

Πειράματα και θεωρία στη σχολική Φυσική

Νίκος Κανδεράκης

Είναι η γνώση της θεωρίας απαραίτητη για τα πειράματα;

Με τη δημοσιοποίηση του βιβλίου Φυσικής της Α΄ Γυμνασίου έχει ξεκινήσει μια συζήτηση μεταξύ των εκπαιδευτικών για τις κατευθυντήριες γραμμές του βιβλίου και του προγράμματος, καθώς και για την εφαρμοσιμότητα του στην πράξη. Αν και η συζήτηση εστιάζεται στα πολλά (και υπαρκτά) προβλήματα του προγράμματος, αυτό που φαίνεται να ενοχλεί περισσότερο, αν και σπάνια δηλώνεται ρητά, είναι η, μέσα από τις δραστηριότητες, πειραματική κατεύθυνση του. Παρά τα προβλήματα του, το πρόγραμμα φαίνεται να συγκρούεται με ένα καλά συγκροτημένο θεωρητικό και ασκησιολογικό τρόπο διδασκαλίας που κυριαρχεί.

Στα πλαίσια της συζήτησης αυτής έγινε πρόσφατα, σε γνωστή εκπαιδευτική ιστοσελίδα, μια ενδιαφέρουσα συζήτηση για το ρόλο των πειραμάτων στη διδασκαλία της φυσικής. Εκεί εκφράσθηκε η άποψη ότι πρωταρχικό καθήκον του εκπαιδευτικού είναι η διδασκαλία της θεωρίας και των θεωρητικών εννοιών, ενώ

οι πειραματικές διαδικασίες (και γενικότερα η άμεση επαφή με τα φυσικά φαινόμενα) πρέπει να παίζουν δευτερεύοντα και βοηθητικό ρόλο (και επομένως μπορούν στην ανάγκη να παραληφθούν). Υπόρρητα (όπως τουλάχιστον δείχνουν οι διδακτικές πρακτικές της πλειοψηφίας των εκπαιδευτικών), η άποψη αυτή φαίνεται να είναι ευρύτατα διαδεδομένη ανάμεσα στους φυσικούς της μέσης εκπαίδευσης και ειδικότερα των Γενικών Λυκείων.

Ένα επιχείρημα, το οποίο προβλήθηκε υπέρ της προτεραιότητας της θεωρίας έναντι του πειράματος, είναι ότι χωρίς τη βοήθεια των θεωρητικών εννοιών είναι αδύνατον να περιγραφούν και τελικά να γίνουν κατανοητά τα αντίστοιχα φυσικά φαινόμενα. Ο ισχυρισμός αυτός δε στερείται θεωρητικού υποβάθρου. Είναι μια αντιστροφή της άποψης πολλών φιλοσόφων της επιστήμης ότι η παρατήρηση είναι εμποτισμένη με θεωρία (theory laden). Η παρατήρηση, υποστηρίζουν, ποτέ δεν είναι ουδέτερη και απαλλαγμένη από θεωρία, αλλά πάντοτε κουβαλά ένα εννοιολογικό και θεωρητικό φορτίο (Gillies, 1993).

Κατά συνέπεια, εγείρονται αμφιβολίες αν μπορεί να ελέγξει κανείς ή να αποδεχθεί μια θεωρία μόνο από παρατηρήσεις ή αποτελέσματα πειραμάτων. Ας ξαναγυρίσουμε όμως στον αρχικό ισχυρισμό. Ισχύει αυτός και για την πρακτική των ίδιων των επιστημόνων, δηλαδή για τις προσπάθειές τους να διαμορφώσουν εμπειρικά επαρκείς έννοιες και θεωρίες για κάποιο επιστημονικό κλάδο, όπως τουλάχιστον καταγράφονται στην ιστορία του κλάδου;

Στο κείμενο θα εξετασθεί η ισχύς του ισχυρισμού αυτού, αντλώντας στοιχεία από την ιστορία της φυσικής, και ειδικότερα από μια συγκεκριμένη περίπτωση (που δεν είναι η μοναδική): την ιστορία του ηλεκτρισμού κατά τον 18^ο αιώνα. Επίσης θα καταγραφούν τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν στην εφαρμογή τους τα πειράματα των εργαστηριακών οδηγών (δηλαδή τα πειράματα επικύρωσης), και θα δειχθούν τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν τα ανακαλυπτικά ή διερευνητικά πειράματα στη διδασκαλία της φυσικής.

Τι μας λέει η ιστορία της Φυσικής;

Η θεωρία και οι θεωρητικές έννοιες είναι απολύτως αναγκαίες για περιγραφούν τα φαινόμενα μιας περιοχής της Φυσικής με ενιαίο τρόπο, για να οργανωθούν σε ένα συνεκτικό κατανοητό σύνολο, και τελικά για να εξηγηθούν. Είναι όμως απαραίτητη η θεωρία και οι έννοιές της προκειμένου κατ' αρχάς να περιγραφούν και στη συνέχεια να συζητηθούν τα πειράματα και τα αποτελέσματά τους; Για να απαντήσουμε στο

ερώτημα, θα εξετάσουμε μια συγκεκριμένη περίπτωση από την ιστορία της Φυσικής: την μελέτη των ηλεκτρικών φαινομένων από τους φυσικούς φιλοσόφους του 18^{ου} αιώνα.

Όταν μελετήσει κανείς έστω και στοιχειωδώς την ιστορία του ηλεκτρισμού τον 18^ο αιώνα εντυπωσιάζεται από το χάος των συνεχώς συσσωρευόμενων πειραματικών γνώσεων γύρω από τα ηλεκτρικά φαινόμενα, και από την έλλειψη συνοχής και νοήματος που παρουσιάζουν, στο μεγαλύτερο μέρος του αιώνα. Οι φυσικοί φιλόσοφοι ανακαλύπτουν (ή δημιουργούν) συνεχώς νέες συσκευές και νέα φαινόμενα, για τα οποία (προκειμένου να μπορούν να τα περιγράψουν) δημιουργούν πρόχειρες, εκ των ενόντων, έννοιες («ηλεκτρικές ατμόσφαιρες», «ηλεκτρικές απορροές», «δύναμη των ακίδων» κ.α.), χρήσιμες μόνο για ορισμένες κατηγορίες φαινομένων και όχι γενικά αποδεκτές, χωρίς συνάφεια και χωρίς συνδέσεις μεταξύ τους, δηλαδή χωρίς να συγκροτούν θεωρία. Έτσι ο ηλεκτρισμός αποτελεί ένα χαλαρά συνδεδεμένο σύνολο γνώσεων και πρακτικών χωρίς καθολικές εξηγητικές αρχές και έννοιες. Η κατάσταση αρχίζει να αλλάζει προς το τέλος του αιώνα, όταν διαμορφώνεται και καθιερώνεται η θεωρία των δύο ηλεκτρικών φορτίων και των (νευτώνειων) ηλεκτρικών δυνάμεων που ασκούν μεταξύ τους. Η θεωρία είναι μια μετεξέλιξη της θεωρίας των δύο ηλεκτρικών ρευστών (Dufay, 1733), και στην τελική της μορφή διαμορφώνεται αρχικά από τον Aepinus και τελικά, σε ποσοτική-μαθηματική μορφή, από τον Coulomb (1785). Η θεωρία μπορεί τότε να εξηγήσει σχεδόν το

σύνολο των γνωστών ηλεκτρικών φαινομένων της εποχής (με κάποιες βοηθητικές υποθέσεις) και να μετασχηματίσει το χαοτικό κουβάρι των ηλεκτρικών φαινομένων και εννοιών σε ένα οργανωμένο κατανοητό σύνολο (Hankins, 1998; Heilbron, 1999; Fara, 2002).

Η περίπτωση αυτή μας δείχνει τρία πράγματα:

i. Η θεωρία δίνει συνοχή και νόημα σε ένα ετερόκλητο και ασύνδετο σύνολο φαινομένων και εννοιών.

ii. Η ανακάλυψη ή η δημιουργία των νέων φαινομένων (πολλά φαινόμενα, όπως π.χ. τα ηλεκτρομαγνητικά, δεν είχαν παρατηρηθεί σχεδόν ποτέ μέχρι την τεχνητή δημιουργία τους στο εργαστήριο), καθώς και η πειραματική μελέτη τους, μπορεί να πραγματοποιηθεί και χωρίς συγκροτημένη κοινά αποδεκτή θεωρία και καθολικές θεωρητικές έννοιες.

iii. Για να υπάρξει η θεωρία και οι θεωρητικές έννοιες πρέπει να προηγηθεί (ή να γίνει παράλληλα) η ανακάλυψη (ή η δημιουργία) και σε κάποιο βαθμό η μελέτη των σχετικών φαινομένων. Στη νεώτερη Φυσική οι θεωρητικές κατασκευές δεν δημιουργούνται ποτέ εν κενώ, απουσία εμπειρικών και πειραματικών δεδομένων και δραστηριοτήτων. Ακόμα και ο Καρτέσιος, ο πιο θεωρητικός και εικοτολογικός από τους νεώτερους φυσικούς φιλόσοφους, διαμορφώνει τις φυσικές θεωρίες του σε συνεργασία με τον αφανή (δε δημοσίευσε ποτέ τίποτα) φυσικό φιλόσοφο, μαθηματικό και πειραματικό Isaac Beeckman (Barbour, 2001).

Παρόμοια συμπεράσματα μπορεί κανείς να βγάλει και από την ιστορία άλλων περιοχών της Φυσικής όπως π.χ. από την ιστορία των θερμικών φαινομένων και εννοιών κατά τους 17^ο και 18^ο αιώνα (Chang, 2004). Επομένως, η παρατήρηση και η πειραματική μελέτη των φαινομένων, ακόμα και αν δεν υπάρχουν καθολικές έννοιες για να περιγραφούν αυτά με συνέπεια, είτε προηγείται των σχετικών θεωρητικών εννοιών είτε πορεύεται μαζί με τη δημιουργία τους.

Σύμβολα και θεωρίες χωρίς αγκύρωση στον υλικό κόσμο

Αν αυτά ισχύουν για την ιστορία της Φυσικής, ισχύουν πολύ περισσότερο για τη διδασκαλία της. Η εισαγωγή των νέων εννοιών (και των νόμων που τις συνδέουν) πρέπει να γίνεται μετά από την παρουσίαση και την διερεύνηση των νέων φαινομένων στον πραγματικό κόσμο, δηλαδή στο εργαστήριο, ή παράλληλα με αυτά. Τα σχήματα στον πίνακα, το βιβλίο ή την οθόνη είναι απαραίτητα για να οργανώσει κανείς τα εξεταζόμενα φαινόμενα με ένα λιτό και εύληπτο τρόπο (ή, για να είμαστε πιο ακριβείς, για να κατασκευάσει το μοντέλο του τμήματος του φυσικού κόσμου που θα μελετήσει), δεν μπορούν όμως να υποκαταστήσουν τα ίδια τα φαινόμενα. Τα σχήματα, τα σύμβολα των μεγεθών και οι εξισώσεις πρέπει με κάποιο τρόπο να συνδεθούν με τον πραγματικό κόσμο τον οποίο αναπαριστούν. Αυτό μπορεί να γίνει με ανακαλυπτικά-διερευνητικά πειράματα (παραγνωρισμένα αλλά πολύ σημαντικά στην ιστορία της

Φυσικής) ή στην ανάγκη (αλλά και συμπληρωματικά) με προσομιώσεις και βίντεο.

Αν μείνουμε μόνο στις συμβολικές, μαθηματικές και σχηματικές αναπαραστάσεις (όπως συχνά γίνεται στα ελληνικά σχολεία, όπου ξεχειλίζει η θεωρία αλλά λείπει δραματικά η εμπειρία των φαινομένων), οι μαθητές, στη συντριπτική τους πλειοψηφία, δεν θα κάνουν τη σύνδεση με τον κόσμο, και όλα αυτά δεν θα είναι γι' αυτούς παρά ένα σύνολο κρυπτικών συμβόλων χωρίς νόημα. Έτσι η Φυσική, από όργανο μελέτης του φυσικού κόσμου, γίνεται (για το μαθητή) ένα είδος απόκρυφης καβαλιστικής θεολογίας – ακατανόητης και επομένως μισητής. Αυτά δεν είναι ρητορικές υπερβολές. Μπορεί κανείς να ελέγξει την ισχύ του ισχυρισμού αυτού αν δώσει σε μαθητές να κατασκευάσουν ένα πραγματικό κύκλωμα (με μπαταρίες, καλώδια, διακόπτες και λαμπάκια) από τη σχηματική αναπαράστασή του. Ελάχιστοι μαθητές τα καταφέρνουν.

Πειράματα επικύρωσης ή διερευνητικά πειράματα;

Αυτή, όμως, είναι μόνο η μια πλευρά του ζητήματος «πειράματα Φυσικής». Η άλλη πλευρά βρίσκεται στο είδος των πειραμάτων που γίνονται ή, για να είμαστε πιο ακριβείς, προτείνονται από τους εργαστηριακούς οδηγούς. Κατ' αρχάς, τα πειράματα αυτά αντιμετωπίζουν σοβαρά διαδικαστικά προβλήματα: το καθένα χρειάζεται τουλάχιστον δύο με τρεις διδακτικές ώρες για να πραγματοποιηθεί και για να συζητηθεί (δεν έχει νόημα να διεξάγεται πείραμα και να μη γίνεται

συζήτηση για τις διαδικασίες και τα αποτελέσματά του - οι μαθητές δεν είναι σε θέση να εντάξουν από μόνοι τους την παραγόμενη από την πειραματική διαδικασία γνώση μέσα σε ένα ευρύτερο θεωρητικό πλαίσιο και επομένως να τη σταθεροποιήσουν). Το κυριότερο πρόβλημα, όμως, των πειραμάτων αυτών είναι άλλο. Στη συντριπτική τους πλειοψηφία είναι σκληρά θετικιστικά πειράματα επικύρωσης (ουσιαστικά επιβεβαίωσης) γνωστών φυσικών αρχών και νόμων. Το βασικό μοτίβο είναι σταθερό με ελάχιστες παραλλαγές: τα σχετικά φυσικά μεγέθη και οι προς έλεγχο νόμοι ή αρχές θεωρούνται γνωστά και κατανοητά, η πειραματική διάταξη και η διαδικασία περιγράφονται λεπτομερώς στις οδηγίες, και οι μαθητές, μέσα από μια διαδικασία μετρήσεων, γραφικών παραστάσεων και εξαγωγής συμπερασμάτων, καλούνται να επικυρώσουν ήδη γνωστούς νόμους και αρχές. Τα πειράματα αυτά σπανίως χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο υποθέσεων ή θεωριών, την κύρια λειτουργία τους στην επιστημονική πρακτική. Επιπλέον, έχουν αρκετή λάντζα (κυρίως σε τυπικές ρουτινιάρικες διαδικασίες) που δεν απαιτεί δημιουργική σκέψη, δεν πυροδοτούν έκπληξη και ενδιαφέροντα ερωτήματα, δεν ελκύουν τους μαθητές, και αυτοί τα βαριούνται μέχρι θανάτου. Ένα βασικό επομένως πλεονέκτημα του εργαστηρίου στη διδασκαλία της Φυσικής, η πυροδότηση του ενδιαφέροντος για τη Φυσική, εδώ ακυρώνεται. Τέτοιου τύπου πειραματικές δραστηριότητες, οι οποίες κατά το μάλλον ή ήττον επαναλαμβάνονται και στο

νέο πρόγραμμα Φυσικής της Α΄ Γυμνασίου, φαίνεται να εξυπηρετούν περισσότερο τις ανησυχίες και τα ενδιαφέροντα των φυσικών-εκπαιδευτικών παρά εκείνα των μαθητών.

Μια σημαντική κατηγορία πειραμάτων, την οποία οι εργαστηριακοί οδηγοί περιφρονούν, είναι τα διερευνητικά (exploratory) ή στην πιο απλοποιημένη τους εκδοχή τα ανακαλυπτικά πειράματα, με τα οποία «ανακαλύπτονται» και διερευνώνται νέα φαινόμενα (Steinle, 2002). Κλασικές περιπτώσεις είναι τα πειράματα με τα οποία ο Faraday ανακάλυψε (ή από μια άποψη δημιούργησε) και μελέτησε τα ηλεκτρομαγνητικά φαινόμενα. Τα διερευνητικά πειράματα τα υποτιμούν οι θετικιστές φιλόσοφοι της επιστήμης, αφού εκτιμούν ότι αυτά περιλαμβάνονται στο «πλαίσιο ανακάλυψης» (context of discovery) των θεωριών, με το οποίο μπορούν να ασχολούνται οι ψυχολόγοι και οι κοινωνιολόγοι της επιστήμης, αλλά όχι και οι φιλόσοφοι της επιστήμης. Αυτοί μπορούν να μελετούν μόνο το «πλαίσιο επικύρωσης» (context of justification), δηλαδή τη δικαιολόγηση και τη λογική δομή των θεωριών (Godfrey-Smith, 2003).

Παρόλα αυτά, τα διερευνητικά πειράματα λειτουργούν εξαιρετικά καλά μέσα στη σχολική τάξη και το σχολικό εργαστήριο, ενεργοποιώντας τους μαθητές. Είναι απλά και άμεσα, προϋποθέτουν λιγότερες μετρήσεις (όποτε αυτές απαιτούνται), δεν είναι αλγοριθμικά και ρουτινιάρικα, και συχνά πυροδοτούν την έκπληξη που τα κάνει ενδιαφέροντα. Επιπλέον, εξελίσσονται συνήθως σε πολύ λίγο χρόνο, και μπορούν να

ενταχθούν οργανικά σε διδασκαλίες που εστιάζονται στην εισαγωγή και την επεξεργασία νέων εννοιών. Αυτό δε σημαίνει ότι πρέπει να δουλεύονται μόνο διερευνητικά πειράματα στο σχολείο. Τα πειράματα επικύρωσης, σε πολύ μικρότερες όμως δόσεις, είναι χρήσιμα για την εξοικείωση των μαθητών με σημαντικές επιστημονικές πρακτικές όπως ο έλεγχος των υποθέσεων, η μέτρηση παραμέτρων και σταθερών κλπ., που η δημιουργική εφαρμογή τους θα δικαιωθεί στις διερευνητικές δραστηριότητες. Από την άλλη μεριά, οι διερευνητικές δραστηριότητες δεν είναι απαραίτητο να γίνονται σε ξεχωριστές εργαστηριακές ώρες. Μπορούν κάλλιστα (ή μάλλον είναι προτιμότερο) να εντάσσονται μέσα σε συνήθεις (πειραματικές) διδασκαλίες, οι οποίες θα συνδυάζουν τα εμπειρικά πειραματικά στοιχεία (τη γνωριμία με τα φαινόμενα) με την οικοδόμηση και την επεξεργασία των νέων θεωρητικών εννοιών. Αυτές όμως οι εργαστηριακές πρακτικές δεν φαίνεται να αγγίζουν το νέο εγχείρημα “*Η Φυσική με Πειράματα, Α΄ Γυμνασίου*”, όπου παρά την επίκληση σε διερευνητικές επιλογές, τα προτεινόμενα εργαστηριακά φύλλα εργασίας φαίνεται να ακολουθούν σε γενικές γραμμές το μοντέλο του αλγοριθμικού-ρουτινιάρικου σκληρού θετικιστικού πειράματος.

Συμπεράσματα

Όπως φάνηκε από τη συνοπτική επισκόπηση μιας συγκεκριμένης περίπτωσης από την ιστορία της Φυσικής (της ιστορίας του ηλεκτρισμού), αλλά που ισχύει και σε άλλες

περιπτώσεις (π.χ. στην ιστορία των θερμικών εννοιών), η πειραματική «ανακάλυψη» και η διερεύνηση συγκεκριμένων φαινομένων μπορεί να πραγματοποιηθεί και χωρίς να υπάρχουν αντίστοιχες έννοιες και συγκροτημένες θεωρίες γι' αυτά. Επίσης φάνηκε ότι η δημιουργία και η διαμόρφωση των εννοιών και των θεωριών της Φυσικής στηρίζεται σε προγενέστερη έρευνα πάνω στα αντίστοιχα φαινόμενα ή, σε κάποιες περιπτώσεις, είναι παράλληλη με τη μελέτη των φαινομένων. Η διδασκαλία, επομένως, συγκεκριμένων τμημάτων της Φυσικής μπορεί (ή μάλλον είναι προτιμότερο) να ξεκινήσει από τη γνωριμία των μαθητών με τα αντίστοιχα φαινόμενα, μέσω ανακαλυπτικών-διερευνητικών πειραμάτων, και μετά (ή παράλληλα) να οικοδομηθούν οι έννοιες και η θεωρία. Πέρα από τους ψυχολογικούς λόγους για την προτεραιότητα των φαινομένων και των πειραμάτων έναντι της θεωρίας («ουδέν εν τη νοήσει, ό μη πρότερον εν τη αισθήσει» - απόδοση σε παλιά ελληνικά του αποφθέγματος «*nihil in intellectu est, quod prius non fuerit in sensu*» του Gassendi), υπάρχουν και γνωσιο-θεωρητικοί (ή επιστημολογικοί) λόγοι γι' αυτό. Ένα βασικό στοιχείο της φύσης των φυσικών επιστημών είναι η θεμελίωση των ισχυρισμών τους πάνω

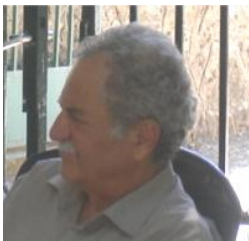
σε δεδομένα, τα οποία κατά βάση είναι εμπειρικά και προκύπτουν κυρίως από την πειραματική διερεύνηση των φαινομένων.

Ένα άλλο πρόβλημα που εξετάστηκε είναι οι δυσκολίες που έχουν τα κατά κανόνα πειράματα επικύρωσης (επιβεβαίωσης) των εργαστηριακών οδηγιών να προκαλέσουν το ενδιαφέρον και να κινητοποιήσουν τους μαθητές. Τα πειράματα αυτά προβλέπουν συστηματικές αλλά βαρετές για τους μαθητές διαδικασίες ρουτίνας, απαραίτητες και ενδιαφέρουσες για τους φυσικούς, αλλά απολύτως αποστασιοποιημένες από τα ενδιαφέροντα και τις ανησυχίες των μαθητών. Αυτοί σπάνια οικειοποιούνται τους στόχους τους, και ακόμα πιο σπάνια συμμετέχουν στις διαδικασίες με τη καρδιά τους. Αντιθέτως, τα ανακαλυπτικά ή διερευνητικά πειράματα (με τα οποία «ανακαλύπτονται» και εξετάζονται νέα φαινόμενα), πέρα από το ότι εξοικειώνουν τους μαθητές με τα νέα φαινόμενα από πρώτο χέρι (πράγμα που λείπει από τις θεωρητικές διδασκαλίες), είναι άμεσα και σύντομα, περιέχουν εκπλήξεις και πυροδοτούν ερωτήματα, και επομένως προκαλούν ενδιαφέρον και συμμετοχή.

Βιβλιογραφία

- Barbour, J. (2001). *The Discovery of Dynamics*. Oxford, Oxford University Press.
- Chang, H. (2004). *Inventing Temperature: Measurement and Scientific Progress*. Oxford, Oxford University Press.
- Coulomb C. (1785, publ. 1788). *Second Mémoire sur l' Électricité et de Magnétisme: Oú l' on Determine, suivant quelles Loix le Fluide Magnétique, ainsi que le Fluide Électrique, Agissent, soit par Répulsion, soit par Attraction*. *Histoire de l' Académie Royale des Sciences*, année 1785, 578-611.
- Dufay C. (1733, publ. 1735). *Quatrième Mémoire sur l' Électricité: De l' Attraction & Répulsion des Corps Électriques*. *Histoire de l' Académie Royale des Sciences*, année 1735, 457-476.

- Gillies, D. (1993). *Philosophy of Science in the Twentieth Century*. Oxford, Blackwell.
- Godfrey-Smith, P. (2003). *Theory and Reality: An Introduction to the Philosophy of Science*. Chicago, The University of Chicago Press.
- Fara, P. (2002). *An Entertainment for Angels: Electricity in the Enlightenment*. Cambridge, Icon Books.
- Hankins, T. (1998). *Επιστήμη και Διαφωτισμός*. Μεταφρ. Γ. Γκουνταρούλης, Ηράκλειο, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Heilbron, J. L. (1999). *Electricity in the 17th and 18th Centuries: A Study in Early Modern Physics*. Mineola N.Y., Dover.
- Steinle, F. (2002). *Experiments in History and Philosophy of Science*. *Perspectives on Science*, 10:4, 408-432.



Ο Νίκος Κανδεράκης έχει σπουδάσει Φυσική στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης και έχει κάνει διδακτορικό στην Ιστορία και τη Φιλοσοφία των Επιστημών στο Πανεπιστήμιο Αθηνών. Έχει δουλέψει πολλά χρόνια στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση. Τα ενδιαφέροντά του εστιάζονται στην Ιστορία της Φυσικής και στη σχέση της με τη διδασκαλία της.