

Οι επιστημονικές πρακτικές στις πειραματικές δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου Φυσικών Επιστημών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου

Σταύρος Τσέτσος
Εκπαιδευτικός ΠΕ70, M.Sc.
tsetsos.stavros@hotmail.com

Μιχαήλ Σκουμιός
Επίκουρος Καθηγητής, ΠΤΔΕ, Πανεπιστήμιο Αιγαίου
skoumios@rhodes.aegean.gr

Περίληψη

Τα τελευταία χρόνια έχει αναγνωριστεί η σπουδαιότητα της ανάπτυξης επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές και έχει τεθεί ως βασικός στόχος της εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες. Όμως, η έρευνα που μελετά τις επιστημονικές πρακτικές που εμπλέκονται στις πειραματικές δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στα σχολικά εγχειρίδια είναι ιδιαίτερα περιορισμένη. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση των πειραματικών δραστηριοτήτων του σχολικού εγχειριδίου Φυσικών Επιστημών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου ως προς τις επιστημονικές πρακτικές που εμπλέκονται σε αυτές. Η ανάλυση των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια ενός πλαισίου ανάλυσης που συγκροτήθηκε και περιλαμβάνει διαστάσεις των οκτώ επιστημονικών πρακτικών που έχουν προταθεί από το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των Η.Π.Α. (NRC, 2012). Από την ανάλυση των δεδομένων προέκυψε ότι στα φύλλα εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων εμπλέκονται ορισμένες μόνο διαστάσεις των επιστημονικών πρακτικών, ενώ απουσιάζουν άλλες διαστάσεις τους που διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην κατανόηση των ιδεών και των εννοιών των Φυσικών Επιστημών.

Λέξεις κλειδιά: πειραματικές δραστηριότητες, ανάλυση φύλλων εργασίας, μάθηση Φυσικών Επιστημών

Εισαγωγή

Η εργασία αυτή εντάσσεται στο ευρύτερο σώμα ερευνών που μελετούν τα φύλλα εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων με στόχο τη βελτίωση της αποτελεσματικότητάς τους. Ειδικότερα, εστιάζεται στην ανάλυση των πειραματικών δραστηριοτήτων που περιλαμβάνονται στο σχολικό εγχειρίδιο Φυσικών Επιστημών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου.

Είναι αναγκαία η μελέτη της αποτελεσματικότητας των πειραματικών δραστηριοτήτων αφού ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι οι πειραματικές δραστηριότητες μπορεί να συμβάλουν στην επίτευξη των στόχων της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών. Ειδικότερα, μπορεί να βοηθήσουν τους μαθητές να οικοδομήσουν νέα γνώση (Högström et al., 2010; Tiberghien, et al., 2001; Tobin, 1990), να αναπτύξουν δεξιότητες επιστημονικής μεθόδου (Giddings, et al., 1991; Hofstein, et al., 2005; Högström et al., 2010), δεξιότητες που αφορούν σε χειρισμό οργάνων και υλικών (Hofstein & Lunetta, 1982; Tobin, 1990) και να προάγουν θετικές στάσεις απέναντι στα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών (Hofstein & Lunetta, 1982; 2004; Lazarowitz & Tamir, 1994). Όμως, έχουν εγερθεί ερωτήματα που σχετίζονται με την αποτελεσματικότητα των πειραματικών δραστηριοτήτων και την καταλληλότητα του εκπαιδευτικού υλικού που τις υποστηρίζει (Abrahams & Millar, 2008; Hodson, 1991; Hofstein & Lunetta, 2004; Osborne, 1993; Wellington, 1993). Υποστηρίζεται ότι συχνά αυτό που λαμβάνει χώρα μέσα στα εργαστήρια ή στις σχολικές τάξεις συνεισφέρει ελάχιστα στη μάθηση (Hodson, 1991) και ότι οι μαθητές περισσότερο επικεντρώνονται στην «τυπική» ολοκλήρωση της δραστηριότητας παρά στη μάθηση εννοιών (Berry et al., 1999).

Ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι κατά τη διάρκεια πραγματοποίησης των πειραματικών δραστηριοτήτων ο λόγος των μαθητών εστιάζεται κυρίως στο «πεδίο των αντικειμένων» και όχι στο «πεδίο των ιδεών», ο χειρισμός των οργάνων και των υλικών και η λήψη μετρήσεων είναι οι κυρίαρχες δραστηριότητες των μαθητών που καταλαμβάνουν σημαντικό μέρος του διαθέσιμου χρόνου, ενώ η συνεισφορά αυτών των δραστηριοτήτων στο να καταστήσουν τους μαθητές ικανούς να συνδέσουν το πείραμα με τη θεωρία είναι ελάχιστη (Becu-Robinault, 2002, Buty, 2002, Hucke & Fischer, 2002; Skoumios & Passalis, 2010; Todas & Skoumios, 2014).

Έρευνες καταδεικνύουν ότι το φύλλο εργασίας και ο τρόπος που αυτό καθοδηγεί τους μαθητές επηρεάζει τη διαδικασία υλοποίησης και την αποτελεσματικότητα της πειραματικής δραστηριότητας (Hucke & Fischer, 2002; Lunetta, 1998). Συνεπώς, είναι αναγκαία η ανάλυση των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων. Προς την κατεύθυνση αυτή, έχουν πραγματοποιηθεί προσπάθειες για τη συγκρότηση πλαισίων ανάλυσης των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων με απώτερο στόχο τη βελτίωση της αποτελεσματικότητάς τους. Οι Lunetta και Tamir (1981) ανέλυσαν φύλλα εργασίας πειραματικών δραστηριοτήτων με ένα πλαίσιο ανάλυσης που περιλαμβάνει τέσσερις άξονες: τη σχεδίαση, την πραγματοποίηση, την ερμηνεία και την εφαρμογή. Οι Ganiel και Hofstein (1982) πρόσθεσαν έναν ακόμα άξονα στο παραπάνω πλαίσιο που αφορά στις δεξιότητες. Οι Roth et al. (1997) διαμόρφωσαν ένα πλαίσιο που βασίζεται στην αλληλεπίδραση ανάμεσα στους μαθητές και την πειραματική διάταξη. Οι Tiberghien et al. (2001), ανέλυσαν φύλλα εργασίας πειραματικών δραστηριοτήτων των μεγαλύτερων τάξεων της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, καθώς επίσης και της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης διαφόρων ευρωπαϊκών κρατών. Οι δραστηριότητες αναλύθηκαν ως προς τους μαθησιακούς στόχους τους και ως προς τα σχεδιαστικά χαρακτηριστικά και το πλαίσιό τους. Με βάση το πλαίσιο ανάλυσης που χρησιμοποιήθηκε στην παραπάνω έρευνα, ο Millar (2009) πρότεινε ένα πλαίσιο ανάλυσης που περιλαμβάνει τρεις άξονες, τους μαθησιακούς στόχους, τη σχεδίαση και την παρουσίαση των πειραματικών δραστηριοτήτων.

Από τα παραπάνω διαπιστώνεται ότι είναι περιορισμένη η έρευνα που εστιάζεται στην ανάλυση των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων. Αξίζει να επισημανθεί ότι η έρευνα αυτή εστιάζεται σε φύλλα εργασίας που προορίζονται για μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και φοιτητές, ενώ δεν εντοπίζονται αντίστοιχες έρευνες για την πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Αναδύεται λοιπόν η αναγκαιότητα πραγματοποίησης μιας έρευνας που να εστιάζεται στην ανάλυση των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων που περιλαμβάνονται στα σχολικά εγχειρίδια της πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης.

Τα τελευταία χρόνια έχει αναγνωριστεί η σπουδαιότητα της ανάπτυξης επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές και έχει τεθεί ως βασικός στόχος της εκπαίδευσής τους στις Φυσικές Επιστήμες (NRC, 2012; NGSS Lead States, 2013). Επιδιώκεται οι μαθητές, μέσω της εμπλοκής τους με επιστημονικές πρακτικές, να οικοδομήσουν και να χρησιμοποιούν ιδέες και έννοιες των Φυσικών Επιστημών προκειμένου να ερμηνεύουν φαινόμενα, να επιλύουν προβλήματα και να λαμβάνουν αποφάσεις (NGSS Lead States, 2013).

Οι επιστημονικές πρακτικές αναφέρονται στις κύριες πρακτικές με τις οποίες εμπλέκονται οι επιστήμονες καθώς μελετούν και κατασκευάζουν μοντέλα και θεωρίες για τον κόσμο (NRC, 2012). Ο όρος επιστημονικές πρακτικές χρησιμοποιείται αντί του όρου δεξιότητες επιστημονικών διαδικασιών για να δώσει έμφαση στο ότι η εμπλοκή με την επιστημονική έρευνα απαιτεί όχι μόνο δεξιότητες αλλά και γνώση γύρω από κάθε μια πρακτική που ακολουθείται (NRC, 2012).

Για την εκπαίδευση των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες έχουν προταθεί οι ακόλουθες οκτώ επιστημονικές πρακτικές (NRC, 2012; NGSS Lead States, 2013): (α) υποβολή ερωτημάτων, (β) ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, (γ) σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας, (δ) ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, (ε) χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης, (στ) συγκρότηση εξηγήσεων, (ζ) εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία και (η) απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών.

Η ενεργός εμπλοκή των μαθητών με τις επιστημονικές πρακτικές μπορεί να τους βοηθήσει να κατανοήσουν τη διαδικασία ανάπτυξης της επιστημονικής γνώσης, να οικοδομήσουν βασικές ιδέες και έννοιες των Φυσικών Επιστημών, να προκαλέσει την περιέργεια και το ενδιαφέρον τους και να τους παρακινήσει σε περαιτέρω έρευνα (Duschl, et al., 2007). Η ανάπτυξη τέτοιων

πρακτικών είναι απαραίτητη όχι μόνο για όσους μαθητές στοχεύουν να ακολουθήσουν ένα επάγγελμα που σχετίζεται με κάποιο επιστημονικό πεδίο των Φυσικών Επιστημών αλλά και για όλους τους μαθητές και αυριανούς πολίτες (NRC, 2012). Συνεπώς, το εκπαιδευτικό υλικό είναι αναγκαίο να παρέχει ευκαιρίες στους μαθητές να εμπλακούν και να χρησιμοποιούν αυτές τις επιστημονικές πρακτικές.

Παρά τη σημασία που αποδίδεται στην ανάπτυξη επιστημονικών πρακτικών στους μαθητές απουσιάζουν εργασίες που να εστιάζουν στην ανάλυση του εκπαιδευτικού υλικού ως προς αυτές τις πρακτικές. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων που περιλαμβάνονται στο σχολικό εγχειρίδιο Φυσικών Επιστημών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου ως προς τις επιστημονικές πρακτικές που υπεισέρχονται σε αυτές τις πειραματικές δραστηριότητες. Ειδικότερα, η εργασία αυτή επιδιώκει να απαντήσει στο ακόλουθο ερευνητικό ερώτημα: ποιες επιστημονικές πρακτικές και ποιες επιμέρους διαστάσεις τους εμπλέκονται στις πειραματικές δραστηριότητες του σχολικού εγχειριδίου Φυσικών Επιστημών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου;

Μεθοδολογία

Ερευνητική διαδικασία

Η ερευνητική διαδικασία οργανώθηκε σε τρεις φάσεις. Αρχικά, πραγματοποιήθηκε συγκέντρωση των πειραματικών δραστηριοτήτων (και συγκεκριμένα των φύλλων εργασίας τους) που περιλαμβάνονται στο σχολικό εγχειρίδιο Φυσικών Επιστημών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Κατά τη δεύτερη φάση, διαμορφώθηκε το εργαλείο ανάλυσης των πειραματικών δραστηριοτήτων. Στη τρίτη φάση πραγματοποιήθηκε η ανάλυση των φύλλων εργασίας, η επεξεργασία των δεδομένων και η εξαγωγή των συμπερασμάτων.

Δείγμα

Στην εργασία αυτή αναλύθηκαν τα τμήματα του σχολικού εγχειριδίου (της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου) που αναφέρονται σε πειραματικές δραστηριότητες. Κάθε φύλλο εργασίας μιας πειραματικής δραστηριότητας θεωρήθηκε ως μονάδα ανάλυσης. Το δείγμα της παρούσας έρευνας αποτέλεσαν τα φύλλα εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων, τα οποία εντοπίστηκαν στο σχολικό εγχειρίδιο των Φυσικών Επιστημών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου. Ειδικότερα, εντοπίστηκαν 91 φύλλα εργασίας πειραματικών δραστηριοτήτων.

Εργαλείο ανάλυσης

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας συγκροτήθηκε ένα πλαίσιο ανάλυσης των πειραματικών δραστηριοτήτων με βάση το πλαίσιο για την εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες του Εθνικού Συμβουλίου Έρευνας των ΗΠΑ (NRC, 2012) και τα Next Generation Science Standards (NGSS Lead States, 2013). Το εργαλείο ανάλυσης που διαμορφώθηκε (βλ. Παράρτημα) περιλαμβάνει οκτώ κατηγορίες που η καθεμία από αυτές αντιστοιχεί σε μία από τις οκτώ επιστημονικές πρακτικές, ενώ η κάθε κατηγορία υποδιαιρείται σε υποκατηγορίες (επιμέρους διαστάσεις των επιστημονικών πρακτικών). Στη συνέχεια, παρουσιάζονται οι επιστημονικές πρακτικές και περιγράφονται συνοπτικά οι διαστάσεις τους.

ΕΠ1. Υποβολή ερωτημάτων: με την πρακτική αυτή συνδέονται οι πειραματικές δραστηριότητες που εμπλέκουν τους μαθητές με τη διατύπωση ερωτήσεων που μπορούν να απαντηθούν μέσω εμπειρικής έρευνας, την αξιολόγηση ερωτήσεων και την υποβολή ερωτήσεων πάνω στην εργασία άλλων.

ΕΠ2. Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων: με την πρακτική αυτή συνδέονται οι πειραματικές δραστηριότητες που εμπλέκουν τους μαθητές με την συγκρότηση και χρήση μοντέλων, τη μετατόπιση ανάμεσα σε διαφορετικούς τύπους μοντέλων, την αναγνώριση των ορίων των μοντέλων, την αξιολόγηση των ορίων των μοντέλων και την αναθεώρηση των μοντέλων.

ΕΠ3. Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας: με την πρακτική αυτή συνδέονται οι πειραματικές δραστηριότητες που εμπλέκουν τους μαθητές με την υποβολή ερώτησης που μπορεί να

διερευνηθεί, την εκφορά μιας υπόθεσης, την αναγνώριση των μεταβλητών, την εξέταση για το πώς οι μεταβλητές μπορούν να μετρηθούν και να ελεγχθούν, την εξέταση της αξιοπιστίας και της ακρίβειας των δεδομένων, την παρατήρηση και συλλογή των δεδομένων που περιγράφουν ένα φαινόμενο ή ελέγχουν μια υπάρχουσα θεωρία, τη σχεδίαση πλάνων για ατομική έρευνα ή συνεργατική έρευνα και την αξιολόγηση πλάνων για έρευνα.

ΕΠ4. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων: με την πρακτική αυτή συνδέονται οι πειραματικές δραστηριότητες που εμπλέκουν τους μαθητές με τη χρήση πινάκων, διαγραμμάτων, απεικονίσεων για την αντιπαράβολή, τη σύνοψη και τη διαχείριση των δεδομένων, τη χρήση στατιστικής ανάλυσης, την αναγνώριση των τάσεων στα δεδομένα, τη χρήση των δεδομένων ως αποδεικτικών στοιχείων και την αναγνώριση των πηγών των σφαλμάτων.

ΕΠ5. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης: με την πρακτική αυτή συνδέονται οι πειραματικές δραστηριότητες που εμπλέκουν τους μαθητές με την οπτική αναπαράσταση των δεδομένων, τον μετασχηματισμό των δεδομένων ανάμεσα σε πίνακα και διάγραμμα, τη στατιστική ανάλυση των δεδομένων, την αναγνώριση, την εξαγωγή και την εφαρμογή ποσοτικών σχέσεων.

ΕΠ6. Συγκρότηση εξηγήσεων: οι πειραματικές δραστηριότητες που συνδέονται με αυτή την πρακτική ζητούν από τους μαθητές να εφαρμόσουν εξηγήσεις στα φαινόμενα, να συγκροτήσουν εξηγήσεις βασισμένες σε αποδεικτικά στοιχεία, να συνδέσουν αποδεικτικά στοιχεία με ισχυρισμούς, να διατυπώσουν ισχυρισμούς, να χρησιμοποιήσουν αποδεικτικά στοιχεία για την υποστήριξη ή την αντίκρουση μιας εξήγησης και να αναγνωρίσουν κενά ή αδυναμίες σε μια εξήγηση.

ΕΠ7. Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία: με την πρακτική αυτή συνδέονται οι πειραματικές δραστηριότητες που εμπλέκουν τους μαθητές με την αναγνώριση των δυνατών και αδύνατων σημείων σε ένα συλλογισμό για την καλύτερη πειραματική σχεδίαση, την ανάλυση των δεδομένων ή την ερμηνεία μιας ομάδας δεδομένων, την εμπλοκή σε επιχειρηματολογία για την εύρεση της καλύτερης εξήγησης για ένα φαινόμενο ατομικά ή συνεργατικά, την κριτική σε εργασία άλλων, την αναγνώριση αδυναμιών σε ένα επιχείρημα, την τροποποίηση μιας εργασίας υπό το πρίσμα των αποδεικτικών στοιχείων και την αναγνώριση δυνατών και αδύνατων σημείων σε αναφορές των Φυσικών Επιστημών.

ΕΠ8. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών: με την πρακτική αυτή συνδέονται οι πειραματικές δραστηριότητες που εμπλέκουν τους μαθητές με προφορική ή γραπτή επικοινωνία ιδεών, την επικοινωνία ιδεών μέσω πινάκων, διαγραμμάτων ή συζητήσεων με τους συνομηλίκους, την άντληση νοημάτων από τον προφορικό ή το γραπτό λόγο, την αξιολόγηση της αξιοπιστίας των επιστημονικών πληροφοριών και την ενοποίηση πληροφοριών που προέρχονται από διαφορετικές πηγές.

Ανάλυση δεδομένων

Αρχικά αναλύθηκαν τα φύλλα εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων (μονάδες ανάλυσης) ως προς τις επιστημονικές πρακτικές που εμπλέκουν στο περιεχόμενό τους. Ακολούθησε η ανάλυση των μονάδων ανάλυσης ως προς τις επιμέρους διαστάσεις των επιστημονικών πρακτικών, με βάση το εργαλείο ανάλυσης που συγκροτήθηκε.

Η ανάλυση πραγματοποιήθηκε από δύο ερευνητές οι οποίοι εργάστηκαν ανεξάρτητα. Στη συνέχεια οι διαφωνίες τους επιλύθηκαν μέσω συζήτησης. Προσδιορίστηκαν οι συχνότητες και τα ποσοστά των επιστημονικών πρακτικών και των επιμέρους διαστάσεών τους που εμπλέκονται στις πειραματικές δραστηριότητες.

Στη συνέχεια, περιγράφεται ένα παράδειγμα πειραματικής δραστηριότητας (που περιλαμβάνεται στις σελ. 112-113 του σχολικού εγχειριδίου της Ε΄ τάξης) και παρουσιάζεται η ανάλυση που πραγματοποιήθηκε. Ζητείται από τους μαθητές να κατασκευάσουν ένα ανοικτό ηλεκτρικό κύκλωμα του οποίου το μοντέλο παρουσιάζεται σε μια εικόνα και να συνδέσουν διάφορα αντικείμενα - τα οποία αναγράφονται σε ένα πίνακα - στα δύο άκρα του ώστε να ελέγξουν με ποια αντικείμενα ανάβει το λαμπάκι. Στη συνέχεια, τους ζητείται να σημειώνουν στον πίνακα τα αποτελέσματα και να καταγράψουν ένα συμπέρασμα κατονομάζοντας τα υλικά που είναι αγωγοί και τα υλικά που είναι μονωτές. Η συγκεκριμένη δραστηριότητα συνδέεται: (α) με τη

διάσταση «συγκρότηση και χρήση μοντέλων για την αναπαράσταση αυτών που έχουν κατανοηθεί» της πρακτικής που αφορά στην ανάπτυξη και χρήση μοντέλων, αφού οι μαθητές χρησιμοποιούν ένα μοντέλο για να κατασκευάσουν ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, (β) με τη διάσταση «παρατήρηση και συλλογή των δεδομένων που περιγράφουν ένα φαινόμενο» της πρακτικής που αφορά στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας, αφού οι μαθητές επιλέγουν αντικείμενα που τα συνδέουν με τα άκρα του ηλεκτρικού κυκλώματος και παρατηρούν τη φωτοβολία ή μη του λαμπτήρα, (γ) με τη διάσταση «χρήση πινάκων για την αντιπαραβολή, τη σύνοψη και των διαχείριση των δεδομένων» της πρακτικής που αφορά στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων, αφού καταγράφουν τα αποτελέσματα σε πίνακα και (δ) με τη διάσταση «γραπτή επικοινωνία ιδεών» της πρακτικής που αφορά στην απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών, αφού οι μαθητές καταγράφουν το συμπέρασμα που εξάγουν.

Αποτελέσματα

Οι επιστημονικές πρακτικές στις πειραματικές δραστηριότητες

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των επιστημονικών πρακτικών που εμπλέκονται στις πειραματικές δραστηριότητες που αναλύθηκαν. Από τον Πίνακα 1 προκύπτει ότι σε όλες τις πειραματικές δραστηριότητες εμπλέκονται διαστάσεις των πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας, καθώς και στην ανάλυση και ερμηνεία των δεδομένων. Επίσης, προκύπτει ότι στις περισσότερες πειραματικές δραστηριότητες εμπλέκονται διαστάσεις της πρακτικής που αφορά στην απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών, ενώ είναι ιδιαίτερα περιορισμένος ο αριθμός των δραστηριοτήτων στις οποίες εμπλέκονται διαστάσεις των πρακτικών που αφορούν στη χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης και στην ανάπτυξη και χρήση μοντέλων. Επιπρόσθετα, διαπιστώνεται ότι οι υπόλοιπες πρακτικές δεν εμπλέκονται στις πειραματικές δραστηριότητες που αναλύθηκαν.

Πίνακας 1. Οι επιστημονικές πρακτικές που εμπλέκονται στις πειραματικές δραστηριότητες που αναλύθηκαν: συχνότητες και ποσοστά (%)

Επιστημονικές πρακτικές	Συχνότητες	Ποσοστά (%)
ΕΠ1. Υποβολή ερωτημάτων	0	0,0
ΕΠ2. Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων	5	5,5
ΕΠ3. Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας	91	100,0
ΕΠ4. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων	91	100,0
ΕΠ5. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης	6	6,6
ΕΠ6. Συγκρότηση εξηγήσεων	0	0,0
ΕΠ7. Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία	0	0,0
ΕΠ8. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών	87	95,6

Οι διαστάσεις των επιστημονικών πρακτικών στις πειραματικές δραστηριότητες

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα που αφορούν στη κατανομή των επιμέρους διαστάσεων των επιστημονικών πρακτικών στις πειραματικές δραστηριότητες.

Πίνακας 2. Οι διαστάσεις της επιστημονικής πρακτικής ΕΠ2 που εμπλέκονται στις πειραματικές δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτή την πρακτική: συχνότητες και ποσοστά (%)

ΕΠ2. Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων: διαστάσεις	Συχνότητες	Ποσοστά (%)
Συγκρότηση και χρήση μοντέλων που βοηθούν στην υποβολή ερωτήσεων	0	0,0
Συγκρότηση και χρήση μοντέλων που βοηθούν στην υποβολή και τον έλεγχο εξηγήσεων	0	0,0
Συγκρότηση και χρήση μοντέλων για την αναπαράσταση αυτών που έχουν επεξεργαστεί οι μαθητές	5	100,0
Συγκρότηση και χρήση μοντέλων για την επικοινωνία ιδεών	0	0,0

«Ευέλικτη» μετατόπιση ανάμεσα σε διαφορετικούς τύπους μοντέλων	0	0,0
Αναγνώριση των ορίων των μοντέλων	0	0,0
Αξιολόγηση των ορίων των μοντέλων	0	0,0
Αναθεώρηση των μοντέλων	0	0,0

Στον Πίνακα 2 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των διαστάσεων της ΕΠ2 που εμπλέκονται στις 5 πειραματικές δραστηριότητες στις οποίες υπεισέρχεται αυτή η πρακτική. Διαπιστώνεται ότι και στις πέντε πειραματικές δραστηριότητες εμπλέκεται η διάσταση της ΕΠ2 που αφορά στη συγκρότηση και τη χρήση μοντέλων για την αναπαράσταση αυτών που έχουν επεξεργαστεί οι μαθητές. Δεν εντοπίζονται πειραματικές δραστηριότητες που να εμπλέκουν άλλη διάσταση αυτής της πρακτικής.

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των διαστάσεων της ΕΠ3 που εμπλέκονται στις 91 πειραματικές δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτή την πρακτική. Προκύπτει ότι κυριαρχεί η διάσταση της ΕΠ3 που αφορά στη παρατήρηση και συλλογή των δεδομένων που περιγράφουν ένα φαινόμενο.

Πίνακας 3. Οι επιμέρους διαστάσεις της επιστημονικής πρακτικής ΕΠ3 που εμπλέκονται στις πειραματικές δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτή την πρακτική: συχνότητες και ποσοστά (%)

ΕΠ3. Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας: διαστάσεις	Συχνότητες	Ποσοστά (%)
Υποβολή ερώτησης που μπορεί να διερευνηθεί	0	0,0
Εκφορά μιας υπόθεσης βασισμένης σε ένα μοντέλο ή μια θεωρία	0	0,0
Αναγνώριση των μεταβλητών	0	0,0
Εξέταση για το πώς οι μεταβλητές μπορούν να παρατηρηθούν ή να μετρηθούν	0	0,0
Εξέταση για το πώς οι μεταβλητές μπορούν να ελεγχθούν	2	2,2
Εξέταση της αξιοπιστίας και της ακρίβειας των δεδομένων	0	0,0
Παρατήρηση και συλλογή των δεδομένων που περιγράφουν ένα φαινόμενο	85	93,4
Παρατήρηση και συλλογή των δεδομένων που ελέγχουν μια υπάρχουσα θεωρία και τις εξηγήσεις	3	3,3
Σχεδίαση πλάνων για έρευνα ατομικά	1	1,1
Σχεδίαση πλάνων για έρευνα συνεργατικά	0	0,0
Αξιολόγηση πλάνων για έρευνα	0	0,0

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των διαστάσεων της ΕΠ4 οι οποίες εμπλέκονται στις 91 πειραματικές δραστηριότητες στις οποίες υπεισέρχεται αυτή η πρακτική. Από τον Πίνακα 4 προκύπτει ότι στις περισσότερες πειραματικές δραστηριότητες εμπλέκεται η διάσταση της ΕΠ4 που αφορά στη σύγκριση των τάσεων στα δεδομένα. Είναι μικρότερος ο αριθμός των δραστηριοτήτων στις οποίες εμπλέκεται η διάσταση της ΕΠ4 που αφορά στην εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα ή διάγραμμα δεδομένων.

Πίνακας 4. Οι επιμέρους διαστάσεις της επιστημονικής πρακτικής ΕΠ4 που εμπλέκονται στις πειραματικές δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτή την πρακτική: συχνότητες και ποσοστά (%)

ΕΠ4. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων: διαστάσεις	Συχνότητες	Ποσοστά (%)
Χρήση πινάκων για την αντιπαράβολή, τη σύνοψη και τη διαχείριση των δεδομένων	6	6,6
Χρήση διαγραμμάτων για την αντιπαράβολή, τη σύνοψη και τη διαχείριση των δεδομένων	0	0,0
Εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα ή διάγραμμα δεδομένων	14	15,4
Αναγνώριση των τάσεων στα δεδομένα	0	0,0
Σύγκριση των τάσεων στα δεδομένα	70	76,9
Χρήση των δεδομένων ως αποδεικτικών στοιχείων	1	1,1
Αναγνώριση των πηγών των σφαλμάτων	0	0,0

Στον Πίνακα 5 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των διαστάσεων της ΕΠ5 οι οποίες εμπλέκονται στις 6 πειραματικές δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτή την πρακτική. Από τον Πίνακα 5 διαπιστώνεται ότι στις 4 από τις 6 δραστηριότητες εμπλέκεται η διάσταση της ΕΠ5 που αφορά στην εξαγωγή ποσοτικών σχέσεων.

Πίνακας 5. Οι επιμέρους διαστάσεις της επιστημονικής πρακτικής ΕΠ5 που εμπλέκονται στις πειραματικές δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτή την πρακτική: συχνότητες και ποσοστά (%)

ΕΠ5. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης: διαστάσεις	Συχνότητες	Ποσοστά (%)
Οπτική αναπαράσταση των δεδομένων	0	0,0
Μετασχηματισμός των δεδομένων ανάμεσα σε πίνακα και διάγραμμα	0	0,0
Στατιστική ανάλυση των δεδομένων	0	0,0
Αναγνώριση ποσοτικών σχέσεων	1	16,7
Εξαγωγή ποσοτικών σχέσεων	4	66,6
Εφαρμογή ποσοτικών σχέσεων	1	16,7

Στον Πίνακα 6 παρουσιάζονται οι συχνότητες και τα ποσοστά των διαστάσεων της ΕΠ8 οι οποίες εμπλέκονται στις 87 πειραματικές δραστηριότητες στις οποίες υπεισέρχεται αυτή η πρακτική. Προκύπτει ότι η γραπτή επικοινωνία ιδεών είναι η διάσταση αυτής της επιστημονικής πρακτικής που εμπλέκεται στο σύνολο σχεδόν αυτών των πειραματικών δραστηριοτήτων.

Πίνακας 6. Οι επιμέρους διαστάσεις της επιστημονικής πρακτικής ΕΠ8 που εμπλέκονται στις πειραματικές δραστηριότητες που σχετίζονται με αυτή την πρακτική: συχνότητες και ποσοστά (%)

ΕΠ8. Απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών: διαστάσεις	Συχνότητες	Ποσοστά (%)
Προφορική επικοινωνία ιδεών	0	0,0
Γραπτή επικοινωνία ιδεών	86	98,8
Επικοινωνία ιδεών μέσω πινάκων και διαγραμμάτων	1	1,2
Επικοινωνία ιδεών μέσω εκτενών συζητήσεων με τους συνομηλίκους	0	0,0
Άντληση νοημάτων από επιστημονικά άρθρα και κείμενα	0	0,0
Άντληση νοημάτων από πληροφορίες που παρουσιάζονται προφορικά	0	0,0
Αξιολόγηση της αξιοπιστίας των επιστημονικών πληροφοριών	0	0,0
Ενοποίηση πληροφοριών που προέρχονται από διαφορετικές πηγές	0	0,0

Συζήτηση και Συμπεράσματα

Από την παρούσα εργασία προέκυψε ότι στα φύλλα εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων του σχολικού εγχειριδίου Φυσικών Επιστημών της Ε΄ τάξης του δημοτικού σχολείου εμπλέκονται ορισμένες μόνο επιστημονικές πρακτικές και ειδικότερα ορισμένες επιμέρους διαστάσεις τους, ενώ απουσιάζουν άλλες επιστημονικές πρακτικές και διαστάσεις τους.

Διαστάσεις των επιστημονικών πρακτικών που αφορούν στη σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας, καθώς και στην ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων εμπλέκονται στο σύνολο των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων που αναλύθηκαν. Πιο συγκεκριμένα πρόκειται κυρίως για τις διαστάσεις που αφορούν στη παρατήρηση και συλλογή των δεδομένων που περιγράφουν ένα φαινόμενο και στη σύγκριση των τάσεων στα δεδομένα. Όμως, στα φύλλα εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων δεν υπεισέρχονται άλλες διαστάσεις των δύο αυτών επιστημονικών πρακτικών. Ειδικότερα, απουσιάζουν οι διαστάσεις που αφορούν στη διατύπωση ερευνητικών ερωτημάτων και υποθέσεων, στην αναγνώριση και τον έλεγχο των μεταβλητών, στη σχεδίαση και αξιολόγηση πλάνων έρευνας και στη χρήση πινάκων ή διαγραμμάτων για τη διαχείριση των δεδομένων. Οι παραπάνω διαστάσεις κρίνονται αναγκαίες για την κατανόηση της φύσης της επιστήμης και των ιδεών και των εννοιών των Φυσικών Επιστημών (Duschl, et al., 2007; NRC, 2102; OECD, 2012).

Στα φύλλα εργασίας των περισσότερων πειραματικών δραστηριοτήτων υπεισέρχεται η επιστημονική πρακτική που αφορά στην απόκτηση, αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών. Ωστόσο, από αυτή την πρακτική στις πειραματικές δραστηριότητες εμπλέκεται μόνο η διάστασή της που σχετίζεται με τη γραπτή επικοινωνία ιδεών, ενώ απουσιάζουν οι άλλες διαστάσεις της. Έχει επισημανθεί ότι αυτές οι διαστάσεις διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες (Pearson et al., 2010). Επίσης, ένας περιορισμένος αριθμός πειραματικών δραστηριοτήτων εμπλέκει ορισμένες μόνο διαστάσεις των πρακτικών που αφορούν στη χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης και στην ανάπτυξη και χρήση μοντέλων. Όμως, ερευνητικά δεδομένα καταδεικνύουν ότι η κατανόηση ιδεών και εννοιών απαιτεί τη χρήση των διαστάσεων που σχετίζονται με τη μαθηματική και υπολογιστική σκέψη (Orton & Roper, 2000). Επιπρόσθετα, τα μοντέλα, ως προσωπικές εσωτερικές απλοποιημένες αναπαραστάσεις ενός αντικειμένου, ενός γεγονότος, μιας ιδέας ή μιας διαδικασίας, θεωρούνται παιδαγωγικά εργαλεία για την αποτελεσματική διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Ainsworth et al., 2011).

Στις πειραματικές δραστηριότητες που αναλύθηκαν δεν εμπλέκονται οι επιστημονικές πρακτικές που αφορούν στην υποβολή ερωτημάτων, τη συγκρότηση εξηγήσεων και την εμπλοκή σε επιχειρηματολογία. Η σημασία της υποβολής ερωτημάτων στη μαθησιακή διαδικασία έχει επισημανθεί από πλήθος ερευνητών (ενδεικτικά: Chin & Osborne, 2008; Penick et al., 1996). Επίσης, η συγκρότηση εξηγήσεων και η εμπλοκή σε επιχειρηματία θεωρούνται βασικά συστατικά της εκπαίδευσης των μαθητών στις Φυσικές Επιστήμες (NRC, 2012) και ουσιώδεις διαστάσεις του επιστημονικού εγγραμματισμού των μαθητών (OECD, 2012). Αυτές οι δύο πρακτικές είναι αναγκαίες όχι μόνο για αυτούς που σκοπεύουν να ασχοληθούν ενεργά με ένα επιστημονικό πεδίο αλλά και για όλους τους πολίτες. Οι πολίτες είναι αναγκαίο να αξιολογούν επιστημονικά δεδομένα που τους παρουσιάζονται γραπτά μέσα από το διαδίκτυο, τις εφημερίδες και τα περιοδικά ή προφορικά από την τηλεόραση και το ραδιόφωνο (Krajcik & McNeill, 2009). Χρειάζεται να έχουν αναπτύξει την ικανότητα να αξιολογούν εξηγήσεις και επιχειρήματα, να καθορίζουν αν οι ισχυρισμοί τους εδράζονται σε δεδομένα και αν οι συλλογισμοί που περιλαμβάνουν είναι επαρκώς τεκμηριωμένοι. Η διαδικασία συγκρότησης επιστημονικών εξηγήσεων και η εμπλοκή με επιχειρηματολογία μπορούν να συνεισφέρουν στην καλύτερη κατανόηση του περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών από τους μαθητές (Sandoval & Reiser, 2004).

Η παρούσα εργασία συνεισφέρει στην έρευνα για τη μελέτη των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων ως προς τις επιστημονικές πρακτικές που εμπλέκουν, ζήτημα για το οποίο δεν υπήρχαν ερευνητικά δεδομένα. Ωστόσο, η εργασία εστιάστηκε στην ανάλυση των πειραματικών δραστηριοτήτων μόνο του σχολικού εγχειριδίου της Ε΄ τάξης. Προκειμένου να σχηματιστεί μια πληρέστερη εικόνα των πειραματικών δραστηριοτήτων των σχολικών εγχειριδίων είναι αναγκαίο να αναλυθούν οι πειραματικές δραστηριότητες των σχολικών εγχειριδίων της Στ΄ τάξης του δημοτικού καθώς επίσης και των τάξεων του Γυμνασίου και του Λυκείου. Επίσης, η παρούσα εργασία επικεντρώθηκε στην ανάλυση των φύλλων εργασίας των πειραματικών δραστηριοτήτων και όχι στην εφαρμογή τους στο σχολικό πλαίσιο. Απαιτείται περαιτέρω έρευνα προκειμένου να μελετηθεί συστηματικά η επίδραση της εφαρμογής των πειραματικών δραστηριοτήτων στις επιστημονικές πρακτικές των μαθητών. Επιπλέον, απαιτείται, περαιτέρω έρευνα προκειμένου να μελετηθεί συστηματικά η επίδραση των πειραματικών δραστηριοτήτων που εμπλέκουν άλλες διαστάσεις των επιστημονικών πρακτικών, τόσο στην ανάπτυξη δεξιοτήτων όσο και στην εξέλιξη της κατανόησης των ιδεών και των εννοιών των Φυσικών Επιστημών.

Αναφορές

- Abrahams, I., & Millar, R., (2008). Does practical work really work? A study of the effectiveness of practical work as a teaching and learning method in school science. *International Journal of Science Education*, 30(14), 1945-1969.
- Ainsworth, S., Prain, V., & Tytler, R. (2011). Drawing to learn in science. *Science*, 333, 1096–1097.
- Becu-Robinault K. (2002). Modelling activities of students during a traditional labwork. In D. Psillos and H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 51-64). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Berry, A., Mulhall, P., Gunstone, R.F., & Loughran, J.J., (1999). Helping Students Learn from Laboratory

- Work. *Australian Science Teachers Journal*, 45(1), 27-31.
- Buty, C. (2002). Modelling in geometrical optics using a microcomputer. In D. Psillos & H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 231-242). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Chin, C., & Osborne, J. F. (2008). Students' questions: A potential resource for teaching and learning science. *Studies in Science Education*, 44(1), 1-39.
- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (2007). *Taking science to school: Learning and teaching science in grades K-8*. Washington, DC: National Academies Press.
- Ganiel, U., & Hostein, A. (1982). Objective and continuous assessment of student performance in the physics laboratory. *Science Education*, 66(4), 581-591.
- Giddings, G.J., Hofstein, A., & Lunetta, V.N. (1991). Assessment and evaluation in the science laboratory. In B. E. Woolnough (Ed.). *Practical science* (pp. 167-178). Milton Keynes: Open University Press.
- Hodson, D. (1991). Practical work in science: Time for a reappraisal. *Studies in Science Education*, 19, 175-184.
- Hofstein, A., & Lunetta, V.N. (1982). The role of the laboratory in science teaching: Neglected aspects of research. *Review of Educational Research*, 52, 201-217.
- Hofstein, A., & Lunetta, V.N. (2004). The laboratory in science education: Foundation for the 21st century. *Science Education*, 88, 28-54.
- Hofstein, A., Navon, O., Kipnis, M., & Naaman-Mamlok, R. (2005). Developing students' ability to ask more and better questions resulting from inquiry-type chemistry laboratories. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 791-806.
- Högström, P., Ottander, C., & Benckert, S. (2010). Labwork and Learning in Secondary School Chemistry: The Importance of Teacher and Student Interaction. *Research in Science Education*, 40, 505-523.
- Hucke, L., & Fischer, H. E. (2002). The link of theory and practice in traditional and in computer-based university laboratory experiments. In D. Psillos & H. Niedderer (Eds.). *Teaching and learning in the science laboratory* (pp. 205-218). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Krajcik, J., & McNeill, K. (2009). Designing Instructional Materials to Support Students' in Writing Scientific Explanations: Using Evidence and Reasoning Across the Middle School Years. Paper Presented at the annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Hyatt Regency Orange County, Garden Grove, CA.
- Lazarowitz, R., & Tamir, P. (1994). Research on using laboratory instruction in science. In D. L. Gabel (ed.), *Handbook of research on science teaching and learning* (pp. 67-77). New-York: Macmillan.
- Lunetta, V.N. (1998). The School Science Laboratory: Historical Perspectives and Contexts for Contemporary Teaching. In K. Tobin and B. Fraser (Eds.). *International Handbook of Science Education* (pp. 249-264). Dordrecht, The Netherlands: Kluwer.
- Lunetta, V. N., & Tamir, P. (1981). An analysis of laboratory activities: Project Physics and PSSC. *School Science and Mathematics*, 81, 635-642.
- Millar, R. (2009) *Analysing practical activities to assess and improve effectiveness: The Practical Activity Analysis Inventory (PAAI)* York: Centre for Innovation and Research in Science Education, University of York.
- National Research Council. (2012). *A framework for K-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: The National Academies Press.
- OECD. (2012). The PISA 2015 assessment framework: Key competencies in reading, mathematics and science. <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2015draftframeworks.htm>.
- Orton, T., & Roper, T. (2000). Science and mathematics: A relationship in need of counselling? *Studies in Science Education*, 35(1), 123-153.
- Osborne, J. (1993). Alternatives to practical work. *School Science Review*, 75(271), 117-123.
- Pearson, D., Moje, E. B., & Greenleaf, C. (2010). Literacy and science: Each in the service of the other. *Science*, 328, 459-463.
- Penick, J. E., Crow, L. W., & Bonnsteter, R. J. (1996). Questions are the answers. *Science Teacher*, 63, 26-29.
- Roth, W.F., McRobbie, C., Lucas, K. B., & Boutone, S. (1997). The local production of order in traditional science laboratories: A phenomenological analysis. *Learning and Instruction*, 7, 107-136.
- Sandoval, W. A., & Reiser, B. J. (2004). Explanation-driven inquiry: Integrating conceptual and epistemic scaffolds for scientific inquiry. *Science Education*, 88, 345-372.
- Skoumios, M., & Passalis, N. (2010). Chemistry Laboratory Activities: The Link between Practice and Theory. *The International Journal of Learning*, 17(6), 101-114.

Tiberghien, A., Veillard, L., Le Maréchal, J.F., Buty, C., & Millar, R. (2001). An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several European countries. *Science Education*, 85(5), 483-508.

Tobin, K. G. (1990). Research on science laboratory activities: In pursuit of better questions and answers to improve learning. *School Science and Mathematics*, 90, 403-418.

Todas, A., & Skoumios, M. (2014). Practical Work in Primary Science: Actions and Verbalized Knowledge. *The International Journal of Early Childhood Learning*, 20, 37-50.

Wellington, J. (1998). Practical work in science. Time for a reappraisal. In J. Wellington (Ed.). *Practical work in school science: Which way now?* (pp. 3-15). London: Routledge.

Παράρτημα

Το πλαίσιο ανάλυσης

Επιστημονικές πρακτικές	Διαστάσεις
ΕΠ1. Υποβολή ερωτημάτων	Υποβολή ερωτήσεων που μπορούν να απαντηθούν μέσω εμπειρικής έρευνας. Αξιολόγηση ερωτήσεων. Υποβολή ερωτήσεων πάνω στην εργασία άλλων.
ΕΠ2. Ανάπτυξη και χρήση μοντέλων	Συγκρότηση και χρήση μοντέλων που βοηθούν στην υποβολή ερωτήσεων. Συγκρότηση και χρήση μοντέλων που βοηθούν στην υποβολή και τον έλεγχο εξηγήσεων. Συγκρότηση και χρήση μοντέλων για την αναπαράσταση όσων έχουν επεξεργαστεί οι μαθητές. Συγκρότηση και χρήση μοντέλων για την επικοινωνία ιδεών. «Ευέλικτη» μετατόπιση ανάμεσα σε διαφορετικούς τύπους μοντέλων. Αναγνώριση ή αξιολόγηση των ορίων των μοντέλων. Αναθεώρηση των μοντέλων.
ΕΠ3. Σχεδίαση και πραγματοποίηση έρευνας	Υποβολή ερώτησης που μπορεί να διερευνηθεί. Εκφορά μιας υπόθεσης βασισμένης σε ένα μοντέλο ή μια θεωρία. Αναγνώριση των μεταβλητών. Εξέταση για το πώς οι μεταβλητές μπορούν να παρατηρηθούν ή να μετρηθούν. Εξέταση της αξιοπιστίας και της ακρίβειας των δεδομένων. Παρατήρηση και συλλογή των δεδομένων που περιγράφουν ένα φαινόμενο. Παρατήρηση και συλλογή των δεδομένων που ελέγχουν μια θεωρία και τις εξηγήσεις. Σχεδίαση ή αξιολόγηση πλάνων για έρευνα ατομικά ή συνεργατικά.
ΕΠ4. Ανάλυση και ερμηνεία δεδομένων	Χρήση πινάκων για την αντιπαραβολή, τη σύνοψη και τη διαχείριση των δεδομένων. Χρήση διαγραμμάτων για την αντιπαραβολή, τη σύνοψη και τη διαχείριση των δεδομένων. Εξαγωγή πληροφορίας από πίνακα ή διάγραμμα δεδομένων. Αναγνώριση ή σύγκριση των τάσεων στα δεδομένα. Χρήση των δεδομένων ως αποδεικτικών στοιχείων. Αναγνώριση των πηγών των σφαλμάτων.
ΕΠ5. Χρήση μαθηματικής και υπολογιστικής σκέψης	Οπτική αναπαράσταση των δεδομένων. Μετασχηματισμός των δεδομένων ανάμεσα σε πίνακα και διάγραμμα. Στατιστική ανάλυση των δεδομένων. Αναγνώριση, εξαγωγή ή εφαρμογή ποσοτικών σχέσεων.
ΕΠ6. Συγκρότηση εξηγήσεων	Εφαρμογή εξηγήσεων στα φαινόμενα. Συγκρότηση εξηγήσεων για τα φαινόμενα βασισμένων σε αποδεικτικά στοιχεία. Σύνδεση αποδεικτικών στοιχείων με τους ισχυρισμούς (συγκρότηση συλλογισμών). Διατύπωση ισχυρισμού. Χρήση αποδεικτικών στοιχείων για την υποστήριξη ή την αντίκρουση μιας εξήγησης. Αναγνώριση κενών ή αδυναμιών σε μια εξήγηση.
ΕΠ7. Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία που εδράζεται σε αποδεικτικά στοιχεία	Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία για την αναγνώριση των δυνατών και αδύνατων σημείων σε ένα συλλογισμό για την καλύτερη πειραματική σχεδίαση, διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων ή ερμηνεία μιας ομάδας δεδομένων. Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία για την αναγνώριση των δυνατών και αδύνατων σημείων σε ένα συλλογισμό σχετικά με το πώς τα δεδομένα υποστηρίζουν ένα ισχυρισμό. Εμπλοκή σε επιχειρηματολογία για την εύρεση της καλύτερης εξήγησης για ένα φαινόμενο ατομικά ή συνεργατικά. Παροχή κριτικής σε εργασία άλλων. Αναγνώριση αδυναμιών σε ένα επιχείρημα. Τροποποίηση μιας εργασίας υπό το πρίσμα των αποδεικτικών στοιχείων. Αναγνώριση δυνατών και αδύνατων σημείων σε αναφορές των Φυσικών Επιστημών. Αναγνώριση της διαδικασίας αιτιολόγησης των ισχυρισμών από την επιστημονική κοινότητα.
ΕΠ8. Απόκτηση,	Προφορική ή γραπτή επικοινωνία ιδεών.

αξιολόγηση και ανταλλαγή πληροφοριών	Επικοινωνία ιδεών μέσω πινάκων και διαγραμμάτων ή συζητήσεων με άλλους. Αντληση νοημάτων από επιστημονικά άρθρα και κείμενα ή από προφορικό λόγο. Αξιολόγηση της αξιοπιστίας των επιστημονικών πληροφοριών. Ενοποίηση πληροφοριών που προέρχονται από διαφορετικές πηγές.
--------------------------------------	--