

Μέσα από την στήλη “Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες” δημοσιεύονται γενικά άρθρα που αφορούν τη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών.

### **Τι είναι η φύση της επιστήμης και γιατί οι μαθητές πρέπει να μαθαίνουν γι’ αυτήν**

**Νίκος Κανδεράκης**

Αφορμή για το κείμενο αυτό στάθηκε κάτι στα νέα προγράμματα σπουδών Φυσικής του Γενικού Λυκείου (ΦΕΚ 180/23-1-2015 και ΦΕΚ 184/23-1-2015) που “βγάζει μάτι”: σχεδόν σε κάθε κεφάλαιο επαναλαμβάνεται ως στόχος ότι «οι μαθητές πρέπει να γνωρίσουν την επιστημονική μέθοδο» ή ότι πρέπει «να περιγράφουν τα βασικά βήματα της επιστημονικής μεθόδου». Η εμμονή αυτή θέλει διερεύνηση. Υπάρχει μόνο μία επιστημονική μέθοδος; Ή μήπως υπάρχουν πολλές, όπως υποστηρίζουν οι περισσότεροι φιλόσοφοι και ιστορικοί της επιστήμης; Και αν υπάρχουν πολλές, ποιές είναι αυτές;

Το ζήτημα είναι προτιμότερο να ενταχθεί μέσα σε ένα πιο γενικό θέμα. Ποια είναι η φύση της επιστήμης ή, ειδικότερα, ποια είναι τα γενικά χαρακτηριστικά της επιστήμης (με τη λέξη αυτή υποδηλώνονται οι Φυσικές επιστήμες), τα οποία την ξεχωρίζουν από τις άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες; Σε στενή σχέση με αυτό είναι και το πώς παράγεται η επιστημονική γνώση (το παραγόμενο από την επιστημονική δραστηριότητα προϊόν), ποια είναι τα χαρακτηριστικά της και πώς αυτά διαφοροποιούν την επιστημονική γνώση από τις άλλες ανθρώπινες γνώσεις; Τέλος, έχει ενδιαφέρον να εξετασθεί γιατί οι μαθητές πρέπει να μαθαίνουν για τη φύση της επιστήμης, τι θα κερδίσουν από αυτό, και τι θα κερδίσει η κοινωνία από αυτό;

### **Βασικά χαρακτηριστικά της επιστήμης**

Τα χαρακτηριστικά της επιστήμης θα αναπτυχθούν κάπως λειασμένα, ώστε να συμφωνούν με το γνωσιακό υπόβαθρο και τις δυνατότητες των μαθητών. Φιλοσοφικές κριτικές σε όψεις των χαρακτηριστικών αυτών, όπως π.χ. η συζήτηση για το αν επηρεάζονται ή όχι οι παρατηρήσεις από τη θεωρία την οποία ελέγχουν, ή αναφορές στις λεπτές αποχρώσεις τους, είναι μάλλον ακατάλληλες για τη σχολική τάξη.

Τα πιο σημαντικά από αυτά τα χαρακτηριστικά είναι τα εξής (Cromer, 1993; Αραμπατζής κ.ά., 2000; Lederman et al, 2002; Γαβρόγλου, 2004; Chalmers, 2007; McComas, 2008a και 2008b; Matthews, 2012):

- I. Η επιστημονική γνώση προκύπτει, συχνά έμμεσα, από αντικειμενικά ή μάλλον διϋποκειμενικά εμπειρικά δεδομένα και στηρίζεται πάνω στα δεδομένα αυτά. Οι επιστημονικές απόψεις, επομένως, είναι καλά τεκμηριωμένες, αφού στηρίζονται γερά πάνω σε εμπειρικά στοιχεία, σε αντίθεση με άλλες δημόσιες απόψεις (πολιτικές, ιδεολογικές, αισθητικές κ.λπ.), οι οποίες είναι από μετρίως έως καθόλου τεκμηριωμένες.
- II. Η επιστημονική γνώση είναι προσωρινή - υφίσταται κατά διαστήματα σημαντικές αναθεωρήσεις - αλλά διάγει και μακρές περιόδους σταθερότητας. Οι αναθεωρήσεις επιβάλλονται κυρίως λόγω της εμφάνισης νέων εμπειρικών στοιχείων, αλλά συχνά και για λόγους αισθητικούς, οικονομίας των υποθέσεων κ.ά. (όπως συνέβη π.χ. στην αναθεώρηση του γεωκεντρικού συστήματος του κόσμου από τον Κοπέρνικο). Οι νέες γνώσεις, πέρα από τα παλιά στοιχεία, μπορούν να εξηγήσουν και τα νέα στοιχεία ή να εξηγήσουν τα παλιά στοιχεία με πιο κομψό, γενικό και οικονομικό τρόπο. Η επιστημονική γνώση επίσης αλλάζει, και αλλάζει ριζικά, όταν εισάγονται νέα μεθοδολογικά εργαλεία στην επιστημονική έρευνα. Αυτό συνέβη π.χ. τον 17<sup>ο</sup> αιώνα όταν εισήχθησαν τα μαθηματικά και το πείραμα στη μελέτη της φύσης.
- III. Η επιστήμη, από την εμφάνισή της στις αρχαίες ελληνικές δημοκρατικές πόλεις, έχει εγγενώς δημόσιο χαρακτήρα. Η επιστημονική έρευνα μπορεί κάποιες φορές να γίνεται ιδιωτικά, τα αποτελέσματά της όμως, αλλά και οι μέθοδοι με τις οποίες αυτά προέκυψαν, κοινοποιούνται πάντοτε στο δήμο (τουλάχιστον στη βασική επιστήμη), ώστε να συζητηθούν και να τους ασκηθεί δημόσια κριτική. Τα αποτελέσματα αυτά γίνονται αποδεκτά από τις σχετικές επιστημονικές κοινότητες μόνο αφού περάσουν τη βάσανο πολλαπλών ελέγχων. Αν και κατά καιρούς διάφορα επιστημονικά ιερατεία καταφέρνουν να επιβάλουν τις απόψεις τους, πνίγοντας όλες τις άλλες, η ικανοποιητική λειτουργία των επιστημονικών κοινοτήτων απαιτεί ένα μίνιμουμ δημοκρατικής λειτουργίας (τουλάχιστον στα επιστημονικά ζητήματα) και τη δυνατότητα της έκφρασης όλων των απόψεων, συμπεριλαμβανομένης της κριτικής.
- IV. Η επιστήμη είναι μια εγγενώς κοινωνική δραστηριότητα. Ακόμη και όταν ένας ερευνητής εργάζεται μόνος του - πολύ σπάνιο στη σημερινή εποχή - η ερευνητική του ατζέντα προσδιορίζεται είτε από την ευρύτερη κοινωνία (π.χ. για τη θεραπεία μιας αρρώστιας) είτε από τη μικροκοινωνία με την οποία συζητά και συνδιαλέγεται. Για παράδειγμα, η βασική ερευνητική ατζέντα του Νεύτωνα στη μηχανική, δηλαδή η εξήγηση της τροχιακής κίνησης των πλανητών με μια συμβατή με την αρχή της αδράνειας φυσική, είχε ήδη τεθεί σε γενικές γραμμές από τους Γαλιλαίο, Descartes, Huygens κ.λπ.
- V. Η επιστήμη είναι μια ανθρώπινη δραστηριότητα που γίνεται πάντοτε για κάποιο σκοπό. Η επιστημονική δραστηριότητα είναι ένα ανθρώπινο εγχείρημα, τμήμα της κουλτούρας της κοινωνίας που την ασκεί. Έχει σημασία επομένως, για να προωθηθεί η ανάπτυξη της επιστήμης, κάποιες από τις αξίες και τις πρακτικές της επιστήμης (όπως η ελεύθερη διατύπωση απόψεων ή η ανοχή στην κριτική) να γίνουν, με την εκπαίδευση, κτήμα της

καλλιέργειας των νέων, ακόμα και αν αυτοί δεν πρόκειται να γίνουν επιστήμονες ή μηχανικοί. Η επιστημονική δραστηριότητα, όμως, έχει πάντοτε ένα συγκεκριμένο στόχο. Παραδείγματος χάριν, δεν αρχίζει κανείς να μελετά, χωρίς λόγο, το εκκρεμές. Το κάνει γιατί κάτι επιδιώκει. Ο Γαλιλαίος μελετά το εκκρεμές ως ένα είδος δεσμευμένης πτώσης, μέρος της μελέτης της πτώσης των σωμάτων, με στόχο να πολεμήσει την αριστοτελική φυσική και τελικά την αριστοτελική κοσμολογία (γεωκεντρισμό). Ο Huygens το μελετά για να βελτιώσει τα μηχανικά ρολόγια. Και ούτω καθεξής.

- VI. Η επιστήμη αρκείται στις φυσικές εξηγήσεις των φαινομένων και εξοστρακίζει από τη συζήτηση όλες τις υπερφυσικές εξηγήσεις όπως π.χ. τη δράση των θεών (στην αρχαιότητα) ή του Θεού (στη νεώτερη εποχή).

Είναι αλήθεια, βέβαια, ότι στα νεώτερα χρόνια κάποιοι ερευνητές, παράλληλα με τη φυσική επιχειρηματολογία, χρησιμοποίησαν και μεταφυσικά ή θεολογικά επιχειρήματα για να υποστηρίξουν τις βασικές παραδοχές τους (ή τις υποθέσεις τους), τα ίδια τα φαινόμενα όμως εξηγούνταν μόνο από τις φυσικές αρχές και όχι από τις θεικές ενέργειες. Ο Leibniz π.χ. επιστρατεύει το αλάθητο του Θεού για να στηρίξει την αρχή της διατήρησης της  $vis\ viva$  ( $m \cdot v^2$ ) που προτείνει (Alexander, 1998). Αυτό όμως είναι ένα εκ των υστέρων επιχειρήμα, το οποίο παρουσιάζεται αφού έχει ήδη συνάγει την αρχή αυτή από την ανάλυση συγκεκριμένων φαινομένων (με φυσικούς και μαθηματικούς συλλογισμούς), και αφού την έχει χρησιμοποιήσει για να εξηγήσει άλλα φαινόμενα (Leibniz, 1989).

Συμβαίνει επίσης συχνά, να επηρεάζεται θετικά ένας ερευνητής από διάφορες μεταφυσικές δοξασίες και να οδηγείται σε έννοιες και αρχές ιδιαίτερα παραγωγικές. Σπάνια όμως οι δοξασίες αυτές καταγράφονται στα δημοσιευμένα κείμενα. Ξέρουμε, παραδείγματος χάριν, ότι ο Νεύτων επηρεάστηκε ισχυρά από τις αλχημικές ιδέες, και ιδιαίτερα από την ιδέα ότι υπάρχουν «ενεργές αρχές» στην ύλη που προκαλούν φαινόμενα, για να διαμορφώσει τη βαρύτητα ως δύναμη εξ αποστάσεως. Το δημοσιευμένο προϊόν των ερευνών του όμως - τα Principia Mathematica - χαρακτηρίζεται από ψυχρό ορθολογισμό, χωρίς μεταφυσικές αιτίες και εξηγήσεις (Westfall, 1983).

- VII. Στα νεώτερα χρόνια, η επιστήμη βρίσκεται σε συνεχή αλληλεπίδραση με την τεχνολογία. Μετά την επιστημονική επανάσταση, και ακόμη περισσότερο μετά τη βιομηχανική επανάσταση, η επιστήμη συνδέεται στενά με τις τεχνολογικές καινοτομίες. Νέα τεχνικά εργαλεία (τηλεσκόπιο, μικροσκόπιο κ.ά.) οδηγούν σε νέες επιστημονικές ανακαλύψεις, ενώ νέες επιστημονικές θεωρίες ή και νέες επιστημονικές μέθοδοι οδηγούν (μέσα από περίπλοκες συνήθως διαδρομές) σε τεχνολογικές καινοτομίες (π.χ. ατμομηχανή, ηλεκτροκινητήρες κ.ά.).
- VIII. Η επιστήμη κατακτά την επιστημονική γνώση με πολλές και διαφορετικές μεθόδους και πρακτικές. Οι πρακτικές όμως αυτές δεν είναι ποτέ αλγοριθμικές – σειρές προκαθορισμένων

ενεργειών που οδηγούν απρόσκοπτα στο αποτέλεσμα – αλλά περίπλοκες δραστηριότητες που απαιτούν μεγάλες δόσεις δημιουργικότητας και φαντασίας.

Κάποιες από τις μεθόδους και πρακτικές αυτές είναι οι εξής:

- Η κατηγοριοποίηση και η ταξινόμηση (όπως π.χ. στα βιολογικά είδη ή στις χημικές ουσίες).
- Η επαγωγική γενίκευση, δηλαδή η συναγωγή καθολικών προτάσεων από ένα περιορισμένο αριθμό εμπειρικών δεδομένων. Παραδείγματος χάριν, από την εμπειρική διαπίστωση ότι μια σειρά οξέων έχει όξινη γεύση συνάγεται ότι τα οξέα έχουν όξινη γεύση.
- Η δημιουργία εξηγητικών υποθέσεων με «απαγωγή» ή «συναγωγή στην καλύτερη εξήγηση». Κατά τη μελέτη μιας ομάδας συναφών φαινομένων προτείνεται (συχνά με τη βοήθεια μιας αναλογίας) μια γενική πρόταση - μια υπόθεση - η οποία μπορεί να εξηγήσει τα φαινόμενα αυτά. Παραδείγματος χάριν, για να εξηγηθεί η ασυμφωνία που παρατηρήθηκε ανάμεσα στην κατανομή των ταχυτήτων των εκπεμπόμενων ηλεκτρονίων στις διασπάσεις-β (των ατομικών πυρήνων) με την αρχή της διατήρησης της ενέργειας, προτάθηκε το 1930 από τον Pauli η ύπαρξη ενός νέου σωματιδίου, του νετρίνου, το οποίο θα μοιράζονταν την παραγόμενη ενέργεια με το ηλεκτρόνιο. Το νεutrino ανιχνεύθηκε μόλις το 1956.
- Η λογικο-παραγωγική και μαθηματική επεξεργασία των υποθέσεων μαζί με γνωστές φυσικές αρχές και νόμους, ώστε να παραχθούν νέες προτάσεις - σχέσεις μεταξύ φυσικών μεγεθών ή εννοιών.
- Ο έλεγχος των υποθέσεων, ή των συμπερασμάτων που συνάγονται από αυτές, με πειράματα.

Το πείραμα ως εργαλείο ελέγχου των υποθέσεων (αλλά και ως τρόπος διερεύνησης των φαινομένων) είναι από τις σημαντικότερες καινοτομίες της νεώτερης επιστήμης. Με τη βοήθεια των πειραμάτων, πολλά από τα οποία διεξάγονταν και δημόσια (π.χ. κατά τις συναντήσεις της Royal Society στο Λονδίνο), αυξήθηκε σημαντικά η αξιοπιστία της επιστημονικής γνώσης.

- Η χρήση του πειράματος ως μέσου πραγμάτωσης των φαινομένων σε ελεγχόμενες συνθήκες και της συστηματικής διερεύνησής τους. Κλασικό παράδειγμα είναι η πειραματική ανάδειξη και διερεύνηση της ηλεκτρομαγνητικής επαγωγής από τον Faraday, και η συναγωγή των βασικών νόμων που την διέπουν.
- Η κατασκευή και η διαχείριση μοντέλων.

Αν και υπάρχουν πολλές και διαφορετικές χρήσεις των μοντέλων στην επιστήμη (Matthews, 2012), έχει ενδιαφέρον να δούμε τα μοντέλα που κατασκευάζονται για την εφαρμογή των θεωριών σε νέες φυσικές καταστάσεις. Στη Φυσική, αλλά και στις

επιστήμες που τη χρησιμοποιούν (αστρονομία, γεωδυναμική, μετεωρολογία κλπ), για να εφαρμοσθεί μια θεωρία στον σύνθετο και περίπλοκο φυσικό κόσμο, χρειάζεται πάντοτε η κατασκευή απλοποιημένων φυσικών μοντέλων, μέσα από μια σειρά από απλοποιήσεις, προσεγγίσεις και εξιδανικεύσεις των εξεταζόμενων φυσικών καταστάσεων. Από τα φυσικά μοντέλα, στη συνέχεια, παράγονται μαθηματικά μοντέλα, δηλαδή σύνολα μαθηματικών σχέσεων, από την επεξεργασία των οποίων προκύπτουν συμπεράσματα για τη συμπεριφορά των εξεταζόμενων φυσικών συστημάτων. Τα μοντέλα αυτά κατασκευάζονται επίσης και για να ανακαλυφθούν δημιουργηθούν οι νέες θεωρητικές επιστημονικές γνώσεις. Η επιστημονική γνώση έχει πάντα ένα στοιχείο ανακάλυψης (πώς συμπεριφέρεται η φύση;) και ένα στοιχείο δημιουργίας-κατασκευής (πώς προσδιορίζονται οι έννοιες με τις οποίες θα περιγράψουμε και θα διερευνήσουμε τη φύση;). Στις επιστήμες που αναφέραμε, τόσο η δημιουργία όσο και η εφαρμογή της επιστημονικής γνώσης δε γίνεται στον πραγματικό κόσμο (λόγω της περιπλοκότητάς του) αλλά σε απλοποιημένα και εξιδανικευμένα μοντέλα του (Halloun, 2006).

- Η εξήγηση γνωστών φαινομένων με τη βοήθεια της θεωρίας και των θεωρητικών εννοιών της. Παραδείγματος χάριν, η εξήγηση των παλιρροιών με τη βοήθεια των εννοιών, των αρχών και των νόμων της νευτώνειας μηχανικής.
- Η πρόβλεψη νέων φαινομένων.

Η εφαρμογή μιας θεωρίας σε νέες καταστάσεις μπορεί να οδηγήσει σε προβλέψεις φαινομένων που δεν είχαν παρατηρηθεί μέχρι τότε. Η πειραματική ή η παρατηρησιακή επαλήθευση των προβλέψεων αυτών είναι ένα πολύ ισχυρό στοιχείο για την αποδοχή μιας νέας θεωρίας. Για παράδειγμα, η γενική θεωρία της σχετικότητας προέβλεπε ότι πολύ βαριά ουράνια σώματα, όπως ο Ήλιος, κάμπτουν τις φωτεινές ακτίνες που περνούν από κοντά τους (λόγω της βαρυτικής έλξης), και επομένως οι αστέρες που φαίνονται πολύ κοντά στον Ήλιο, και των οποίων οι φωτεινές ακτίνες περνούν σχεδόν εφαπτομενικά από τον Ήλιο, έπρεπε να φαίνονται ότι μετατοπίζονται στον ουρανό σε σχέση με τις γνωστές θέσεις τους. Το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε το 1919 κατά την ολική έκλειψη του Ήλιου (μόνο τότε μπορούν να παρατηρηθούν οι αστέρες κοντά στον Ήλιο), και συνέβαλε αποφασιστικά στην αποδοχή της γενικής σχετικότητας.

Δεν υπάρχει, επομένως, μία μόνο επιστημονική μέθοδος. Υπάρχουν πολλές μέθοδοι και πρακτικές, οι οποίες συχνά διαφέρουν από τον ένα επιστημονικό κλάδο στον άλλο, και από τη μία εξεταζόμενη φυσική κατάσταση στην άλλη, και χρησιμοποιούνται κατά περίπτωση. Όπως γράφουν οι Lederman et al., «δεν υπάρχει καμιά μοναδική επιστημονική μέθοδος που να

εγγυάται την ανάπτυξη αλάθητης γνώσης ... Επίσης, δεν υπάρχει καμιά μοναδική σειρά δραστηριοτήτων (ως συνταγή ή κάπως αλλιώς) που να οδηγεί χωρίς λάθος σε λειτουργικές ή έγκυρες λύσεις ή απαντήσεις ...» (Lederman et al, 2002, σελ. 501-502). Είναι αλήθεια βέβαια ότι η υποθετικο-παραγωγική μέθοδος, η οποία προτείνεται συχνά ως η επιστημονική μέθοδος, είναι συνήθως ο τρόπος με τον οποίο παρουσιάζεται η έρευνα στα επιστημονικά περιοδικά. Αυτό δε σημαίνει όμως ότι έτσι γίνεται στην πράξη, στα εργαστήρια και στα σπουδαστήρια, η επιστημονική έρευνα.

### IX. Βασικά στοιχεία της επιστημονικής γνώσης

Τα βασικά στοιχεία της επιστημονικής γνώσης είναι οι επιστημονικές έννοιες (π.χ. η έννοια «μάζα»), οι πειραματικοί νόμοι (π.χ. ο νόμος του Ohm), οι φυσικές αρχές (π.χ. η αρχή της διατήρησης της ενέργειας), τα μοντέλα (π.χ. το μοντέλο των ιδανικών αερίων) και οι θεωρίες (π.χ. η ειδική θεωρία της σχετικότητας). Σύμφωνα με τον Ben-Ari, «μια επιστημονική θεωρία είναι ένα περιεκτικό και συνεκτικό σύνολο εννοιών, ισχυρισμών και νόμων (συχνά διατυπωμένων μαθηματικά), το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να εξηγήσει και να προβλέψει φυσικά φαινόμενα ορθώς και με ακρίβεια. Μια θεωρία συχνά περιλαμβάνει και ένα μηχανισμό που εξηγεί πώς οι έννοιες, οι ισχυρισμοί και οι νόμοι της προκύπτουν από θεωρίες χαμηλότερου επιπέδου [π.χ. μικροσκοπικού].» (Ben-Ari, 2005, σελ. 24).

### Γιατί πρέπει οι μαθητές να μαθαίνουν για τη φύση της επιστήμης;

Το ερώτημα «γιατί οι μαθητές πρέπει να μαθαίνουν για τη φύση της επιστήμης» μπορεί να αναλυθεί σε μια σειρά από περισσότερο στοχευμένα ερωτήματα. Τα ερωτήματα αυτά, μαζί με κάποιες απόπειρες απάντησης, είναι τα εξής:

- a. Έχει αξία η φύση της επιστήμης αυτή καθεαυτή (και ειδικότερα η μεθοδολογική συνιστώσα της επιστήμης), ως αντικείμενο διδασκαλίας;

Η απάντηση είναι περίπου αυτονόητη. Επιστήμη δεν είναι μόνο το σώμα των επιστημονικών γνώσεων, αλλά και οι μέθοδοι και οι πρακτικές με τις οποίες αυτή η γνώση ανακαλύπτεται-δημιουργείται. Επομένως, η δεύτερη αυτή συνιστώσα της επιστήμης πρέπει και αυτή να διδάσκεται στα σχολεία, όχι όμως ως δηλωτική γνώση, αλλά ως διαδικαστική γνώση: στην πράξη, μέσα από δραστηριότητες (Κουμαράς, 2015α).

- b. Μπορεί η φύση της επιστήμης να βοηθήσει στη διδασκαλία και στην κατανόηση του περιεχομένου της επιστήμης, δηλαδή των επιστημονικών εννοιών;

Κυρίαρχο μοντέλο σήμερα για τη διδασκαλία και τη μάθηση της επιστήμης είναι το διερευνητικό μοντέλο (ή απλούστερα η διερεύνηση). Βασικό χαρακτηριστικό της διερεύνησης είναι η μετατόπιση του κέντρου βάρους της διδασκαλίας από το περιεχόμενο της επιστήμης στις μεθόδους και τις πρακτικές της. Η μετατόπιση αυτή, που σημαίνει ενεργό και δημιουργική συμμετοχή των μαθητών στη διδασκαλία, αναμένεται να προσελκύσει το ενδιαφέρον των

μαθητών (με την προϋπόθεση ότι οι σχετικές δραστηριότητες δεν είναι ρουτινιάρικες και βαρετές), και να βελτιώσει την κατανόηση των επιστημονικών εννοιών. Η κατανόηση όμως αυτή διευκολύνεται και για ένα επιπρόσθετο λόγο. Συχνά το νόημα των επιστημονικών εννοιών και νόμων κατακτάται αποτελεσματικότερα μέσα από τις διαδικασίες της δημιουργίας τους. Για παράδειγμα, η έννοια της πίεσης γίνεται περισσότερο καθαρή αν δει κανείς (έμπρακτα) τα προβλήματα, τα πειράματα και τους συλλογισμούς που οδήγησαν στη δημιουργία της (Κουμαράς, 2015β).

Επιπλέον, ο επιστημονικός εγγραμματισμός (βασικές γνώσεις τόσο του περιεχομένου όσο και των πρακτικών της επιστήμης για το σύνολο του μαθητικού πληθυσμού) είναι ένας από τους δύο κεντρικούς σκοπούς των προγραμμάτων σπουδών για τις επιστήμες σχεδόν σε ολόκληρο τον κόσμο (ο άλλος είναι η προετοιμασία ενός αριθμού μαθητών για επιστημονική καριέρα). Όμως, ένα σημαντικό στοιχείο του επιστημονικού εγγραμματισμού είναι η γνώση (σε κάποιο βαθμό) της φύσης της επιστήμης. Για παράδειγμα, οι βασικές δεξιότητες που αξιολογεί το P.I.S.A., για τον επιστημονικό εγγραμματισμό αφορούν: «την εξήγηση των φαινομένων με επιστημονικό τρόπο», «το σχεδιασμό και την αξιολόγηση μιας επιστημονικής αναζήτησης», και «την ερμηνεία εμπειρικών και άλλων δεδομένων με επιστημονικό τρόπο». Οι δεξιότητες αυτές, εκτός από το περιεχόμενο της επιστήμης, απαιτούν και κατανόηση του πώς ανακαλύπτονται-δημιουργούνται και καθιερώνονται οι επιστημονικές γνώσεις, και με ποιους τρόπους αποκτούν την εγκυρότητα και την αξιοπιστία τους (OECD, 2013). Δηλαδή απαιτούν και κάποια γνώση της φύσης της επιστήμης.

- c. Σε τι θα ωφεληθούν οι μαθητές (και μελλοντικοί πολίτες) από τη γνώση της φύσης της επιστήμης; Σε τι θα ωφεληθεί η κοινωνία από τη γνώση αυτή;

Σχεδόν κάθε μέρα διαβάζουμε και ακούμε για διάφορα κοινωνικο-επιστημονικά και τεχνο-επιστημονικά ζητήματα όπως η κλιματική αλλαγή, τα μεταλλαγμένα τρόφιμα κ.λπ. Για να τα κατανοήσει αυτά ο πολίτης, και για να μπορεί να αξιολογεί τις αλληλοσυγκρουόμενες απόψεις που κυκλοφορούν, πράγμα κατ' αρχήν χρήσιμο για τον ίδιο, οφείλει να έχει κάποια γνώση όχι μόνο για το περιεχόμενο, αλλά και για τη φύση της επιστήμης. Οι γνώσεις και οι δεξιότητες αυτές, καθώς και η καλλιέργεια μιας πιο ορθολογικής (επιστημονικής) αντιμετώπισης των προβλημάτων (π.χ. να εξάγει συμπεράσματα βασισμένος σε στοιχεία), θα του επιτρέπουν, επιπλέον, να παίρνει περισσότερο εμπειριστωμένες θέσεις πάνω σε διάφορα ζητήματα, οι οποίες θα εκφραστούν με κάποιο τρόπο και στις πολιτικές αποφάσεις, βελτιώνοντας τη λειτουργία της δημοκρατίας.

### Συμπέρασμα

Στο κείμενο παρουσιάσθηκαν διάφορα χαρακτηριστικά της επιστήμης, όπως π.χ. ότι είναι μια εγγενώς κοινωνική δραστηριότητα, ότι είναι τμήμα της κουλτούρας μιας κοινωνίας, και ότι έχει

δημόσιο χαρακτήρα, καθώς και κάποια χαρακτηριστικά της επιστημονικής γνώσης, όπως ότι προκύπτει από εμπειρικά στοιχεία και ότι έχει προσωρινό χαρακτήρα. Επίσης, καταγράφηκαν πολλές και διαφορετικές μέθοδοι και πρακτικές που χρησιμοποιεί η επιστήμη, όπως η επαγωγική γενίκευση, η πειραματική διερεύνηση των φαινομένων, η κατασκευή και η διαχείριση μοντέλων κ.λπ. Ένα συμπέρασμα που προκύπτει από την περιήγηση αυτή είναι ότι δεν υπάρχει μία και μοναδική επιστημονική μέθοδος – η υποθετικο-παραγωγική – η οποία εφαρμόζεται σε όλες τις περιπτώσεις, αλγοριθμικά, και χωρίς πρωτότυπη σκέψη, αλλά πολλές και διαφορετικές μέθοδοι, χρησιμοποιούμενες ανάλογα με την εξεταζόμενη περίπτωση, και οι οποίες απαιτούν φαντασία και δημιουργική σκέψη.

Τέλος παρουσιάστηκαν μερικές ιδέες γιατί και πώς πρέπει να διδάσκεται η φύση της επιστήμης στα σχολεία και σε τι θα ωφεληθούν οι μαθητές και η κοινωνία από αυτό. Κατ' αρχάς, η φύση της επιστήμης είναι μια βασική συνιστώσα τόσο της διερεύνησης (κυρίαρχης σήμερα πρότασης για τη διδασκαλία της επιστήμης) όσο και του επιστημονικού εγγραμματισμού (κοινού σκοπού των περισσότερων προγραμμάτων σπουδών). Πέρα από αυτό, η έμπρακτη, και όχι ως μεταφορά γνώσης, γνωριμία των μαθητών με τη φύση της επιστήμης, και ιδιαίτερα με τις μεθόδους και τις πρακτικές της, διευκολύνει τους νέους να σκέφτονται ορθολογικά, με θετικές συνέπειες τόσο για την προσωπική τους ανάπτυξη όσο και για τη λειτουργία της δημοκρατίας.

### Βιβλιογραφία

- Alexander, H.G. (1995). *The Leibniz-Clarke Correspondence*. Manchester University Press, Manchester.
- Αραμπατζής, Θ., κ.α. (2000). *Ιστορία των Επιστημών και της Τεχνολογίας*. ΟΕΔΒ, Αθήνα
- Ben-Ari, M. (2015). *Just a Theory: Exploring the Nature of Science*. Prometheus Books, Amherst N.Y.
- Γαβρόγλου, Κ. (2004). *Το Παρελθόν των Επιστημών ως Ιστορία*. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.
- Chalmers, A. (2007). *Τι Είναι αυτό που το λέμε Επιστήμη*; Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο.
- Cromer, A. (1993). *Uncommon Sense: The Heretical Nature of Science*. Oxford University Press, Oxford.
- Halloun, I. (2006). *Modeling Theory in Science Education*. Springer, Dordrecht.
- Κουλαϊδής, Β. κ.α. (2008). *Η Φύση των Επιστημών: Διδακτικές Προσεγγίσεις*. Child Services, Αθήνα.
- Κουμαράς, Π. (2015α). Η Φυσική δεν είναι μόνο Εννοιολογικό Περιεχόμενο, είναι επίσης Μεθοδολογία Λύσης (καθημερινών) Προβλημάτων και Στάση Ζωής. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 6, 19-28.
- Κουμαράς, Π. (2015β). *Μονοπάτια της Σκέψης στον Κόσμο της Φυσικής: για την Ανάπτυξή της, για τη Διδασκαλία της, για τη Μάθησή της*. Gutenberg, Αθήνα, υπό έκδοση.
- Lederman, N., Abd-el-Khalick, F., Bell, R. L. & Schwartz, R. S. (2002). Views of Nature of Science Questionnaire: Towards Valid and Meaningful Assessment of Learners' Conceptions of Nature of Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (6), 497-521.
- Leibniz G.W. (1989). Specimen Dynamicum. Στο L. Loemker (ed.), *Leibniz, Philosophical Paper and Letters*. Kluwer, Dordrecht.



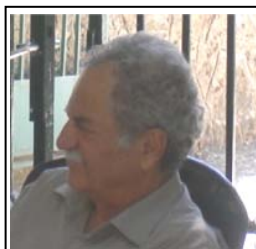
Matthews, M. (2012). Changing the Focus: From Nature of Science (NOS) to Features of Science (FOS). In M. S. Khine, *Advances in Nature of Science Research: Concepts and Methodologies*. Springer, Dordrecht.

McComas, W. (2008a). *Ιδέες-κλειδιά για τη Διδασκαλία της Φύσης της Επιστήμης*. Στο Κουλαϊδής 2008.

McComas, W. (2008b). *Τα κυριώτερα Στοιχεία της Φύσης της Επιστήμης: Καταρρίπτοντας Μύθους*. Στο Κουλαϊδής 2008.

OECD, (2013). *PISA 2015: Draft Science Framework*. Διαθέσιμο στη διεύθυνση <http://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/pisa2015draftframeworks.htm>.

Westfall, R. (1983). *Never at Rest: a Biography of Isaac Newton*. Cambridge University Press, Cambridge.



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.