

Διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση

Σακελλαρόπουλος Νικήτας

Μεταπτυχιακός Φοιτητής ΣΘΕΤ, ΕΑΠ

nikitas_sakes@yahoo.gr, std156336@ac.eap.gr

Επιβλέπων Καθηγητής : Πολάτογλου Χαρίτων

Ομότιμος Καθηγητής, Τμήμα Φυσικής, ΑΠΘ και

Μέλος ΣΕΠ ΣΘΕΤ ΕΑΠ

Περίληψη – Η εργασία επικεντρώνεται στη σημασία της Φύσης της Επιστήμης (ΦτΕ) ως συστατικού στοιχείου του επιστημονικού γραμματισμού και εξετάζει τον τρόπο με τον οποίο αυτή μπορεί να ενσωματωθεί στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, μέσα από διεθνή παραδείγματα, εκπαιδευτικά προγράμματα και τις κατευθύνσεις των Αναλυτικών Προγραμμάτων Σπουδών.

Λέξεις-Κλειδιά: Φύση της Επιστήμης, Φυσικές Επιστήμες, κριτική σκέψη, επιστημονικός γραμματισμός, εκπαίδευση

I. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Διεθνώς παρατηρείται μια συνεχής αύξηση του όγκου πληροφορίας επιστημονικού περιεχομένου με την οποία έρχονται σε επαφή οι πολίτες. Σε καθημερινή βάση πλέον καλούνται να πάρουν θέση σε ζητήματα επιστημονικού χαρακτήρα όπως μεταξύ άλλων η κλιματική αλλαγή, η βιοηθική ή η ανάπτυξη καινοτομιών τεχνολογιών. Ταυτόχρονα, μελέτες καταδεικνύουν μια κλιμακούμενη μείωση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τα μαθήματα Φυσικών Επιστημών (ΦΕ). Κρίνουμε λοιπόν πως η διδασκαλία των ΦΕ στη πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση οφείλει να επαναπροσδιοριστεί, προσανατολιζόμενη κυρίως στην προσπάθεια επίτευξης επιστημονικού γραμματισμού στους μαθητές και αναζωπύρωσης του ενδιαφέροντος τους για αυτές. Ένα πολύτιμο εργαλείο στην προσπάθεια αυτή είναι η εισαγωγή στοιχείων της Φύσης της Επιστήμης (ΦτΕ) η οποία μπορεί να συντελέσει στην ουσιαστική εμπλοκή των μαθητών με την επιστημονική διαδικασία, συνδέοντας τη με τις υπόλοιπες πτυχές της ζωής τους.

II. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

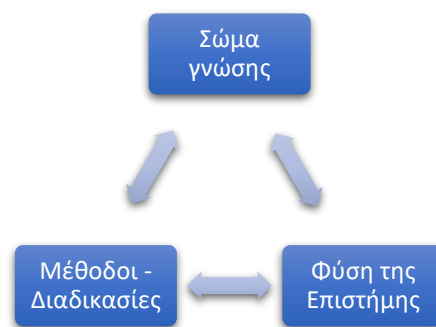
Η μεθοδολογία που ακολουθείται στην εργασία είναι η βιβλιογραφική ανασκόπηση. Μέσα από συστηματική μελέτη της διεθνούς και ελληνικής βιβλιογραφίας, αναλύονται οι βασικές θεωρήσεις για τον επιστημονικό γραμματισμό και τη Φύση της Επιστήμης, καθώς και τα ιστορικά και φιλοσοφικά τους θεμέλια. Η εργασία καταγράφει τις διαφορετικές προσεγγίσεις στη διδακτική πράξη, τις έμμεσες και άμεσες μορφές διδασκαλίας της ΦτΕ, καθώς και τις μεθοδολογικές στρατηγικές που έχουν προταθεί ή εφαρμοστεί διεθνώς. Επιπλέον, εξετάζονται προγράμματα μεγάλης εμβέλειας όπως το Project 2061, το HIPST (History and Philosophy in Science Teaching) και το μοντέλο τριών διαστάσεων του National Research Council, με στόχο να αποτυπωθούν οι βασικές τάσεις και προτάσεις για την ενσωμάτωση της ΦτΕ στα σχολεία. Στη

συνέχεια γίνεται αναφορά στο πρόγραμμα αξιολόγησης PISA (Program for International Student Assessment), ως μέσο αποτύπωσης της υπάρχουσας κατάστασης και χάραξης εκπαιδευτικών στρατηγικών προς την κατεύθυνση του επιστημονικού γραμματισμού. Επόμενο βήμα ανάλυσης είναι η μελέτη των ελληνικών Αναλυτικών Προγραμμάτων Σπουδών καθώς και των αντίστοιχων σχολικών εγχειριδίων για τις ΦΕ σε Δημοτικό, Γυμνάσιο και Λύκειο. Τέλος επιχειρείται μια εστίαση στο ρόλο του καθηγητή ως κυρίαρχου παράγοντα οποιασδήποτε εκπαιδευτικής μεταρρύθμισης.

III. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

A. Θεωρητικά πορίσματα για τη Φύση της Επιστήμης

Επιστημονικά εγγράμματος θεωρείται ένας πολίτης ο οποίος κατέχει τη γνώση και την κατανόηση θεμελιωδών επιστημονικών εννοιών και πρακτικών οι οποίες είναι απαραίτητες στη λήψη ορθολογικών και τεκμηριωμένων αποφάσεων σε προσωπικά και κοινωνικά ζητήματα (Lederman, Antink & Bartos 2014). Οι ειδικοί στο χώρο της διδασκαλίας των ΦΕ διακρίνουν τρεις βασικούς τομείς ως απαραίτητους για τη επίτευξη επιστημονικού γραμματισμού, οι οποίοι παρουσιάζονται στο παρακάτω διάγραμμα (Bell 2009).



Εικόνα 1 : Οι τρεις τομείς της Επιστήμης.

Η ΦτΕ επομένως αναγνωρίζεται λοιπόν διεθνώς ως μια από τις κεντρικές διαστάσεις του επιστημονικού γραμματισμού. Παρά την απουσία ενός απόλυτου και κοινά αποδεκτού κοινού ορισμού, υπάρχει συναίνεση μεταξύ των μελετητών ότι η διδασκαλία της πρέπει να επικεντρώνεται σε ένα σύνολο βασικών χαρακτηριστικών,

τα οποία είναι προσαρμοσμένα στις δυνατότητες κατανόησης των μαθητών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης. Η ΦτΕ δεν πρέπει να παρουσιάζεται ως δηλωτική γνώση, αλλά με παιδαγωγική προσαρμογή που καθιστά προσίτα τα ουσιαστικά στοιχεία της επιστημονικής διαδικασίας. Έπειτα από μελέτη των σχετικών ερευνών, τα στοιχεία εκείνα της ΦτΕ στα οποία συγκλίνουν οι περισσότεροι ερευνητές ότι μπορούν να εισαχθούν στην εκπαιδευτική παρουσίαζονται στον παρακάτω πίνακα (Lederman 2013, Mccomas 2004, Κουμαράς 2016, Bell 2009, Κανδεράκης 2015):

Χαρακτηριστικά της Φύσης της Επιστήμης
Εμπειρική επιστημονική γνώση.
Δημιουργικότητα και φαντασία στην επιστημονική γνώση.
Μεταβλητότητα επιστημονικής γνώσης.
Πολλαπλότητα επιστημονικών μεθόδων.
Διάκριση νόμων – θεωριών.
Υποκειμενικός χαρακτήρας της επιστημονικής γνώσης.
Κοινωνική διάσταση της Επιστήμης.

Πίνακας 1 : Χαρακτηριστικά της ΦτΕ

B. Οφέλη της εισαγωγής στοιχείων ΦτΕ στη διδασκαλία

Η ανάλυση της βιβλιογραφίας και των διεθνών εκπαιδευτικών προγραμμάτων ανέδειξε μια σειρά από κρίσιμα ευρήματα σχετικά με τα οφέλη της διδασκαλίας της Φύσης της Επιστήμης (ΦτΕ).

Αρχικά, διαπιστώθηκε ότι η διδασκαλία της ΦτΕ οδηγεί σε πληρέστερη κατανόηση των εννοιών, θεωριών και νόμων των ΦΕ. Οι μαθητές που εκτίθενται σε διδακτικές πρακτικές που αναδεικνύουν τη διαδικασία παραγωγής της επιστημονικής γνώσης κατανοούν βαθύτερα το εννοιολογικό υπόβαθρο και είναι σε θέση να ξεχωρίζουν τις διαφορετικές λειτουργίες θεωριών και νόμων, αποφεύγοντας παρανοήσεις. Αυτό επιβεβαιώνεται και από ερευνητικά δεδομένα, τα οποία δείχνουν άμεση συσχέτιση ανάμεσα στη γνώση της ΦτΕ και στην ανάπτυξη εννοιολογικής κατανόησης.

Επιπλέον, η εισαγωγή της ΦτΕ συμβάλλει στην αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τις ΦΕ. Όταν η επιστήμη παρουσιάζεται ως μια ανθρώπινη δραστηριότητα με κοινωνικές και πολιτισμικές διαστάσεις, οι μαθητές την αντιλαμβάνονται πιο κοντά στις δικές τους εμπειρίες και ενδιαφέροντα. Η αίσθηση ότι η επιστήμη δεν αποτελεί ένα στατικό σύνολο γνώσεων αλλά μια δυναμική διαδικασία που σχετίζεται με την καθημερινότητα ενισχύει το κίνητρο ενασχόλησης.

Τέλος, καταγράφηκε η θετική επίδραση της ΦτΕ στην καλλιέργεια κριτικής σκέψης. Οι μαθητές αποκτούν δεξιότητες αξιολόγησης επιστημονικών επιχειρημάτων, ερμηνείας δεδομένων και λήψης τεκμηριωμένων αποφάσεων. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε κοινωνίες που αντιμετωπίζουν επιστημονικά και τεχνολογικά διλήμματα, όπως η κλιματική αλλαγή, η βιοηθική ή η ανάπτυξη της τεχνητής νοημοσύνης. Η επαφή με τη ΦτΕ καθιστά τους μαθητές ικανούς να συμμετέχουν σε τέτοιες συζητήσεις με ουσιαστικά επιχειρήματα.

Γ. Μέθοδοι εισαγωγής στοιχείων ΦτΕ στη διδασκαλία ΦΕ

Η ενσωμάτωση της ΦτΕ στη διδασκαλία των ΦΕ αποτελεί σύνθετη διαδικασία η οποία δεν μπορεί να επιτευχθεί με δηλωτική αναφορά των χαρακτηριστικών της. Οι κύριες προσεγγίσεις που έχουν προταθεί είναι δύο. Η έμμεση, όπου οι μαθητές μαθαίνουν τη ΦτΕ μέσα από ερευνητικές δραστηριότητες, και η άμεση, όπου η ίδια η ΦτΕ αποτελεί ρητό μαθησιακό στόχο, με την τελευταία να θεωρείται πιο αποτελεσματική. Οι βασικές μέθοδοι ενσωμάτωσης και στις δύο προσεγγίσεις περιλαμβάνουν: (α) τη συμμετοχή των μαθητών σε πρακτικές που αντικατοπτρίζουν τον τρόπο εργασίας των επιστημόνων, (β) την εισαγωγή στοιχείων Ιστορίας και Φιλοσοφίας της Επιστήμης, που αναδεικνύει τον ανθρώπινο και εξελικτικό χαρακτήρα της επιστήμης, και (γ) τη σύνδεση της διδασκαλίας με την καθημερινή ζωή, ώστε οι μαθητές να αναπτύσσουν κριτική σκέψη και επιστημονικό γραμματισμό. Η ενεργή εμπλοκή, η ιστορική προσέγγιση και η κοινωνική διάσταση συμβάλλουν στη βαθύτερη κατανόηση της επιστήμης και στην καλλιέργεια ουσιαστικής επιστημονικής σκέψης.

Δ. Διεθνή προγράμματα και ελληνικά Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών.

Κατά τη διάρκεια της εργασίας μελετήθηκαν τρία μεγάλα εκπαιδευτικά προγράμματα τα οποία εφάρμοσαν στη πράξη της εισαγωγής στοιχείων ΦτΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία.

Ξεκινώντας από το πρώτο χρονικά πρόγραμμα, το Project 2061 της επίσημης εκπαιδευτικής αρχής των Η.Π.Α. (A.A.A.S.), έχουμε την αναγνώριση της ανάγκης για καλλιέργεια επιστημονικού γραμματισμού σε όλους τους πολίτες, συνδέοντας την επιστήμη με τον πολιτισμό και την κοινωνία. Ακολούθως, το ευρωπαϊκό πρόγραμμα HIPST εστίασε στη διδασκαλία μέσω ιστορικών παραδειγμάτων, δείχνοντας πώς η επιστήμη αναπτύσσεται μέσα σε συγκεκριμένα κοινωνικά και πολιτισμικά πλαίσια. Τέλος, το μοντέλο τριών διαστάσεων του National Research Council των Η.Π.Α., προσδιορίζοντας τους τρεις βασικούς άξονες (διαστάσεις) γύρω από τους οποίους οφείλει να δομείται η εκπαιδευτική διαδικασία σχετικά με τις ΦΕ, οριοθετεί το διττό στόχο της διδασκαλίας των ΦΕ κατά τη διάρκεια της υποχρεωτικής φοίτησης στο σχολείο που είναι αφενός η καλλιέργεια κριτικής σκέψης αφετέρου η προετοιμασία όσων μαθητών το επιθυμούν να συνεχίσουν τις σπουδές τους σε ανώτερο επίπεδο. Με τον τρόπο αυτό, η διδασκαλία των ΦΕ δεν περιορίζεται στη μετάδοση γνώσεων, αλλά αποκτά χαρακτήρα παιδαγωγικής και κοινωνικής επένδυσης με μακροπρόθεσμα οφέλη για το άτομο και την κοινωνία.

Ιδιαίτερη αναφορά αξίζει στο διεθνές πρόγραμμα αξιολόγησης PISA του Οργανισμού για την Οικονομική Συνεργασία και Ανάπτυξη (Ο.Ο.Σ.Α.), το οποίο εστιάζει στην αξιολόγηση των δεξιοτήτων των μαθητών να εφαρμόζουν τη γνώση τους σε πραγματικές καταστάσεις. Στόχος του δεν είναι μόνο να διαπιστώσει το επίπεδο γνώσεων, αλλά κυρίως να αναδείξει αδυναμίες και σημεία που επιδέχονται βελτίωσης στα εκπαιδευτικά συστήματα. Μέσα από αυτή τη διαδικασία κατασκευάζονται οι κατάλληλες στρατηγικές ώστε να επιτευχθεί πιο αποτελεσματικά ο στόχος του επιστημονικού

γραμματισμού, καθιστώντας το PISA ένα πολύτιμο εργαλείο για τη χάραξη εκπαιδευτικής πολιτικής διεθνώς.

Τέλος η μελέτη των ελληνικών ΑΠΣ και σχολικών εγχειριδίων έδειξε ότι, αν και υπάρχουν αναφορές σε στοιχεία της ΦτΕ, η ενσωμάτωση παραμένει σε μεγάλο βαθμό περιορισμένη και αποσπασματική. Οι έννοιες συχνά παρουσιάζονται αποκομμένες από το κοινωνικό και ιστορικό τους πλαίσιο, γεγονός που περιορίζει τη δυναμική της ΦτΕ ως εργαλείου μάθησης.

Ε. Ο κυρίαρχος ρόλος του εκπαιδευτικού στην εκπαιδευτική μεταρρύθμιση.

Η εισαγωγή στοιχείων ΦτΕ στη διδασκαλία των ΦΕ εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον ίδιο τον εκπαιδευτικό, ο οποίος οφείλει να λειτουργεί ως φορέας μετασχηματισμού του αναλυτικού προγράμματος και όχι απλώς ως μεταδότης επιστημονικής γνώσης. Ωστόσο, η απουσία σχετικών μαθημάτων και συστηματικής εκπαίδευσης σε ιστορία και φιλοσοφία των επιστημών στα ελληνικά πανεπιστήμια δημιουργεί σημαντικά κενά. Σύμφωνα με την έρευνα της Άννας Κουμαρά με την εφαρμογή του εργαλείου VNOS (Κουμαρά 2021), προκύπτει πως οι εκπαιδευτικοί εμφανίζουν ικανοποιητική κατανόηση ορισμένων βασικών χαρακτηριστικών της ΦτΕ (εμπειρική φύση, διάκριση παρατήρησης – συμπεράσματος, αβεβαιότητα της επιστημονικής γνώσης), αλλά υστερούν σε άλλους κρίσιμους τομείς, όπως η διάκριση θεωρίας – νόμου και η αναγνώριση της δημιουργικότητας στην επιστημονική διαδικασία.

IV. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η μελέτη της διδασκαλίας της ΦτΕ στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση ανέδειξε τον καθοριστικό της ρόλο στη βελτίωση της ποιότητας της διδασκαλίας των ΦΕ και στη διαμόρφωση πολιτών με ουσιαστική επιστημονική παιδεία. Σε μια εποχή όπου η κοινωνία καλείται να αντιμετωπίσει σύνθετα επιστημονικά και τεχνολογικά ζητήματα, η καλλιέργεια επιστημονικού γραμματισμού αποτελεί θεμελιώδη εκπαιδευτικό στόχο. Η ΦτΕ, ως βασική συνιστώσα αυτού του γραμματισμού, καθιστά τους μαθητές ικανούς να αντιλαμβάνονται την επιστήμη ως δυναμική, ανοιχτή στη δημιουργικότητα και τη συνεχή αναθεώρηση, και όχι ως μια συλλογή στατικών αληθειών.

Τα αποτελέσματα της εργασίας κατέδειξαν ότι η εισαγωγή της ΦτΕ στη διδασκαλία έχει πολλαπλά οφέλη. Συμβάλλει στην ενίσχυση της εννοιολογικής κατανόησης, καθώς οι μαθητές κατανοούν όχι μόνο το «τι» αλλά και το «πώς» και «γιατί» της επιστημονικής γνώσης. Παράλληλα, αυξάνει το ενδιαφέρον των μαθητών για τις ΦΕ, παρουσιάζοντας την επιστήμη σε άμεση σύνδεση με την κοινωνία, τον πολιτισμό και την καθημερινότητά τους. Επιπλέον, προάγει την κριτική σκέψη και τη λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων, προετοιμάζοντας τους μαθητές να συμμετέχουν ενεργά σε δημόσιες συζητήσεις που έχουν επιστημονικό υπόβαθρο.

Η ανάλυση διεθνών προγραμμάτων, όπως το Project 2061, το HIPST, το μοντέλο τριών διαστάσεων, κατέδειξε ότι η ενσωμάτωση της ΦτΕ μπορεί να επιτευχθεί με διαφορετικές μεθοδολογικές προσεγγίσεις όπως η ιστορία και η φιλοσοφία της επιστήμης και η σύνδεση με κοινωνικά ζητήματα μεταξύ άλλων. Ωστόσο, κάθε

προσέγγιση συγκλίνει στον ίδιο στόχο: την καλλιέργεια επιστημονικού γραμματισμού και την ανάπτυξη ενεργών πολιτών.

Στο ελληνικό πλαίσιο, η έρευνα έδειξε ότι τα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών και τα σχολικά εγχειρίδια περιέχουν μεν στοιχεία ΦτΕ, αλλά συχνά με τρόπο αποσπασματικό ή περιορισμένο. Η ουσιαστική εφαρμογή εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον ίδιο τον εκπαιδευτικό, ο οποίος καλείται να γεφυρώσει τα κενά με δικές του πρωτοβουλίες. Για τον λόγο αυτό, η επιμόρφωση και η επαγγελματική ανάπτυξη των εκπαιδευτικών καθίστανται αναγκαίες προϋποθέσεις.

Συμπερασματικά, η διδασκαλία της ΦτΕ δεν αποτελεί απλώς ένα επιπλέον στοιχείο της εκπαιδευτικής διαδικασίας, αλλά έναν στρατηγικό πυλώνα ανανέωσης της διδασκαλίας των ΦΕ. Η συστηματική και στοχευμένη ενσωμάτωσή της στα προγράμματα σπουδών μπορεί να ενισχύσει το ενδιαφέρον των μαθητών, να τους εφοδιάσει με κριτικές και μεταγνωστικές δεξιότητες και να τους προετοιμάσει για μια κοινωνία όπου η επιστήμη και η τεχνολογία διαμορφώνουν καθοριστικά το μέλλον.

Η πρόκληση για την εκπαιδευτική κοινότητα είναι να μετατρέψει αυτές τις διαπιστώσεις σε πράξη, διαμορφώνοντας ένα σχολείο που θα καλλιεργεί πολίτες με βαθιά κατανόηση της φύσης και του ρόλου της επιστήμης.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Κανδεράκης, Ν. (2015). *Τι είναι η φύση της επιστήμης και γιατί οι μαθητές πρέπει να μαθαίνουν γι' αυτήν*. Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση, 7, 23-31.
- Κουμαρά, Α. (2021) *Φύση των Φυσικών Επιστημών : Αποτίμηση της Κατάστασης στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση στην Ελλάδα και η ενσωμάτωση της διδασκαλίας της*. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Κουμαράς, Π. (2016). *Η φύση των Φυσικών Επιστημών και η διδασκαλία τους*. Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση, 12, 7-15.
- Σκορδούλης Κ. , Στεφανίδου Κ. (2021). *Διδακτική Μεθοδολογία των Φυσικών Επιστημών*. Θεωρία και Πρακτική. Εκδόσεις Προπομπός.
- Χαλκιά Κρυσταλλία (2010). *Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες Θεωρητικά Ζητήματα, προβληματισμοί, προτάσεις*. Α' Τόμος, Εκδόσεις Πατάκη
- AAAS (American Association for the Advancement of Science) (1989), *Science for all Americans, Harvard Project 2061*, New York: Oxford University Press.
- AAAS (American Association for the Advancement of Science). (1993). *Benchmarks for Science Literacy*. Oxford University Press.
- Bell, R. (2009). *Teaching the Nature of Science: Three Critical Questions*. http://ngl.cengage.com/assets/downloads/ngsci_pro0000_000028/am_bell_teach_nat_sci_scl22-0449a_.pdf.
- Höttecke, Dietmar & Henke, Andreas & Riess, Falk. (2010). *Implementing History and Philosophy in Science Teaching: Strategies, Methods, Results and Experiences from the European HIPST Project*. Science & Education - SCI EDUCATION. 21. 1-29. 10.1007/s11191-010-9330-3.
- Lederman, Norman G. ; Antink, Allison & Bartos, Stephen (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.
- Lederman, N.G., Lederman, J.S., & Antink, A. (2013). *Nature of science and scientific inquiry as contexts for the learning of science and achievement of scientific literacy*. International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology, 1(3), 138-147.
- NRC (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts and core ideas*. The National Academies Press.
- OECD (2006). *Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006*. OECD Publishing.