεν υπήρχαν είτε ήταν ασαφείς, στο μεσαίο επίπεδο (επίπεδο Ε1) κατατάχθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών οι οποίες βρίσκονταν μακριά από την επιστημονική γνώση ή αποτελούσαν παρερμηνείες, τέλος στο ανώτερο

επίπεδο (επίπεδο Ε2) κατατάχθηκαν οι απαντήσεις των μαθητών οι οποίες προσέγγιζαν σε ικανοποιητικό βαθμό την επιστημονική γνώση.

Το δείγμα

Το δείγμα της έρευνας ήταν (n=19) μαθητές/ριες (14 μαθητές/τριες της Α Λυκείου και 5 μαθητές/τριες της Β Λυκείου) που φοιτούσαν σε ιδιωτικό φροντιστήριο δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης του Νομού Λάρισας και ταυτόχρονα σε δημόσια σχολεία. Οι μαθητές/τριες χωρίστηκαν σε τέσσερα γκρουπ ανάλογα με την τάξη και το τμήμα του φροντιστηρίου στο οποίο φοιτούσαν. Οι επιδόσεις τους στο μάθημα της Φυσικής ήταν ανάμεικτες με απολυτήριους βαθμούς από την προηγούμενη τάξη που κυμαίνονταν από το βαθμό 10 έως και το βαθμό 20.

3. Αποτελέσματα

Οι πτυχές της ΦτΕ και της ΦτΕΔ

Από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση αναγνωρίστηκαν 359 εγγραφές (ερευνητικά άρθρα, διδακτορικές διατριβές, εργασίες ανασκόπησης και βιβλία) τα οποία πληρούσαν τους όρους αναζήτησης. Έπειτα από την ανάγνωση τους τελικά συμπεριλήφθηκαν 18 εγγραφές, σύμφωνα στις οποίες αναδεικνύονται έξι γενικοί πτυχές-κανόνες της ΦτΕ (Afacan & Çanli, 2019˙ Kapucu et al., 2015˙ Lederman et al., 2002˙ Prima et. al., 2018˙ Sampson et al., 2017˙ Shaakumeni, 2019):

1. *Η επιστημονική γνώση βασίζεται σε παρατηρήσεις, συναγόμενα και ερμηνείες (observations, inferences & explanations).* Οι φυσικές επιστήμες βασίζονται στην εμπειρική παρατήρηση του κόσμου. Στη συνέχεια ακολουθούνται νοητικές διαδικασίες οι οποίες οδηγούν σε συναγόμενες ιδέες-υποθέσεις ώστε με τον μετέπειτα συνδυασμό τους με θεωρητικά πλαίσια και πειραματικά δεδομένα να προταθούν ερμηνείες.
2. *Οι θεωρίες και οι νόμοι είναι διαφορετικά είδη επιστημονικής γνώσης (Theories & Laws).* Οι επιστημονικές θεωρίες αποτελούν εσωτερικά συνεπή συστήματα εξηγήσεων και προβλέψεων τα οποία είναι καθιερωμένα και τεκμηριωμένα. Οι επιστημονικοί νόμοι περιγράφουν το πως λειτουργεί ένα φυσικό φαινόμενο υπό ορισμένες συνθήκες.
3. *Η επιστημονική γνώση μπορεί να μεταβληθεί σε σχέση με το χρόνο (Tentativeness of Knowledge).* Η επιστημονική γνώση αν και διαθέτει μεγάλη εγκυρότητα ωστόσο δεν διαθέτει υψηλή σταθερότητα και συχνά μεταβάλλεται από νέα αποδεικτικά στοιχεία.
4. *Η επιστήμη διαθέτει κοινωνικοπολιτισμική συνιστώσα (Social & Cultural Embeddedness of Science).* Η επιστήμη λειτουργεί, επηρεάζει και επηρεάζεται από το εκάστοτε κοινωνικό και πολιτισμικό καθεστώς.
5. *Δεν υπάρχει μονοδιάστατος τρόπος να κάνει κάποιος επιστήμη ο οποίος αποκαλείται επιστημονική μέθοδος (No Single Scientific Method).* Δεν υπάρχει μία αυστηρά μονοσήμαντη αλληλουχία βημάτων η οποία να οδηγεί κατευθυντικά τους επιστήμονες στη γνώση, αλλά εξαρτάται εν πολλοίς από το πεδίο της επιστήμης.
6. *Η επιστημονική γνώση είναι υποκειμενική (Subjective Aspect).* Διαφορετικοί επιστήμονες εκτελώντας τις ίδιες διαδικασίες έρευνας ενδεχομένως να μην καταλήξουν στα ίδια συμπεράσματα είτε επειδή οι πεποιθήσεις και οι γνώσεις τους επηρεάζουν τον τρόπο που εργάζονται, είτε επειδή οι παρατηρήσεις τους επηρεάζονται από τις ανθρώπινες αισθήσεις και τα επιστημονικά όργανα που χρησιμοποιούν.

Επίσης, απαντώνται οχτώ πτυχές-κανόνες της ΦτΕΔ (Lederman J. S. et al., 2014), δύο εκ των οποίων επικαλύπτονται από τις πτυχές της ΦτΕ (No Single Scientific Method, Subjective Aspect), καταλήγοντας στις παρακάτω έξι:

1. *Οι διαδικασίες της έρευνας καθοδηγούνται από την αρχική ερώτηση που τέθηκε.* Οι επιστήμονες αν και χρησιμοποιούν διαφορετικές προσεγγίσεις τόσο εντός όσο και μεταξύ των επιστημονικών κλάδων και πεδίων, ωστόσο το ερευνητικό ερώτημα καθορίζει και τελικά οδηγεί την προσέγγιση και όχι το αντίθετο.

2. *Οι επιστημονικές έρευνες ξεκινούν πάντα με ένα ερώτημα προς διερεύνηση αλλά δεν είναι απαραίτητο όλες να ελέγχουν μια υπόθεση.* Για να ξεκινήσει μια επιστημονική έρευνα πρέπει να εκφραστεί ένα ερώτημα σχετικά με το φυσικό κόσμο, αν κάποιες έρευνες περιλαμβάνουν μια επίσημα δηλωμένη υπόθεση ωστόσο αυτό δεν είναι απαραίτητο.
3. *Τα συμπεράσματα της έρευνας θα πρέπει να συμφωνούν με τα δεδομένα της έρευνας.* Κάθε ερευνητικό συμπέρασμα πρέπει να υποστηρίζεται από αποδεικτικά στοιχεία. Η ισχύς ενός ισχυρισμού πρέπει να αντικατοπτρίζεται από τα συλλεχθέντα δεδομένα.
4. *Οι ερμηνείες αναπτύσσονται από το συνδυασμό των δεδομένων και όλων όσων είναι ήδη γνωστά.* Οι τελικές εξηγήσεις, προέρχονται από τα εμπειρικά δεδομένα, από τα αποτελέσματα προηγούμενων ερευνών και από τη γενικότερη επιστημονική γνώση. Οι επιστήμονες αναγνωρίζουν πότε τα συμπεράσματα τους διαφέρουν από την κοινή αποδεκτή επιστημονική γνώση και ανάλογα κατασκευάζουν ερμηνείες.
5. *Τα επιστημονικά δεδομένα δεν είναι το ίδιο πράγμα με τις επιστημονικές αποδείξεις.* Τα επιστημονικά δεδομένα είναι οι παρατηρήσεις που συγκεντρώθηκαν κατά τη διάρκεια της έρευνας και μπορούν να λάβουν διάφορες μορφές (αριθμοί, περιγραφές, φωτογραφίες, ήχοι, φυσικά δείγματα κ.λπ.). Οι επιστημονικές αποδείξεις είναι προϊόν των διαδικασιών της ανάλυσης των δεδομένων και της επακόλουθης ερμηνείας τους.
6. *Οι ερευνητικές διαδικασίες ενδέχεται να επηρεάσουν τα αποτελέσματα της έρευνας.* Ο έλεγχος των μεταβλητών, οι μέθοδοι και ο τρόπος συλλογής των δεδομένων επηρεάζουν τα αποτελέσματα κάθε έρευνας.

Αποτελέσματα προσδιορισμού επιστημολογικών πεποιθήσεων των μαθητών/τριών

Τα εργαλεία που επιλέχθηκαν ως περισσότερο κατάλληλα για τις ανάγκες τις έρευνας ήταν τα ποιοτικά εργαλεία VNOS & VASI (Lederman N. G. et al., 2002˙ 2014a), τα οποία αναπροσαρμόστηκαν κατάλληλα (ερωτηματολόγιο VNoS). Το ερωτηματολόγιο αποτελούταν από τέσσερις ερωτήσεις ανοιχτού τύπου οι οποίες βρίσκονταν σε αντιστοιχία με τις τέσσερις επιλεγμένες επιστημολογικές πτυχές, όπου η πρώτη από αυτές (παρατηρήσεις, συναγόμενα & ερμηνείες) χωρίστηκε σε τρεις ερωτήσεις, συνθέτοντας έτσι το παρακάτω ερωτηματολόγιο:

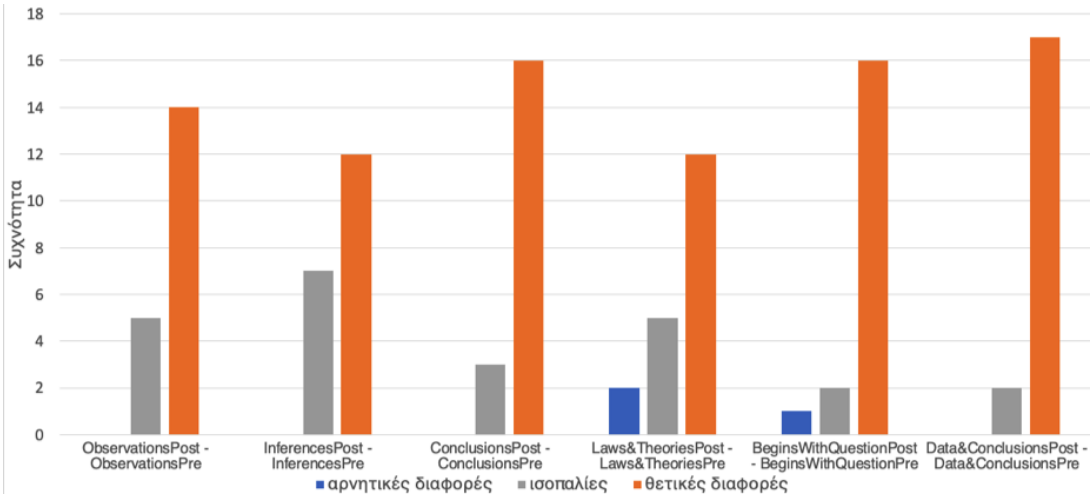
α. *Τι θεωρείς ότι είναι οι παρατηρήσεις σε μια έρευνα; Τι θεωρείς ότι είναι τα συμπεράσματα από τις παρατηρήσεις μας; Τι θεωρείς ότι είναι οι ερμηνείες στο τέλος της έρευνας;*
β. *Θεωρείς ότι οι Νόμοι και οι Θεωρίες στη Φυσική διαφέρουν μεταξύ τους ή είναι το ίδιο πράγμα; Εάν διαφέρουν ποια είναι η διαφορά τους; Αιτιολόγησε την άποψη σου.*
γ. *Πως θεωρείς ότι ξεκινούν οι περισσότερες επιστημονικές έρευνες;*
δ. *Έχουν σχέση τα δεδομένα (ευρήματα) μιας έρευνας με τα τελικά της συμπεράσματα ή όχι; Αιτιολόγησε την απάντηση σου.*

Οι απαντήσεις των μαθητών/τριών αξιολογήθηκαν και επεξεργάστηκαν στατιστικά με το πρόγραμμα SPSS (ver. 28). Ο έλεγχος εσωτερικής αξιοπιστίας Cronbach's alpha προέκυψε ικανοποιητικός και ίσος με α=.777. Ο έλεγχος Shapiro-Wilk για την κανονικότητα της μέσης τιμής των διαφορών των μέσων όρων (pre &post), αποκάλυψε ότι οι διαφορές δεν υπάκουαν στην κανονική κατανομή. Έτσι εφαρμόστηκε το μη παραμετρικό κριτήριο Wilcoxon Signed Rank Test σύμφωνα με το οποίο αναδείχθηκαν θετικές διαφορές στις διαμέσους όλων των επιστημολογικών πτυχών οι οποίες ήταν στατιστικά σημαντικές ($p<.05$) (σχήμα 1).

Ο δείκτης μέσου κέρδους (Hake gain) αποκάλυψε υποδειγματικό κέρδος (exemplary gain) ($g_{ave}\geq.5$) σε όλες τις επιστημολογικές πτυχές εκτός από την πτυχή Θεωρίες & Νόμοι στο οποίο το κέρδος ήταν ικανό (proficient gain) ($.3<g_{ave}<.5$).

4. Συμπεράσματα

Δεν μπορούν να επιλεγούν προς διδασκαλία όλες οι επιστημολογικές πτυχές της ΦτΕ & ΦτΕΔ που απαντώνται στη βιβλιογραφία, στο μάθημα της Φυσικής, είτε λόγω της θεματολογίας είτε λόγω της φύσης των διερευνητικών δραστηριοτήτων. Η εφαρμογή της ρητής αναστοχαστικής διδασκαλίας σε επιλεγμένες επιστημολογικές πτυχές που εντάχθηκαν σε πειραματικές



Σχήμα 1: Αποτελέσματα του Wilcoxon Signed Rank Test για το δείγμα των n=19 μαθητών/τριών

διερευνητικές δραστηριότητες Φυσικής, και εφαρμόστηκαν σε δείγμα n=19 μαθητών/τριων των πρώτων δυο τάξεων του Λυκείου, μέσω ρητού αναστοχασμού, έδειξε ότι οι μαθητές/τριες αποκτούν σημαντικό γνωστικό επιστημολογικό κέρδος το οποίο είναι στατιστικά σημαντικό. Περαιτέρω έρευνα κρίνεται απαραίτητη σε νέο δείγμα μαθητών/τριών ώστε ο σχεδιασμός και η υλοποίηση της παρούσας έρευνας να τεκμηριωθεί ότι προσφέρει αξιόπιστα αποτελέσματα.

5. Βιβλιογραφία

Κουλαϊδής, Β., Αποστόλου, Α. & Καμπουράκης, Κ. (2008) (επιμ.). *Η Φύση των Επιστημών Διδακτικές Προσεγγίσεις*. Βάρη, Αθήνα: Child Services. ISBN: 978-960-98209-0-5. Ανακτήθηκε στις 20 Απριλίου 2022, από: https://www.geitonas.edu.gr/uploads/2/7/2/9/27298113/nosbook.pdf

Στεφανίδου, Κ. (2013). *Ο ρόλος της ιστορίας και φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών: διαδικασίες διδασκαλίας και μάθησης της φύσης της επιστήμης: νόμοι-μοντέλα-θεωρίες-μέσα από την ιστορία του ηλεκτρισμού*. Διδακτορική διατριβή, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης. Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ). http://hdl.handle.net/10442/hedi/35609

Χατζηκρανιώτης Ε., Μολοχίδης Α. (2017). Εισάγοντας μαθητές Γυμνασίου σε πειραματικές διερευνητικές δραστηριότητες. Στο Δ. Σταύρου, Α. Μιχαηλίδη & Α. Κοκολάκη (επιμ.). *Πρακτικά 10ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση - Γεφυρώνοντας το Χάσμα μεταξύ Φυσικών Επιστημών, Κοινωνίας και Εκπαιδευτικής Πράξης, 7-9 Απριλίου 2017 (σσ. 689-697)*. Ρέθυμνο: Εκδόσεις GUTENBERG. ISBN:978-960-86978-3-6, http://synedrio2017.enephet.gr/images/Praktika-10ou-Synedriou_Teliko.pdf

Afacan, Ö., & Çanli, D. S. (2019). Application of" The Nature of Science" Box Event Examples to Middle School Seventh Grade Students. *International Journal of Evaluation and Research in Education, 8*(2), 221-228. https://doi.org/10.11591/ijere.v8i2.18858

Aulia, E. V., Poedjiastoeti, S., & Agustini, R. (2018). The effectiveness of guided inquiry-based learning material on students' science literacy skills. *Journal of Physics: Conference Series, 947* (1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/947/1/012049

Bell, R. L., Lederman, N. G., & Abd-El-Khalick, F. (1998). Implicit versus Explicit Nature of Science Instruction: An Explicit Response to Palmquist and Finley. *Journal of Research in Science Teaching, 35*(9), 1057-1061. https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199811)35:9<1057::AID-TEA6>3.0.CO;2-C

Du, W. Y., Furman, B. J., & Mourtos, N. J. (2005). On the ability to design engineering experiments. In *Proc. 8th UICEE Annual Conference on Engineering Education* (pp. 331-336). Ανακτήθηκε στις 20/4/2022, από: https://www.sjsu.edu/people/nikos.mourtos/docs/UICEE%2005%20Jamaica-2.pdf

Hackling, M. W. (2005). Working scientifically: Implementing and assessing open investigation work in science. *Western Australia Department of Education and Training*. Ανακτήθηκε στις 20

Απριλίου 2022, από: https://myscience.com.au/wp-content/uploads/2019/12/Working-Scientifically_by-Mark-Hackling-2005.pdf

Holbrook, J., & Rannikmae, M. (2007). The nature of science education for enhancing scientific literacy. *International Journal of science education, 29*(11), 1347-1362. https://doi.org/10.1080/09500690601007549

Kapucu, M. S., Cakmakci, G., & Aydogdu, C. (2015). The influence of documentary films on 8th grade students' views about nature of science. *Educational Sciences: Theory & Practice*, *15*(3). https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1067420.pdf

Khishfe, R., & Abd-El-Khalick, F. (2002). Influence of explicit and reflective versus implicit inquiry-oriented instruction on sixth graders' views of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching 39*(7), 551-578. https://doi.org/10.1002/tea.10036

Lederman, J. S. (2009). Teaching scientific inquiry: Exploration, directed, guided, and opened-ended levels. *National geographic science: Best practices and research base, 8*. Ανακτήθηκε από: http://www.ngspscience.com/profdev/monographs/scl22-0439a_sci_am_lederman_lores.pdf

Lederman, J. S., Lederman, N. G., Bartos, S. A., Bartels, S. L., Meyer, A. A., & Schwartz, R. S. (2014b). Meaningful assessment of learners' understandings about scientific inquiry - The views about scientific inquiry (VASI) questionnaire. *Journal of research in science teaching, 51*(1), 65-83. https://doi.org/10.1002/tea.21125

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R.L., & Schwartz, R.S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching, 39*(6), 497-521. https://doi.org/10.1002/tea.10034

Lederman, N. G., Antink, A., & Bartos, S. (2014). Nature of science, scientific inquiry, and socio-scientific issues arising from genetics: A pathway to developing a scientifically literate citizenry. *Science & Education, 23*(2), 285-302. https://doi.org/10.1007/s11191-012-9503-3

Lubiano, M. L. D., & Magpantay, M. S. (2021). Enhanced 7E Instructional Model towards enriching science inquiry skills. *International Journal of Research in Education and Science (IJRES), 7*(3), 630-658. https://doi.org/10.46328/ijres.1963

Mesci, G. (2016). *Preservice science teachers' pedagogical content knowledge for nature of science and nature of scientific inquiry: A successful case study*. PhD dissertation, Western Michigan University, USA. http://scholarworks.wmich.edu/dissertations/1606

Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *Annals of internal medicine, 151*(4), 264-269. https://doi.org/10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135

National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academy Press. ISBN:978-0-309-21742-2.

Nurjanah, A., Utari, S., Ramalis, T. R., & Rusdiana, D. (2019). Apply model of teaching levels of inquiry for identifying experimental skills on solar system matter in the middle school. *Journal of Physics: Conference Series*, *1280*(5), 1-5. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1280/5/052022

Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L. A., De Jong, T., Van Riesen, S. A., Kamp, E. T., Manoli C. C., Zacharia Z. N, & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational research review*, *14*, 47-61. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.02.003

Prima, E.C., Utari, S., Chandra, D.T., Hasanah, L., & Rusdiana, D. (2018). Heat and temperature experiment designs to support students' conception on nature of science. *Journal of Technology and Science Education, 8*(4), 453-472. https://doi.org/10.3926/jotse.419

Roth, W. M., & Lee, S. (2004). Science education as/for participation in the community. *Science education, 88*(2), 263-291. https://doi.org/10.1002/sce.10113

Sampson, V., Hutner, T. L., FitzPatrick, D., LaMee, A., & Grooms, J. (2017). *Argument-driven inquiry in physics: volume 1: mechanics lab investigations for grades 9-12*. Arlington, Virginia: NSTA Press. ISBN 9781681403762 (e-book).

Shaakumeni, S. N. (2019). Exploring the factorial validity of the beliefs about nature of science questionnaire. *Science Education International, 30*(1), 38-44.

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

Tsai, C. C., Ho, H. N. J., Liang, J. C., & Lin, H. M. (2011). Scientific epistemic beliefs, conceptions of learning science and self-efficacy of learning science among high school students. *Learning and Instruction*, *21*(6), 757-769. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2011.05.002

Turiman, P., Omar, J., Daud, A. M., & Osman, K. (2012). Fostering the 21st century skills through scientific literacy and science process skills. *Procedia-Social and Behavioral Sciences, 59*, 110-116. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.09.253