

Το Επαγωγικό και το Παραγωγικό Λογικό Σχήμα, όπως εφαρμόζονται στα βιβλία Φυσικής του Γενικού Λυκείου

Γιάννης Γαβαλάς

Φυσικός – Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης

yianganga@hotmail.com

Περίληψη: Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η παρουσίαση και η κριτική ανάλυση της εφαρμογής του επαγωγικού και του παραγωγικού λογικού σχήματος, κατά τη διδακτική αναπλαισίωση της επιστημονική γνώσης στα βιβλία Φυσικής του Γενικού Λυκείου. Η αρχή της συσσώρευσης του επαγωγικού λογικού σχήματος φαίνεται να ικανοποιείται μερικώς, λόγω του μικρού αριθμού παραδειγμάτων που αναπτύσσονται, ενώ η αρχή της επιβεβαίωσης εμφανίζεται ασαφώς, καθώς δεν διατυπώνεται ρητά η ανάγκη ισχυροποίησης της γενίκευσης. Κατά την εφαρμογή του παραγωγικού σχήματος, το κριτήριο της διαψευσιμότητας απουσιάζει ή εμφανίζεται έμμεσα, καθώς φαίνεται να αντικαθίσταται από το κριτήριο της επιβεβαίωσης.

Λέξεις κλειδιά: Επαγωγικό Λογικό Σχήμα, Παραγωγικό Λογικό Σχήμα, Σχολικά Βιβλία Φυσικής.

Εισαγωγή

Η διδακτική πρακτική είναι μία πολύπλοκη διεργασία που απαιτεί μια σειρά από διαφορετικές εκπαιδευτικές τεχνικές. Το επαγωγικό και το παραγωγικό λογικό σχήμα, ως δύο από τους κυριότερους επιστημονικούς συμπερασμούς (Κουλαϊδής, 2001), απαντώνται ως διδακτικές τεχνικές σε πολλά σχολικά βιβλία (Blachowicz, 2009· Κουλαϊδής, 2001· Ραβάνης, 2016). Κατά τη διδασκαλία της Φυσικής σύμφωνα με το επαγωγικό λογικό σχήμα, η εξαγωγή συμπερασμάτων γίνεται με βάση δεδομένα που έχουν προκύψει από παρατήρηση και οι θεωρητικές γενικεύσεις έπονται των εμπειρικών δεδομένων, ενώ η διδασκαλία σύμφωνα με το παραγωγικό λογικό σχήμα, στηρίζεται στην αποδοχή των θεωρητικών κατασκευών, στη βάση των οποίων αναζητούνται εμπειρικές διαψεύσεις ή επιβεβαιώσεις (Κουλαϊδής, 2001· Ραβάνης, 2016).

Το Επαγωγικό Λογικό Σχήμα

Η εμπειρικό-επαγωγική εικόνα της επιστήμης καθοδήγησε, από το 16^ο αιώνα, τη συγκρότηση της επιστημονική γνώσης (Ραβάνης, 2016), ενώ σήμερα με τη μορφή του Λογικού Θετικισμού (Κάλφας, 2008), αποτελεί κύριο επιστημολογικό ρεύμα όχι μόνο των Φυσικών, αλλά και των Ανθρωπιστικών Επιστημών (Blachowicz, 2009· Κουλαϊδής, 2001).

Το επαγωγικό λογικό σχήμα, ως μέσο επιστημονικού συμπερασμού, στοχεύει στη διατύπωση γενικεύσεων και προβλέψεων στηριγμένων σε μεγάλο αριθμό παρατηρήσεων που πραγματοποιήθηκαν σε ευρεία ποικιλία συνθηκών (Κάλφας, 2008· Κόκκοτας, 2001· Κουλαϊδής, 2002· Κουλαϊδής, 2001· Ραβάνης, 2016). Βασίζεται: (1) στην αρχή της συσσώρευσης, που καθορίζει την ποσότητα και την ποικιλία των παρατηρήσεων, (2) στην αρχή της επαγωγής, που οδηγεί στη γενίκευση των παρατηρήσεων για τη συναγωγή νόμων ή θεωριών και, (3) στην αρχή της επιβεβαίωσης, που απαιτεί την πραγματοποίηση παρατηρήσεων που προβλέπονται από το νόμο ή τη θεωρία (Κουλαϊδής, 2001), και ενσωματώνει το κριτήριο της επαλήθευσης (verification), σύμφωνα με το οποίο μια πρόταση έχει επιστημονικό περιεχόμενο αν μπορεί να επαληθευτεί με εμπειρική παρατήρηση (Blachowicz, 2009· Κάλφας, 2008).

Στα σχολικά εγχειρίδια το επαγωγικό λογικό σχήμα χρησιμοποιείται ως μία μετάβαση από το ειδικό προς το γενικό (Blachowicz, 2009· Κουλαϊδής, 2001· Ραβάνης, 2016). Στη συνέχεια παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα εφαρμογής του επαγωγικού λογικού σχήματος στα βιβλία Φυσικής Γενικής Παιδείας του Γενικού Λυκείου.

Παραδείγματα Εφαρμογής του Επαγωγικού Λογικού Σχήματος στα Βιβλία Φυσικής του Γενικού Λυκείου

Στο βιβλίο Φυσικής Γενικής Παιδείας Α' Λυκείου, ο 2^{ος} νόμος του Newton παρουσιάζεται σύμφωνα με το επαγωγικό λογικό σχήμα. Αρχικά αναφέρεται ένας – περιορισμένος – αριθμός παρατηρήσεων:

«Σε ένα καλά γυαλισμένο δάπεδο σπρώχνουμε με σταθερή δύναμη μια κολώνα πάγου. Βρίσκουμε ότι το σώμα κινείται με σταθερή επιτάχυνση. Διπλασιάζουμε τη δύναμη που ασκούμε στο σώμα και βρίσκουμε ότι η επιτάχυνση διπλασιάζεται [...] πάνω στην κολώνα στερεώνουμε μια δεύτερη ίσης μάζας με την πρώτη. Αν σπρώξουμε με την ίδια δύναμη όπως προηγουμένως, θα βρούμε ότι η επιτάχυνση που αποκτά το σύστημα έχει τιμή ίση με το 1/2 της προηγούμενης τιμής» (Βλάχος, Γραμματικάκης, Καραπαναγιώτης, Κόκκοτας, Περιστερόπουλος & Τιμοθέου, 2017, σ.84-85).

Στη συνέχεια αναφέρεται ο 2^{ος} νόμος του Newton ως αποτέλεσμα γενίκευσης (Βλάχος κ.ά., 2017), αλλά δεν επιχειρείται η ισχυροποίηση του νόμου με ανάπτυξη επιπλέον παραδειγμάτων που τον επιβεβαιώνουν (Κουλαϊδής, 2001).

Η στατική τριβή παρουσιάζεται, σε επόμενο κεφάλαιο του ίδιου βιβλίου, επίσης σύμφωνα με το επαγωγικό λογικό σχήμα. Αρχικά αναφέρονται λίγα παραδείγματα όπου εμφανίζονται δυνάμεις τριβής, ικανοποιώντας – μερικώς – την αρχή της συσσώρευσης (Κουλαϊδής, 2001). Στη συνέχεια διατυπώνεται ως γενίκευση ότι: «η στατική τριβή δεν έχει σταθερή τιμή, αλλά η τιμή της αυξάνεται από μηδέν μέχρι μία μέγιστη τιμή, την οριακή τριβή» (Βλάχος κ.ά., 2017, σ.121), ικανοποιώντας την αρχή της επαγωγής, αλλά δεν γίνεται σαφής αναφορά στην ανάγκη ισχυροποίησης της γενίκευσης, με αποτέλεσμα να μην ικανοποιείται η αρχή της επιβεβαίωσης (Κουλαϊδής, 2001).

Στην ίδια παράγραφο του βιβλίου, ο νόμος της τριβής ολίσθησης επιχειρείται να παρουσιαστεί με το επαγωγικό λογικό σχήμα, αλλά δεν ικανοποιείται ούτε η αρχή της συσσώρευσης (Κουλαϊδής, 2001), καθώς η μελέτη περιορίζεται σε ένα μόνο σώμα μεταβλητού βάρους, στην ίδια οριζόντια επιφάνεια. Στη συνέχεια διατυπώνεται η «ποσοτική έκφραση του νόμου της τριβής ολίσθησης» (Βλάχος κ.ά., 2017, σ.122) με μορφή που μοιάζει περισσότερο με παγιωμένη γνώση, παρά με γενίκευση. Τέλος, δεν αναπτύσσεται η επιβεβαίωση του νόμου της τριβής ολίσθησης με επανάληψη πειραματικών παρατηρήσεων σε διαφορετικές συνθήκες. Συμπερασματικά, στη διδακτική παρουσίαση αυτού του εμπειρικού νόμου – ο οποίος επιστημονικά θεμελιώθηκε με βάση την εμπειρικό-επαγωγική εικόνα της επιστήμης – καταστρατηγούνται και οι τρεις αρχές του επαγωγικού λογικού σχήματος (Κουλαϊδής, 2001).

Στο βιβλίο της Φυσικής Γενικής Παιδείας Β΄ Λυκείου, ο νόμος του Coulomb – που αποτελεί στην ιστορία της επιστήμης ένα από τα κλασσικά παραδείγματα παραγωγής νέας γνώσης μέσω του επαγωγικού λογικού σχήματος – παρουσιάζεται ως εξής: «Ο Charles Augustin Coulomb το 1784, μετά από μία σειρά πειραμάτων, κατάφερε να μετρήσει τις δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ των ηλεκτρικών φορτίων. Τα συμπεράσματα διατύπωσε με τον παρακάτω νόμο που φέρει το όνομά του» (Αλεξάκης, Αμπατζής, Γκουγκούσης, Κουντούρης, Μοσχοβίτης, Οβαδίας, Σαμπράκος, Ψαλίδας, Γεωργακάκος, Σκαλωμένος, Σφαρνάς & Χριστακόπουλος, 2017, σ.14), χωρίς να αναφέρεται τίποτα περισσότερο για τον τρόπο και τις συνθήκες συλλογής των δεδομένων. Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο νόμος του Coulomb ως αποτέλεσμα γενίκευσης, ενώ ως παράδειγμα που ισχυροποιεί το νόμο αναφέρεται πως: «ο Coulomb το 1785 χρησιμοποιώντας τον ομώνυμο “ζυγό στρέψης του Coulomb” επιβεβαίωσε το νόμο αντιστρόφου τετραγώνου» (σ.15). Συμπερασματικά, το επαγωγικό λογικό σχήμα παρουσιάζεται με εντελώς ασαφή τρόπο κατά τη διδακτική αναπλαισίωση του νόμου του Coulomb (Κουλαϊδής, 2001).

Σε επόμενο κεφάλαιο του ίδιου βιβλίου, το επαγωγικό λογικό σχήμα εφαρμόζεται με μεγαλύτερη σαφήνεια κατά την παρουσίαση του νόμου του Ohm. Η αρχή της συσσώρευσης ικανοποιείται, καθώς η συλλογή των δεδομένων παρουσιάζεται με σχετική πληρότητα, διότι περιέχει ικανοποιητικό αριθμό παρατηρήσεων σε ποικιλία συνθηκών (Κουλαϊδής, 2001):

«Με το βολτόμετρο μετράμε την τάση [...] με το αμπερόμετρο μετράμε την ένταση [...] Μεταβάλλοντας την τιμή της τάσης παρατηρούμε ότι μεταβάλλεται η τιμή της έντασης [...] Φροντίζουμε [...] να μη μεταβάλλεται η θερμοκρασία του αγωγού. Έτσι, έχουμε τον παρακάτω πίνακα τιμών και την αντίστοιχη χαρακτηριστική καμπύλη του αγωγού. Παρατηρούμε ότι το πηλίκο V/I έχει σταθερή τιμή για τον αγωγό [...] επαναλαμβάνουμε το πείραμα με άλλους μεταλλικούς αγωγούς και καταλήγουμε πάντα στο ίδιο συμπέρασμα» (Αλεξάκης κ.ά., 2017, σ.73).

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ο νόμος του Ohm ως αποτέλεσμα γενίκευσης, αλλά δεν διατυπώνεται η ανάγκη ισχυροποίησης της γενίκευσης, με αποτέλεσμα να μην ικανοποιείται η αρχή της επιβεβαίωσης (Κουλαϊδής, 2001).

Συμπερασματικά, η αρχή της συσσωρευσης κατά την εφαρμογή του επαγωγικού λογικού σχήματος ικανοποιείται, έστω και μερικώς, μόνο σε τρία από τα πέντε παραδείγματα. Η αρχή της γενίκευσης ικανοποιείται στα τέσσερα από τα πέντε παραδείγματα, καθώς η παρουσίαση του νόμου της τριβής ολίσθησης γίνεται με μορφή που περισσότερο παραπέμπει σε ανακοίνωση, παρά σε γενίκευση. Τέλος, η αρχή της επιβεβαίωσης δεν ικανοποιείται ρητά σε κανένα από τα παραδείγματα, καθώς δεν διατυπώνεται με σαφή τρόπο η ανάγκη ισχυροποίησης της γενίκευσης (Κουλαϊδής, 2001).

Το Παραγωγικό Λογικό Σχήμα

Η ιστορία της επιστήμης δείχνει ότι πολλές σημαντικές επιστημονικές ανακαλύψεις δεν αποτελούν ερμηνείες των εμπειρικών δεδομένων. Αντιθέτως, η φαντασία και η δημιουργικότητα του ερευνητή ξεπερνούν τα διαθέσιμα εμπειρικά στοιχεία (Κάλφας, 2008). Τόσο ο Γαλιλαίος, όσο ο Newton, αλλά και ο Einstein, στηρίχθηκαν περισσότερο σε υποθέσεις, παρά σε νέα εμπειρικά δεδομένα, με τελικό αποτέλεσμα να ερμηνεύσουν την πραγματικότητα από νέα σκοπιά (Κάλφας, 2008· Κόκκοτας, 2001).

Σύμφωνα με τον Popper και την υποθετικό-παραγωγική εικόνα της επιστήμης, η επιστημονική γνώση διατυπώνεται με υποθετικό χαρακτήρα, ενώ η αλλαγή της δεν γίνεται σωρευτικά, αλλά με διαδοχή θεωριών για την πληρέστερη προσέγγιση της αλήθειας (Κουλαϊδής, 2002· Κόκκοτας, 2001). Επιπλέον, μόνο η προσπάθεια διάψευσης θεωρητικών υποθέσεων από εμπειρικά δεδομένα θεωρείται αποδεκτή μορφή ανάπτυξης επιστημονικών επιχειρημάτων (Κόκκοτας, 2001· Κουλαϊδής, 2002· Κουλαϊδής, 2001), καθώς επικύρωση μιας θεωρίας με επαλήθευση είναι λογικά αδύνατη, διότι ανεξάρτητα από τον αριθμό των ελέγχων που έχει περάσει με επιτυχία, μπορεί να αποτύχει σε κάποιον επόμενο (Blachowicz, 2009· Κάλφας, 2008). Με άλλα λόγια, οι επιστήμονες διατυπώνουν θεωρητικές υποθέσεις, που βρίσκονται διαρκώς αντιμέτωπες με το κριτήριο της διαψευσιμότητας (falsification), κατά την αντιπαράθεσή τους με την εμπειρία (Blachowicz, 2009· Κουλαϊδής, 2001). Επομένως, όλες οι επιστημονικές θεωρίες είναι εν δυνάμει λανθασμένες θεωρητικές επινοήσεις που οδηγούν από το λάθος προς την αλήθεια, σε μια κατεύθυνση αντικειμενικής προόδου (Κάλφας, 2008· Κόκκοτας, 2001).

Στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών, το παραγωγικό λογικό σχήμα βρίσκει ευρεία εφαρμογή στις μεγαλύτερες κυρίως τάξεις της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, όπου οι μαθητές είναι σε θέση να κάνουν υποθέσεις και στη συνέχεια να ακολουθήσουν συλλογισμούς για να καταλήξουν στην επιβεβαίωση ή την απόρριψή τους (Κόκκοτας, 2001· Ραβάνης, 2016). Στα σχολικά εγχειρίδια το παραγωγικό λογικό σχήμα χρησιμοποιείται ως μια μετάβαση από το γενικό προς το ειδικό (Blachowicz, 2009· Κουλαϊδής, 2001· Ραβάνης, 2016). Στη συνέχεια παρουσιάζονται μερικά παραδείγματα εφαρμογής του παραγωγικού λογικού σχήματος στα βιβλία Φυσικής Γενικής Παιδείας του Γενικού Λυκείου.

Παραδείγματα Εφαρμογής του Παραγωγικού Λογικού σχήματος στα Βιβλία Φυσικής του Γενικού Λυκείου

Στο βιβλίο Φυσικής Γενικής Παιδείας Α΄ Λυκείου, η παρουσίαση του 1^{ου} νόμου του Newton γίνεται αρχικά με παράθεση ορισμένων καθημερινών παραδειγμάτων στοχεύοντας στην εμπλοκή των μαθητών με το θέμα, πριν τεθεί η ερώτηση: «Δεν μπορούμε άραγε να υποθέσουμε ότι σε τέτοιες συνθήκες το βιβλίο θα εκινείτο συνεχώς;» (Βλάχος κ.ά., 2017, σ.82). Στη συνέχεια διατυπώνεται με σαφή παραγωγικό χαρακτήρα η υπόθεση: «Αν η συνισταμένη των δυνάμενων που ασκούνται σε ένα σώμα είναι μηδέν, τότε το σώμα ή ηρεμεί ή κινείται ευθύγραμμα ομαλά» (σ.83). Η διατύπωση του νόμου ακολουθείται από παραδείγματα που τον επαληθεύουν, αλλά δεν γίνεται αναφορά στο κριτήριο της διαψευσιμότητας (Κουλαϊδής, 2001).

Σε επόμενο κεφάλαιο του ίδιου βιβλίου, η παρουσίαση του 3^{ου} νόμου του Newton γίνεται με απευθείας παράθεση της υπόθεσης: «Όταν δυο σώματα αλληλεπιδρούν και το πρώτο ασκεί δύναμη F στο δεύτερο, τότε και το δεύτερο ασκεί αντίθετη δύναμη $-F$ στο πρώτο» (Βλάχος κ.ά., 2017, σ.111), δομημένης σύμφωνα με το παραγωγικό λογικό σχήμα. Όπως και προηγουμένως, δεν γίνεται αναφορά στο κριτήριο της διαψευσιμότητας, παρά μόνο ανάπτυξη παραδειγμάτων που επαληθεύουν το νόμο (Κουλαϊδής, 2001).

Στο βιβλίο Φυσικής Γενικής Παιδείας Β΄ Λυκείου, οι παραδοχές Bohr για το άτομο του υδρογόνου παρουσιάζονται σύμφωνα με το παραγωγικό λογικό σχήμα. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει η 3^η παραδοχή που παρουσιάζεται με τη μορφή της υπόθεσης πως: «όταν το ηλεκτρόνιο κινείται σε ορισμένη επιτρεπόμενη τροχιά, δεν εκπέμπει ακτινοβολία» (Αλεξάκης κ.ά., 2017, σ.182). Στη συνέχεια, παρότι αναφέρεται πως «η παραδοχή αυτή έρχεται σε αντίθεση με την ηλεκτρομαγνητική θεωρία» (σ.182), δεν φαίνεται ρητά πως η συγκεκριμένη υπόθεση διατυπώνεται στη βάση του κριτηρίου της διαψευσιμότητας της ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας. Έτσι αποσιωπάται αυτή η τριπλή μάχη που, σύμφωνα με τον Lakatos, διεξάγεται ανάμεσα σε δύο αντικρουόμενες θεωρίες και την πραγματικότητα, μέσα από τον έλεγχο των υποθέσεων (Κουλαϊδής, 2001). Στις επόμενες παραγράφους της ενότητας παρουσιάζονται με πληρότητα διάφορα παραδείγματα επιβεβαίωσης των υποθέσεων Bohr, όπως η ερμηνεία των γραμμικών φασμάτων εκπομπής και απορρόφησης του υδρογόνου. Στην τελευταία παράγραφο της ενότητας με τίτλο «η επιτυχία και η αποτυχία του προτύπου Bohr» (Αλεξάκης κ.ά., 2017, σ.188) γίνεται έμμεση αναφορά στο κριτήριο της διαψευσιμότητας με τη δήλωση ότι «το πρότυπο Bohr δεν μπορεί να ερμηνεύσει τα γραμμικά φάσματα των ατόμων που έχουν δύο ή περισσότερα ηλεκτρόνια» (σ.188). Συμπερασματικά, η διδακτική αναπλαισίωση του προτύπου Bohr σύμφωνα με το παραγωγικό λογικό σχήμα, γίνεται με σχετική πληρότητα, αν και δεν αναδεικνύεται επαρκώς η σημαντικότητα του κριτηρίου της διαψευσιμότητας, σε ένα από τα καλύτερα, ίσως, διδακτικά παραδείγματα εναλλαγής επιστημονικών θεωριών, καθώς η θεωρία του Bohr, αποτελεί συνδυαστικό κρίκο ανάμεσα στην κλασική ηλεκτροδυναμική του Maxwell και την κβαντική ηλεκτροδυναμική του Feynman.

Συμπερασματικά, και στα τρία παραδείγματα οι υποθέσεις είναι δομημένες σύμφωνα με το παραγωγικό λογικό σχήμα, αλλά η εφαρμογή συνεχίζεται με επαλήθευση των υποθέσεων και

όχι με το κριτήριο της διαψευσιμότητας (Κουλαϊδής, 2001). Ακόμη και κατά την παρουσίαση του προτύπου Bohr, που αποτελεί εξαιρετικό διδακτικό παράδειγμα διαδοχής τριών θεωριών, που έχουν όλες διατυπωθεί με παραγωγικό τρόπο και που, σύμφωνα με τον Popper, κάθε επόμενη θεωρία συμπεραίνει χωρίς να συμπεραίνεται από την προηγούμενη, το κριτήριο της διαψευσιμότητας δεν παρουσιάζεται με σαφή τρόπο (Κουλαϊδής, 2001).

Συμπεράσματα

Τόσο το επαγωγικό, όσο και το παραγωγικό λογικό σχήμα, ως μέθοδοι επιστημονικού συμπερασμού, απαντώνται συχνά στα σχολικά βιβλία, αλλά η εφαρμογή τους παρουσιάζει ασάφειες και ελλείψεις (Blachowicz, 2009· Κουλαϊδής, 2001). Ειδικότερα, η αρχή της συσσώρευσης του επαγωγικού λογικού σχήματος ικανοποιείται μερικώς, λόγω του μικρού αριθμού παραδειγμάτων που αναπτύσσονται, ενώ η αρχή της επιβεβαίωσης εμφανίζεται έμμεσα, καθώς δεν διατυπώνεται με σαφή τρόπο η ανάγκη ισχυροποίησης της γενίκευσης (Κουλαϊδής, 2001). Το κριτήριο της διαψευσιμότητας, επίσης, απουσιάζει ή εμφανίζεται έμμεσα, καθώς η αναπλαισίωση του παραγωγικού συμπερασμού στη σχολική εκδοχή του, φαίνεται να πραγματοποιείται με μια πορεία από το γενικό προς το ειδικό με επιβεβαίωση (Blachowicz, 2009· Κουλαϊδής, 2001· Ραβάνης, 2016).

Κατά την παρουσίαση των δύο επιστημονικών συμπερασμών από τα σχολικά βιβλία, υποβαθμίζονται τόσο η προβληματική και η λογική της ανακάλυψης (Blachowicz, 2009), όσο και η σημασία των υποθέσεων στη βάση των οποίων γίνονται οι παρατηρήσεις (Ραβάνης, 2016), ενώ παράλληλα απουσιάζει ο σχολιασμός της φαντασίας και της δημιουργικότητας του επιστήμονα κατά τη διατύπωση των υποθέσεων (Blachowicz, 2009).

Η επαγωγική και η παραγωγική διδακτική μεθοδολογία θα μπορούσαν να λειτουργήσουν συμπληρωματικά, καθώς, παρότι συγκροτούνται σε αντίθετες κατευθύνσεις, έχουν ως τελικό σκοπό την προσέγγιση της 'επιστημονικής αλήθειας' (Ραβάνης, 2016). Ειδικότερα, το επαγωγικό λογικό σχήμα θα μπορούσε να λειτουργήσει στα σχολικά εγχειρίδια ως οδηγός για τη θεμελίωση θεωρητικών υποθέσεων, οι επιπτώσεις των οποίων μπορούν ακολούθως να ελεγχθούν με το κριτήριο της διαψευσιμότητας (Blachowicz, 2009).

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Αλεξιάκης, Ν., Αμπατζής, Σ., Γκουγκούσης, Γ., Κουντούρης, Β., Μοσχοβίτης, Ν., Οβαδίας, Σ, Σαμπράκος, Μ., Ψαλίδας, Α., Γεωργακάκος, Π., Σκαλωμένος, Α., Σφαρνάς, Ν. & Χριστακόπουλος, Ι. (2017). *Φυσική Γενικής Παιδείας Β' Τάξης Γενικού Λυκείου*. Αθήνα: Διόφαντος.
- Blachowicz, J. (2009). How Textbooks Treat Scientific Method: A Philosopher's Perspective. *The British Journal of the Philosophy of Science*, 60(2009), 303–344.
- Βλάχος, Ι., Γραμματικάκης, Ι., Καραπαναγιώτης, Β., Κόκκοτας, Π., Περιστερόπουλος, Π. & Τιμοθέου, Γ. (2017). *Φυσική Γενικής Παιδείας Α' Τάξης Γενικού Λυκείου*. Αθήνα: Διόφαντος.

- Κάλφας, Β. (2008). Ριζικές ανακατατάξεις στη σύγχρονη αγγλοσαξονική επιστημολογία: Ο Thomas S. Kuhn και η 'στροφή' της δεκαετίας 1960-1970. Εισαγωγή του επιμελητή. Στο: Τ. Kuhn, *Η Δομή των Επιστημονικών Επαναστάσεων* (σ.9-47), (μετάφραση: Γεωργακόπουλος, Γ. & Κάλφας, Β.). Αθήνα: Σύγχρονα Θέματα (έτος έκδοσης του πρωτότυπου 1970).
- Κόκκοτας, Π. (2001). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.
- Κουλαϊδής, Β. (2001). Η Επιστημολογική Συγκρότηση της Επιστημονικής Γνώσης. Στο: Β. Κουλαϊδής, Κ. Δημόπουλος & Β. Χατζηνικήτα (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Τόμος Α* (σ.277-358). Πάτρα: ΕΑΠ.
- Κουλαϊδής, Β. (2002). Πρότυπα Αλλαγής της Επιστημονικής Γνώσης: Επιστημολογική Προσέγγιση. Στο: Β. Κουλαϊδής (Επιμ.), *Αναπαραστάσεις του Φυσικού Κόσμου* (σ.131-154). Αθήνα: Gutenberg.
- Ραβάνης, Κ. (2016). *Εισαγωγή στη Διδακτική και στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Εκδόσεις νέων Τεχνολογιών.