ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

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

Τόμ. 13 (2024)

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

Διαδικαστική γνώση και δεξιότητες στη διερευνητική διδασκαλία και μάθηση

Χρυσούλα Καραγιάννη, Δημήτριος Ψύλλος

doi: 10.12681/codiste.7001

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 08/12/2025 09:40:50

ΔΙΑΔΙΚΑΣΤΙΚΗ ΓΝΩΣΗ ΚΑΙ ΔΕΞΙΟΤΗΤΕΣ ΣΤΗ ΔΙΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΚΑΙ ΜΑΘΗΣΗ

Χρυσούλα Καραγιάννη [1], Δημήτριος Ψύλλος [2]

[1] Διδάκτορας ΠΤΔΕ ΑΠΘ εκπαιδευτικός ΠΕ70, 4ο Δ.Σ Περαίας

[2]Ομότιμος καθηγητής ΠΤΔΕ, ΑΠΘ

kxea4@yahoo.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνήσει την εφαρμογή καινοτομικής Διδακτικής Μαθησιακής Ακολουθίας (ΔΜΑ) βασισμένης στην διερεύνηση, η οποία ενσωματώνει εικονικά και πραγματικά εργαστήρια και συμβάλλει στην κατασκευή της διαδικαστικής γνώσης και των δεξιοτήτων σχετικά με την διατύπωση επιστημονικών ερωτήσεων και τον πειραματικό σχεδιασμό. Το δείγμα αυτής της έρευνας αποτελούσαν 30 μαθητές Ε' Δημοτικού. Κατά τη ΔΜΑ οι μαθητές διδάχτηκαν ρητά τη διατύπωση επιστημονικών ερωτήσεων και τον πειραματικό σχεδιασμό. Τα αποτελέσματα της παρέμβασης καταδεικνύουν βελτίωση της διαδικαστικής γνώσης και των αντίστοιχων δεξιοτήτων της διερεύνησης.

Λέξεις κλειδιά: Διαδικαστική γνώση, δεξιότητες, ρητή διδασκαλία

PROCEDURAL KNOWLEDGE AND SKILLS IN INQUIRY TEACHING AND LEARNING

Chrysoula Karagianni [1], Dimitrios Psillos [2]

[1] Phd Pedagodical Department M.E., Aristotle Univ. Thessaloniki, 4th Primary Peraia School

[2]Professor emeritus, Pedagodical Department M.E.

kxea4@yahoo.gr

ABSTRACT

The purpose of this paper is to investigate whether the implementation of an innovative inquiry-based Learning Sequence (TLS) that integrates virtual and real workshops contributes to the construction ofprocedural knowledge and practices related to question formulation and experimental design. The sample of this research consisted of 30 5th grade students. During the TLS, students were taught explicitly how toformulate scientifically oriented questions and experimental design. The results of the interventiondemonstrate an improvement in procedural knowledge and corresponding skills for both inquiry skills.

Keywords: Procedural knowledge, skills, inquiry teaching

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η βαθύτερη κατανόηση των Φυσικών Επιστημών περιλαμβάνει την κατανόηση της νέας εννοιολογικής γνώσης, της διαδικαστικής γνώσης και την ανάπτυξη δεξιοτήτων διερεύνησης. Ενώ υπάρχει διαρκές ενδιαφέρον για την νοηματοδοτημένη εποικοδόμηση της εννοιολογικής γνώσης οι έρευνες για την ενεργητική κατασκευή της διαδικαστικής γνώσης και των δεξιοτήτων, οι οποίες είναι απαραίτητες για τον σχεδιασμό και την διεξαγωγή πειραματικής διερεύνησης, είναι σχετικά περιορισμένες, ειδικά στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση (Vorholzer et al 2020). Σύμφωνα τα αναθεωρητικά κείμενα K-12 στις ΗΠΑ (National Research Council, 2012) η επιστημονική έρευνα απαιτεί δεξιότητες και γνώση «Η επιστήμη δεν είναι απλώς ένα σύνολο γνώσεων που αντανακλά την τρέχουσα κατανόηση του κόσμου. Είναι επίσης ένα σύνολο δεξιοτήτων που χρησιμοποιούνται για την καθιέρωση, την επέκταση και τη βελτίωση αυτής της γνώσης. Και τα δύο στοιχεία - γνώση και δεξιότητες – είναι θεμελιώδη» (σελ. 26). Για παράδειγμα, παρόλο κάθε πείραμα είναι διαφορετικό και οι πρακτικές που απαιτούνται διαφέρουν ανάλογα με το πλαίσιο, όλοι οι πειραματικοί σχεδιασμοί έχουν κάποιες κοινές διαδικαστικές όψεις που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κάθε φορά που κάποιος σχεδιάζει ένα πείραμα. Για να σχεδιαστεί από έναν μαθητή ένα έγκυρο και αξιόπιστο πείραμα, πρέπει να ληφθούν υπόψη ορισμένες διαδικασίες οι οποίες είναι κοινές και απαραίτητες για κάθε πειραματικό σχεδιασμό, όπως πχ η αναγνώριση των εξαρτημένων και των ανεξάρτητων μεταβλητών, η επιλογή και ο τρόπος χρήσης των υλικών, η περιγραφή των αρχικών συνθηκών του πειράματος κ.α. Η πρακτική επομένως του πειραματικού σχεδιασμού περιλαμβάνει τη διαδικαστική γνώση και τις αντίστοιχες δεξιότητες. Μεταξύ των οκτώ πρακτικών της διερεύνησης που περιγράφονται στο πλαίσιο του NGSS, τέσσερις πρακτικές αφορούν κατά κύριο λόγο την διεξαγωγή της πειραματικής διερεύνησης: Διατύπωση επιστημονικών ερωτήσεων (ΔΕΕ), πειραματικός σχεδιασμός (ΠΣ), διεξαγωγή πειραμάτων, ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων. Στην παρούσα εργασία εστιάζουμε στην διδασκαλία και μάθηση των δύο πρώτων.

Πρόσφατες έρευνες δείχνουν ότι προσεκτικά σχεδιασμένες καθοδηγούμενες διερευνητικές δραστηριότητες ως μέρος ευρύτερων Διδακτικών Μαθησιακών Ακολουθιών (ΔΜΑ) (Psillos & Kariotoglou 2016) που αξιοποιούν εικονικά (ΕΕεργ.) και πραγματικά (ΠΕεργ.) εργαστηριακά περιβάλλοντα μάθησης μπορούν να οδηγήσουν στην ανάπτυξη διαδικαστικής γνώσης και δεξιοτήτων (Taramopoulos & Psillos, 2022). Δεν έχει όμως μελετηθεί επαρκώς η ανάπτυξη της διαδικαστικής γνώσης και των δεξιοτήτων στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Επιπλέον, πρόσφατα βρέθηκε ότι η ρητή διερευνητική προσέγγιση μπορεί να υποστηρίξει την ανάπτυξη δεξιοτήτων πειραματισμού και διατύπωσης επιστημονικού ερωτήματος σε μαθητές Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης (Vorholzer et al., 2020). Η ρητή προσέγγιση σε συνδυασμό με μια αναστοχαστική διαδικασία υποστηρίζεται από πολλά ερευνητικά αποτελέσματα. Σε αυτό το πλαίσιο, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να διερευνήσει αν η εφαρμογή μιας καινοτομικής ΔΜΑ βασισμένης στην διερεύνηση, η οποία ενσωματώνει ΕΕεργ. και ΠΕεργ., συμβάλλει στην ενεργητική κατασκευή της διαδικαστικής γνώσης και τωνδεξιοτήτων σχετικά με την διατύπωση επιστημονικών ερωτήσεων και τον πειραματικό σχεδιασμό. Κατά τις ρητές αναστοχαστικές προσεγγίσεις οι μαθητές μπορεί να έχουν (με μεγάλη ή μικρή καθοδήγηση) ευκαιρίες να ανακαλύψουν μόνοι τους τις στοχευμένες έννοιες, αλλά συνήθως σε κάποιο σημείο της μαθησιακής διαδικασίας τους παρέχονται πληροφορίες και υποστήριξη ώστε να μπορούν να επαληθεύσουν και να βελτιώσουν τις δικές τους ιδέες και πρακτικές (Alfieri et al., 2011). Σε μία διερευνητική προσέγγιση για την επίτευξη ενός διαδικαστικού μαθησιακού στόχου, οι μαθητές συνήθως εμπλέκονται σε διερευνητικές

δραστηριότητες όπως ο σχεδιασμός των δικών τους ερευνών και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Όταν αυτές οι δραστηριότητες ενσωματώνονται σε μια υπόρρητη προσέγγιση, οι μαθητές συμμετέχουν σε αυτές είτε χωρίς καμία καθοδήγηση είτε με καθοδήγηση που στοχεύει να υποστηρίξει την ανακάλυψη του στοχευμένου εννοιολογικού στόχου . Αντίθετα, σε μια ρητή προσέγγιση, η συμμετοχή των μαθητών σε επιστημονικές έρευνες υποστηρίζεται από οδηγίες που αφορούν άμεσα την εκμάθηση των αντίστοιχων πρακτικών της διερεύνησης, π.χ. ή δίνοντας σχόλια στους μαθητές σχετικά με τις έρευνές τους (Minstrell 2000). Μια ανασκόπηση πολλών μελετών (Lazonder & Egberink 2014; Lorch et al., 2010) καταδεικνύει ότι οι ρητές προσεγγίσεις είναι πιο αποτελεσματικές στην προώθηση της κατανόησης των πρακτικών της διερεύνησης σε σχέση με τις υπόρρητες προσεγγίσεις, ειδικά εάν υπάρχει μόνο μια σχετικά σύντομη φάση διδασκαλίας.

Τα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας έρευνας είναι τα παρακάτω:

- Μπορεί η ρητή-αναστοχαστική διδασκαλία της διαδικαστικής γνώσης και των αντίστοιχων πρακτικών διατύπωσης ερωτήματος να βελτιώσει τη δεξιότητα διατύπωσης ερωτήματος;
- Μπορεί η ρητή-αναστοχαστική διδασκαλία της διαδικαστικής γνώσης και των αντίστοιχων πρακτικών πειραματικού σχεδιασμού να βελτιώσει τη δεξιότητα πειραματικού σχεδιασμού;

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Δείγμα

Το δείγμα αυτής της έρευνας αποτελούσαν 30 μαθητές Ε Δημοτικού οι οποίοι δεν είχαν εξοικείωση με διερευνητικές διδασκαλίες και πρακτικές. Οι μαθητές φοιτούσαν σε δημόσιο δημοτικό σχολείο της Ανατολικής Θεσσαλονίκης, και η διδασκαλία υλοποιήθηκε από τον πρώτο συγγραφέα αυτής της εργασίας. Η γενική κοινωνικοοικονομική κατάσταση των συμμετεχόντων ήταν προσανατολισμένη στη μεσαία τάξη. Οι Φυσικές Επιστήμες διδάσκονται ως υποχρεωτικό μάθημα για 3 ώρες την εβδομάδα στην Ε' και ΣΤ' Τάξεις στα ελληνικά δημοτικά σχολεία. Όλοι οι μαθητές που συμμετείχαν σε αυτή τη μελέτη είχαν κάποια μαθήματα βασικά μαθήματα φυσικών επιστημών και είχαν μία μικρή εμπειρία με πρακτικές δραστηριότητες, αναζήτηση καθημερινών φαινομένων, εμπλοκή σε διερευνητικά πειράματα, αλλά δεν ήταν εξοικειωμένοι με τις δομημένες δραστηριότητες που βασίζονται στην έρευνα και τα χαρακτηριστικά του NOSI. Ακολουθήσαμε έναν σχεδόν πειραματικό σχεδιασμό.

Η ΔΜΑ

Η ΔΜΑ στηρίχτηκε στο διερευνητικό μοντέλο ΔΙΕΔΙΑ (Καραγιάννη & Ψύλλος, 2015). Αποτελείται από έξι φάσεις, συγκεκριμένα (1) παρατήρηση-περιέργεια-πρόβλημα, (2) διατύπωση επιστημονικών ερωτήσεων, (3) σχεδιασμός, (4) εφαρμογή, (5) συμπέρασμα και (6) ανακοίνωση. Κατά τη ΔΜΑ οι μαθητές διδάχτηκαν ρητά τη (ΔΕΕ) και τον (ΠΣ). Στο μέρος Α’, οι μαθητές εργαζόμενοι σε ομάδες συμμετείχαν ενεργητικά σε ρητή-αναστοχαστική διερεύνηση για την ευθύγραμμη διάδοση του φωτός ακολουθώντας ειδικά σχεδιασμένα φύλλα εργασίας τα οποία αφενός καθοδηγούσαν τους μαθητές κατά τη διερευνητική διαδικασία αφετέρου αναδείκνυαν τις διαστάσεις των πρακτικών (ΔΕΕ) και (ΠΣ) μέσα από αναστοχαστικές συζητήσεις. Υπήρχαν έξι φύλλα εργασίας, το καθένα από τα οποία περιλάμβανε δραστηριότητες που στόχευαν μία από τις έξι φάσεις και τις σχετικές πρακτικές διερεύνησης που ακολουθήθηκαν από το ΔΙΕΔΙΑ. Κάθε πρακτική διερεύνησης αποδομήθηκε σε μικρότερα στοιχεία, τα οποία υποστηρίχθηκαν από συγκεκριμένες δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στα φύλλα εργασίας παρέχοντας βαθμιαία υποστήριξη (scaffold) στους μαθητές κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας. Για παράδειγμα, ο «σχεδιασμός του πειράματος» είναι η κύρια πρακτική που αντιστοιχεί

στην τρίτη φάση του ΔΙΕΔΙΑ. Είναι αυτό που μπορεί να ονομαστεί «το thinking part» της έρευνας, το οποίο ενσωματώνει διάφορες διαστάσεις, όπως τον εντοπισμό ενός συγκεκριμένου ζητήματος ή προβλήματος προς διερεύνηση, τη διατύπωση μιας υπόθεσης, τον ορισμό των εξαρτημένων και ανεξάρτητων μεταβλητών (Lefkos et al., 2011) κ.α. Στους μαθητές ανατέθηκε το φύλλο εργασίας της τρίτης φάσης (σχεδιασμός του πειράματος) που περιελάμβανε δραστηριότητες που παρείχαν προοδευτική βοήθεια (με κατάλληλες ερωτήσεις) για την υλοποίηση του σχεδιασμού του πειράματος. Για παράδειγμα, οι μαθητές ρωτήθηκαν: Ποια υλικά θα επιλέξετε; Τι θα ελέγξετε και τι θα διατηρήσετε σταθερό κατά τη διάρκεια του πειράματος; Περιγράψτε ολόκληρη τη διαδικασία σχεδιασμού. Στο τέλος κάθε φάσης, οι συμμετέχοντες συμμετείχαν σε ρητές-αναστοχαστικές δραστηριότητες, στόχος των οποίων ήταν να προσδιορίσουν τις επιμέρους διαστάσεις κάθε φάσης. Στο μέρος Β' οι μαθητές υλοποίησαν ανοιχτά τη (ΔΕΕ) και τον (ΠΣ) εφαρμόζοντας τις διαστάσεις των αντίστοιχων πρακτικών που είχαν διδαχθεί κατά τη ρητή-αναστοχαστική διαδικασία του μέρους Α'.

Εργαλεία - ανάλυση

Η αποτίμηση της εξέλιξης των μαθητών έγινε πριν και μετά την ολοκλήρωση της παρέμβασης με γραπτό ερωτηματολόγιο, το οποίο περιείχε δύο ερωτήματα για κάθε μία πρακτική και ημιδομημένες συνεντεύξεις. Το πρώτο ερώτημα αφορούσε τη διαδικαστική γνώση και το δεύτερο τις αντίστοιχες δεξιότητες. Ειδικότερα για τη διαδικαστική γνώση (pre-post) οι μαθητές ρωτήθηκαν τι πρέπει να κάνουν για να διατυπώσουν ένα επιστημονικό ερώτημα και να περιγράψουν τι πρέπει να κάνουν για να σχεδιάσουν ένα πείραμα. Για τις δεξιότητες (κατά το pre-test) στην περίπτωση της διατύπωσης ερωτήματος τους δόθηκε στους μαθητές μία εικόνα με μία κατσαρόλα με νερό που βράζει και τους ζητήθηκε να διατυπώσουν τα επιστημονικά ερωτήματα ενώ για την περίπτωση του σχεδιασμού πειράματος κλήθηκαν να σχεδιάσουν ένα πείραμα για να ερευνήσουν αν η θερμοκρασία βρασμού επηρεάζεται από την ποσότητα του νερού που υπάρχει μέσα σε ένα δοχείο. Στο post-test οι μαθητές περιέγραψαν τι έκαναν στο δική τους διερεύνηση για την αλλαγή μεγέθους της σκιάς για να διατυπώσουν το επιστημονικό ερώτημα και για να σχεδιάσουν το πείραμά τους. Η διαμόρφωση και η εγκυρότητα του περιεχομένου των ερωτηματολογίων και συνεντεύξεων συζητήθηκε και συμφωνήθηκε από ομάδα εμπειρογνωμόνων.

Η ρουμπρίκα ανάλυσης των ερωτήσεων για την **ΔΕΕ** στηρίχτηκε σε σχήματα και τεχνικές οι οποίες αναπτύχθηκαν από τους Pedrosa-de- Jesus et al (2014) και περιελάμβανε τις εξής διαστάσεις 1. Καταιγισμός ιδεών, 2.Χρήση βοηθητικών λέξεων για τον εμπλουτισμό των ερωτήσεων (Ποιος, Πού, Πώς, Πότε, Γιατί, Τι, Αν) 3. Εντοπισμός λέξεων- κλειδιά 4. Αναγνώριση ή δημιουργία ερωτήσεων περιγραφής, σύγκρισης, αιτίας-αποτελέσματος, 5. Εντοπισμός παρόμοιων ερωτήσεων και αντικατάστασή τους με μία ερώτηση, 6. Προσδιορισμός των άσχετων ερωτήσεων, τις ερωτήσεις που δεν είχαν καμία σχέση με το επιστημονικό περιεχόμενο, 7. Αναγνώριση των μη διερευνήσιμων ερωτήσεων. Η ρουμπρίκα ανάλυσης του **ΠΣ** στηρίχτηκε στις διαστάσεις του πειραματικού σχεδιασμού που αναπτύχθηκαν από τους Lefkos, Psillos and Hatzikraniotis (2011), (1.Πρόβλεψη, 2.Αρχικές συνθήκες, 3.Προσδιορισμός φαινομένων,4.Μεταβλητές, 5.Υλικά, 6.Τρόποςχρήσης των υλικών, 7.Πηγές, 8.Περιγραφή διαδικασίας). Η ανάλυση περιεχομένου πριν και μετά πραγματοποιήθηκε με τα δεδομένα από το ερωτηματολόγιο και την απομαγνητοφώνηση των συνεντεύξεων, για κάθε μαθητή. Επί πλέον, χρησιμοποιήθηκε και μη παραμετρικός στατιστικός έλεγχος χρησιμοποιώντας τη δοκιμασία Wilcoxon signed-rank test καθώς το δείγμα δεν ήταν μεγάλο (N = 30).

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Διαδικαστική γνώση: Τα αποτελέσματα των pre tests αναφορικά με τη διαδικαστική γνώση και

για τις δύο πρακτικές (διατύπωση ερωτήματος και πειραματικός σχεδιασμός) κατέδειξαν ότι οι μαθητές δεν γνωρίζουν κάποια μέθοδο, διαδικασία ή σειρά βημάτων για να διατυπώσουν ένα επιστημονικό ερώτημα ή για να σχεδιάσουν ένα πείραμα. Στα post tests φάνηκε ότι οι μαθητές κατανόησαν τις διαστάσεις των παραπάνω πρακτικών. Ειδικότερα τα ερωτήματα που διερευνούσαν τη διαδικαστική γνώση που σχετίζονταν με την πρακτική (ΔΕΕ) εμφάνισαν πολύ υψηλά ποσοστά: Καταιγισμός ιδεών: 29/30, Χρήση βοηθητικών λέξεων: 28/30, Λέξεις κλειδιά: 24/30, Εντοπισμός ερωτημάτων περιγραφής, σύγκρισης και αιτίας αποτελέσματος: 20/30, Απόρριψη άσχετων ερωτήσεων: 26/30, Απόρριψη ερωτήσεων που δεν μπορούν να διερευνηθούν: 28/30, Εντοπισμός παρόμοιων ερωτήσεων: 23/30.

Υπήρχαν απαντήσεις που συμπεριλάμβαναν το σύνολο σχεδόν των διαστάσεων και απαντήσεις οι οποίες περιείχαν ορισμένες από τις διαστάσεις. Από τις πρώτες όμως συνεντεύξεις διαφάνηκε ότι οι μαθητές οι οποίοι δεν είχαν αναφέρει ορισμένες από τις διαστάσεις διατύπωσης ερωτήματος στα 2 task του post test που αφορούσε τη διατύπωση επιστημονικού ερωτήματός δήλωσαν ότι ανέφεραν τις υπόλοιπες διαστάσεις αλλά στα επόμενα task του post test που αφορούσαν τον πειραματικό σχεδιασμό. Ενδεικτικός είναι ο παρακάτω διάλογος:

Δ: Εδώ βλέπω ότι αναφέρετε ότι σκεφτήκατε πρώτα όλες τις ερωτήσεις που σας έρχονται στο μυαλό. Μετά απορρίψατε αυτές που είναι άσχετες με τη φυσική και αυτές που πιστεύετε ότι δεν μπορείτε να κάνετε ένα πείραμα στην τάξη για να τις απαντήσετε. Πώς τελικά καταλήξατε στο ερώτημα;
Μ19: Το λέω παρακάτω εκεί που μας ρωτάτε για το πείραμα που θα σχεδιάσουμε. Μαζεύουμε όλες τις ερωτήσεις που είναι αιτία και αποτέλεσμα, έχουν μπροστά τις λέξεις «πως», «γιατί» κτλ.
Δ: Αυτά που αναφέρεις αφορούν το σχέδιο του πειράματος
Μ19: Από το προηγούμενο μάθημα όταν για να σχεδιάσουμε το πείραμα πήραμε τα ερωτήσεις που είπα παραπάνω…
Δ: …αιτίας, αποτελέσματος κτλ
Μ19: Ναι, έκανα μία πρόβλεψη και μετά ξεκίνησα να λέω για το πείραμα. Επειδή είναι σημαντικό να κάνουμε πρόβλεψη και να έχουμε μία ερώτηση στο μυαλό μας. Αυτά είναι για το πείραμα».
Δ: Άρα βλέπω ότι γνωρίζεις τις τεχνικές αλλά λες ότι ταιριάζουν με την περιγραφή για το πείραμα
Μ19: Νομίζω έτσι το κάναμε στο μάθημα χθες

Από τον παραπάνω διάλογο διαφαίνεται ότι ο μαθητής είναι σε θέση να ανακαλέσει το σύνολο των διαστάσεων διατύπωσης ερωτήματος όμως υποσύνολο από αυτές τις διαστάσεις θεωρεί ότι ανήκουν στην περιγραφή του πειραματικού σχεδίου.

Για τη διαπίστωση της ύπαρξης ή όχι στατιστικά σημαντικής διαφοροποίησης pre-post εφαρμόστηκε μη παραμετρικός προσημικός στατιστικός έλεγχος σε συζευγμένα δείγματα (Wilcoxon signed ranks test). Στην περίπτωση της αξιολόγησης τησδιαδικαστικής γνώσης του (ΠΣ) τα αποτελέσματα του στατιστικού ελέγχου κατέδειξαν στατιστικά σημαντική βελτίωση της επίδοσης (πίν.2).

Πίνακας 2: Pre-Post απαντήσεις διαδικαστικής γνώσης για τον πειραματικό σχεδιασμό

Test Statistics[a]

	a_predicion_post-a_prediction_pre	a_initial_conditions_post-a_initial_conditions_pre	a_variables_post-a_variables_pre	a_phenomena_post-a_phenomena_pre	a_sourses_post-a_sources_pre	a_materials_post-a_materials_pre	a_use_post-a_use_pre	a_procedure_post-a_procedure_pre
Z	-4,359[b]	-5,000[b]	-5,477[b]	-5,196[b]	-4,796[b]	-4,243[b]	-4,583[b]	-4,899[b]
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

<u>*Δεξιότητες:*</u> Τα αποτελέσματα των pre-tests αναφορικά με τις δεξιότητες και για τις δύο πρακτικές

κατέδειξαν ότι οι μαθητές χρησιμοποιούν μικρό αριθμό διαστάσεων για τη ΔΕΕ και για τον ΠΣ**.** Τα post-tests κατέδειξαν ότι οι μαθητές υλοποίησαν την ανοιχτή διερευνητική διαδικασία χρησιμοποιώντας το σύνολο σχεδόν των διαστάσεων και για τις δύο πρακτικές. Ειδικότερα τα ερωτήματα που διερευνούσαν τις δεξιότητες που σχετίζονταν με την πρακτική ΔΕΕ εμφάνισαν πολύ υψηλά ποσοστά: Καταιγισμός ιδεών: 29/30, Χρήση βοηθητικών λέξεων: 27/30, Λέξεις κλειδιά: 19/30, Εντοπισμός ερωτημάτων περιγραφής, σύγκρισης και αιτίας αποτελέσματος: 18/30, Απόρριψη άσχετων ερωτήσεων: 26/30, Απόρριψη ερωτήσεων που δεν μπορούν να διερευνηθούν: 24/30, Εντοπισμός παρόμοιων ερωτήσεων: 17/30. Για τη διαπίστωση της ύπαρξης ή όχι στατιστικά σημαντικής διαφοροποίησης pre-post εφαρμόστηκε μη παραμετρικός προσημικός στατιστικός έλεγχος σε συζευγμένα δείγματα (Wilcoxon signed ranks test). Στην περίπτωση του ΠΣ τα αποτελέσματα κατέδειξαν στατιστικά σημαντική βελτίωση της επίδοσης για τις δεξιότητες (πιν.3).

Test Statistics[a]

	a_predicion_post-a_prediction_pre	a_initial_conditions_post-a_initial_conditions_pre	a_variables_post-a_variables_pre	a_phenomena_post-a_phenomena_pre	a_sourses_post-a_sources_pre	a_materials_post-a_materials_pre	a_use_post-a_use_pre	a_procedure_post-a_procedure_pre
Z	-4,359[b]	-5,000[b]	-5,477[b]	-5,196[b]	-4,796[b]	-4,243[b]	-4,583[b]	-4,899[b]
Asymp. Sig. (2-tailed)	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000	,000

a. Wilcoxon Signed Ranks Test

b. Based on negative ranks.

Πίνακας 3: Pre-Post απαντήσεις δεξιότητες για τον πειραματικό σχεδιασμό

Πολλές από τις απαντήσεις στο pre test έμειναν αναπάντητες. Οι ελάχιστες απαντήσεις των pre test έδειξαν ότι οι μαθητές συγχέουν τον πειραματικό σχεδιασμό που αναφέρεται στη σκέψη (thinking part) με τις ενέργειες που απαιτούνται για την υλοποίηση του (εφαρμογή του πειράματος) και με τη διαδικασία διατύπωσης συμπεράσματος : Π.χ.

«Θα παρατηρήσω μέχρι να βγάλω συμπέρασμα»,
«Θα έκανα ταξίδια και θα συνέλεγα πληροφορίες». πχ. «Κάνω πειράματα και δοκιμές»,
«Κάνω ότι και οι επιστήμονες, αναλύσεις»,
«Θα προσπαθήσω να εκμεταλλευτώ την στρατηγική των επιστημόνων», «Θα διασταυρώσω πληροφορίες».
«Θα πάρω διάφορα υλικά και θα κάνω το πείραμα»

Επίσης συγχέουν τον πειραματικό σχεδιασμό με την διατύπωση επιστημονικά προσανατολισμένων ερωτημάτων

«Θα έκανα ερωτήσεις»
«Πρέπει να ρωτάω»

Συμπερασματικά παρατηρούμε πως ο πειραματικός σχεδιασμός συγχέεται γενικότερα με διάφορες φάσεις της διερευνητικής διαδικασίας καθώς οι μαθητές θεωρούν πως η διατύπωση επιστημονικών ερωτημάτων, η υλοποίηση ενός πειράματος και η διατύπωση συμπερασμάτων εντάσσονται μέσα στο πειραματικό σχέδιο.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματά μας επιβεβαιώνουν τα ευρήματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα της ρητής προσέγγισης (Lazonder & Egberink 2014; Lorch et al., 2010) καθώς αποδεικνύουν ότι μια ρητή εκπαιδευτική προσέγγιση είναι αποτελεσματική στην κατανόηση των πρακτικών της διερεύνησης. Λαμβάνοντας υπόψη ότι παρόμοια αποτελέσματα βρέθηκαν σε διάφορες μελέτες που επικεντρώθηκαν στη ΦτΕ (Yerdelen-Damar & Eryılmaz, 2019), η ρητή διδασκαλία φαίνεται να είναι μια πολλά υποσχόμενη προσέγγιση για την υποστήριξη των μαθητών στην εκμάθηση και άλλων σημαντικών διερευνητικών πρακτικών (π.χ. ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, NGSS, 2013).

Η ρητή διδασκαλία των όψεων της διαδικαστικής γνώσης και των αντίστοιχων δεξιοτήτων είχε σαν αποτέλεσμα την ανάδειξη από τους ίδιους τους μαθητές δύο **«εργαλείων» -** διατύπωσης επιστημονικά προσανατολισμένων ερωτήσεων και εκπόνησης πειραματικού σχεδίου - η γνώση των οποίων δύναται να οδηγήσει στην βελτίωση των αντιστοίχων πρακτικών διατύπωσης επιστημονικά προσανατολισμένων ερωτημάτων και πειραματικού σχεδιασμού. Κατά το μέρος Α' οι μαθητές βελτίωσαν τη διαδικαστική τους γνώση και συμμετέχοντας ενεργά στην καθοδηγούμενη διερεύνηση της ευθύγραμμης διάδοσης του φωτός εφάρμοσαν τις διαστάσεις των πρακτικών ΔΕΕ και ΠΣ. Αυτό βελτίωσε τις πρακτικές ΔΕΕ και ΠΣ και τους βοήθησε να κατανοήσουν τη διαφορά ανάμεσα στη διαδικαστική γνώση και τις αντίστοιχες δεξιότητες. Στο μέρος Β' οι μαθητές εφάρμοσαν τις περισσότερες διαστάσεις των πρακτικών ΔΕΕ και ΠΣ χωρίς καθοδήγηση, μέσα από μία ανοιχτή διερευνητική διαδικασία για την αλλαγή μεγέθους της σκιάς. Η ΔΜΑ είχε σαν αποτέλεσμα την βελτίωση των πρακτικών της ΔΕΕ και του ΠΣ. καθώς στα post tests κατέγραψαν μεγάλο αριθμό διαστάσεων ΔΕΕ και ΠΣ.

Ο όρος «πρακτικές» μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντί του όρου «δεξιότητες» για να τονιστεί ότι η ενασχόληση με την επιστημονική έρευνα απαιτεί όχι μόνο δεξιότητες αλλά και γνώσεις που είναι συγκεκριμένες για κάθε πτυχή της διατύπωσης ερωτήματος και του πειραματικού σχεδιασμού (NGSS, 2013).

Η παρούσα έρευνα καταδεικνύει ότι η μετάβαση από μία καθοδηγούμενη και ρητή-αναστοχαστική διερευνητική διαδικασία για τις διαστάσεις της διαδικαστικής γνώσης και των αντίστοιχων δεξιοτήτων σε μία ανοιχτή διερευνητική διαδικασία εφαρμογής των δύο πρακτικών χωρίς καθοδήγηση έχει σημαντικά αποτελέσματα. Το θέμα αυτό χρειάζεται να διερευνηθεί σε μεγαλύτερα δείγματα και άλλα γνωστικά πεδία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Lederman, J., Lederman, N., Bartels, S., and Jimenez, J. (2019). An international collaborative investigation of beginning seventh grade students' understandings of scientific inquiry: Establishing a baseline. *Journal of Research in Science Teaching, 56*(4), 486-515. https://doi.org/10.1002/tea.21512

Lederman, N. G., & Lederman, J. S. (2019). Teaching and Learning of Nature of Scientific Knowledge and Scientific Inquiry: Building Capacity through Systematic Research-Based Professional Development. *Journal of Science Teacher Education, 30*(7), 737-762. https://doi.org/10.1080/1046560X.2019.1625572

Bell, R. L., Blair, L. M., Crawford, B. A., & Lederman, N. G. (2003). Just do it?: Impact of a science apprenticeship program on high school students' understandings of the nature of science and scientific inquiry. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(5), 487–509. https://doi.org/10.1002/tea.10086

Lazonder, A. W., & Egberink, A. (2014). Children's acquisition and use of the control-of-variables strategy: effects of

explicit and implicit instructional guidance. *Instructional Science*, 42(2), 291– 304. https://doi.org/10.1007/s11251-013-9284-3

Lefkos, I., Psillos, D. & Hatzikraniotis, E. (2011). Designing experiments on thermal interactions by secondary students in a simulated laboratory environment, Research in Science & Technological Education 29(2), 189-204

Lorch, R. F., Lorch, E. P., Calderhead, W. J., Dunlap, E. E., Hodell, E. C., & Freer, B. D. (2010). Learning the control of variables strategy in higher and lower achieving classrooms: contributions of explicit instruction and experimentation. *Journal of Educational Psychology*, 102(1), 90–101. https://doi.org/10.1037/a0017972

Karagianni, H**.,** & Psillos, D. (2022). Investigating the effectiveness of Explicit and Implicit Inquiry-Oriented Instruction on Primary Students views about the non-linear nature of inquiry. *International Journal of Science Education, DOI: 10.1080/09500693.2022.2050486*

Kuhn, D., Arvidsson, T. S., Lesperance, R., & Corprew, R. (2017). Can engaging in science practices promote deepunderstanding of them? *Science Education*, 101(2), 232–250. https://doi.org/10.1002/sce.21263

National Research Council. (2012). *A framework forK–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*.Washington, DC: The National Academies Press.

NGSS Lead States (2013). Next generation science standards: For States, By States. Washington, DC: National Academies Press. Retrieved from http://www.nextgenscience.org/trademark-andcopyright-guidelines#4.0

Pedrosa-de-Jesus, H. & Aurora Moreira, Betina Lopes & Mike Watts (2014). So much more than just a list: exploring the nature of critical questioning in undergraduate sciences. *Research in Science & Technological Education*, 32(2), 115-134. DOI:10.1080/02635143.2014.902811

Psillos, D., & Kariotoglou, P. (2016). Theoretical Issues Related to Designing and Developing Teaching-Learning Sequences. In D.Psillos and P. Kariotoglou (Eds.), Iterative Design of Teaching-Learning Sequences, 11 – 34, https://doi.org/10.1007/978-94-007-7808-5_2 .

Taramopoulos, A. & Psillos, D. (2022). Developing procedural knowledge in secondary education students. *Journal of Physics*: Conference Series. 2297.012010. DOI: 10.1088/1742-6596/2297/1/012010

Vorholzer, A., von Aufschnaiter, C. & Boone, W.J. (2020). Fostering Upper Secondary Students' Ability to Engage in Practices of Scientific Investigation: a Comparative Analysis of an Explicit and an ImplicitInstructional Approach, Res Sci Educ, 50, 333 – 359. DOI:10.1007/s11165-018-9691-1

Yerdelen-Damar, S., & Eryılmaz, A. (2019). Promoting Conceptual Understanding with Explicit Epistemic Intervention in Metacognitive Instruction: Interaction Between the Treatment and Epistemic Cognition. *Res Sci Educ*.10.1007/s11165-018-9807-7.