

Επιστημολογική συγκρότηση της επιστημονικής γνώσης στη διδακτική των Φυσικών Επιστημών¹

Νίκος Σ. Αρβανίτης

Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι διακριτές επιστημολογικές εικόνες που υπό μορφή Παραδειγμάτων αποτυπώνουν τη φύση της επιστημονικής γνώσης. Επί αυτών κρίνεται το περιεχόμενο ενός δημοσιογραφικού άρθρου ως προς την εγγύτητά του σε μια από αυτές. Ακολούθως επιχειρείται μια πρόταση διδακτικής αξιοποίησης παρεμφερών άρθρων ως διδακτικού υλικού, σε μια διαδικασία που αξιοποιεί ιδέες και εμπειρίες των μαθητών εντός ενός σύγχρονου μαθησιακού περιβάλλοντος που αναδεικνύει τους ρόλους και τις πολλαπλές αλληλεπιδράσεις όλων των εμπλεκόμενων (μαθητών, εκπαιδευτικού, διδακτικού υλικού και εργαλείων).

Εισαγωγή

Μεταξύ των στοιχείων που συγκροτούν το αντικείμενο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών (Δ.Φ.Ε.) είναι: α) η στοχοθεσία και β) το περιεχόμενο (Κουλαϊδής, 2001α). Στη στοχοθεσία του μαθήματος, όπως καταγράφεται στο Αναλυτικό Πρόγραμμα (Α.Π.), επισημαίνονται μεταξύ άλλων ως στόχοι η επαφή του μαθητή με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης, η αξιοποίηση πληροφοριών από διάφορες πηγές και η απόκτηση βασικών γνώσεων, ώστε να αποκτήσει τη δυνατότητα αξιολόγησης των επιστημονικών και τεχνολογικών εφαρμογών (Υπουργείο Εθνικής Παιδείας & Θρησκευμάτων, 2003). Από τα αναφερόμενα λοιπόν στο Α.Π., και συνυπολογίζοντας τη σύγχρονη προσέγγιση της ανάλυσης και διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών (Φ.Ε.) υπό το πρίσμα της μελέτης των σχέσεων μεταξύ Επιστήμης, Τεχνολογίας και Κοινωνίας (Solomon, 2001), μπορούμε να συνάγουμε και να αποδεχτούμε ως συμπέρασμα πως η επαφή του μαθητή με τις τρέχουσες εξελίξεις της τεχνο-επιστήμης, όπως αυτές κοινοποιούνται μέσα από τα Μέσα Μαζικής Ενημέρωσης (Μ.Μ.Ε.), μπορεί να αποτελέσει βασικό στόχο της μάθησης, κάτι που άλλωστε συνιστά μια σημα-

¹ Το παρόν κείμενο αποτελεί σχεδιάσμα (draft only) σειράς εργασιών που εκπονήθηκαν στο πλαίσιο μεταπτυχιακών σπουδών στο ΕΑΠ για την ενότητα ΕΚΠ63.

ντική διάσταση του επιστημονικού αλφαριθμητισμού.² Η συνάρθρωση λοιπόν διδακτικών στόχων και περιεχομένου στο πλαίσιο του επιστημονικού αλφαριθμητισμού είναι επίκαιρη και αναγκαία στο σχολείο της κοινωνίας της πληροφορίας, όπου «οι εκφράσεις της εκπαιδευτικής διαδικασίας φαίνεται να ακολουθούν τις επιστημονικές και κοινωνικές εξελίξεις μ' έναν πολύ αργό ρυθμό» (Σιάχος & Σπηλιωτοπούλου, 2002, σ. 338).

Παράλληλα με αυτά, στους βασικούς σκοπούς του μαθήματος συγκαταλέγεται η «απόκτηση γνώσεων σχετικών με θεωρίες, νόμους και αρχές που αφορούν τη Φυσική επιστήμη» καθώς και η διαρκής επαφή του μαθητή «με τον επιστημονικό τρόπο σκέψης και την επιστημονική μεθοδολογία» (Υπουργείο Εθνικής Παιδείας & Θρησκευμάτων, 2003, σ. 529). Προκύπτει λοιπόν εδώ ως βασική μαθησιακή επιδίωξη η εξοικείωση με τη φύση της επιστήμης και τον τρόπο παραγωγής, δόμησης, αξιολόγησης, τεκμηρίωσης και εγκυροποίησης της επιστημονικής γλώσσας, δηλαδή η καλλιέργεια της επιστημολογικής επάρκειας, μολονότι αυτό δεν προσδιορίζεται επακριβώς ως στόχος στο Α.Π. και συνιστά ένα παράδοξο στο χώρο της Δ.Φ.Ε που αποκτά ιδιαίτερη σημασία στο πλαίσιο προσπαθειών «να προσδοθεί μια αυθεντική διάσταση στη σχολική επιστήμη» (Κωνσταντίνου & Παπαδούρης, 2008, σ. 39).

Στο σημείο αυτό συναρθρώνονται οι δύο επισημάνσεις στις οποίες προβήκαμε παραπάνω και συνθέτουν το σκοπό και το περιεχόμενο της εργασίας αυτής. Αναγνωρίζοντας καταρχήν τη σημασία γνώσης και κατανόησης του τρόπου συγκρότησης της επιστημονικής γνώσης, που οδηγεί σε διακριτές επιστημολογικές εικόνες ή *Παραδείγματα* κατά τον Kuhn (Κόκκοτας, 2001· Κουλαϊδής, 2001β), στο πρώτο κεφάλαιο της εργασίας μας θα επιχειρήσουμε την οριοθέτηση του περιεχομένου ενός δημοσιογραφικού άρθρου, ανάλογα με τον αν προωθείται σε αυτό μια από τις κυρίαρχες επιστημολογικές εικόνες σχετικά με τις Φ.Ε.. Ακολούθως, στο δεύτερο κεφάλαιο της εργασίας, θα παρουσιάσουμε μια διδακτική πρόταση που θα αξιοποιεί το εν λόγω άρθρο καθώς και άλλα δυο παρόμοια κείμενα, στη βάση μιας διερευνητικής μεθόδου διδα-

² Λόγω των πολλαπλών εννοιολογήσεων (Laugksch, 2000) στην εργασία αυτή υιοθετούμε ως όρο τον επιστημονικό αλφαριθμητισμό (scientific literacy) με την έννοια που αποδίδει σε αυτόν η Εθνική Ακαδημία Επιστημών (NAS) των ΗΠΑ και αφορά «τη γνώση και την κατανόηση των επιστημονικών εννοιών και διαδικασιών που απαιτούνται για την προσωπική λήψη αποφάσεων, τη συμμετοχή στις πολιτικές και πολιτιστικές υποθέσεις και την οικονομική παραγωγικότητα» (National Academy of Sciences, 1996, σ. 22). Κατ' ουσίαν το ίδιο περιεχόμενο (π.χ. η απόκτηση γνώσεων ώστε ο μαθητής ως πολίτης να τοποθετείται κριτικά απέναντι στις επιστημονικές και τεχνολογικές εφαρμογές) περιλαμβάνεται και στους ειδικούς σκοπούς του Α.Π. του μαθήματος της φυσικής, χωρίς ωστόσο να προσδιορίζεται ως όρος.

σκαλίας που θα περιλαμβάνει δραστηριότητες και ρόλους των συμμετεχόντων (εκπαιδευτικού και μαθητών), ορισμένες από αυτές υπό το πρίσμα σχετικών ερωτημάτων που αφορούν τη στάση του εκπαιδευτικού κατά τη διδασκαλία των Φ.Ε. (Solomon, 2001, σ. 377).

1 Η επιστημολογία των Φυσικών Επιστημών

1.1 Επιστημολογικές «εικόνες»

Η επιστημολογία, ως *λόγος περί Επιστήμης*, δε συνιστά ειδική επιστήμη, για αυτό και είναι αποδεκτή η ύπαρξη πολλών και ενίοτε αντιμαχόμενων επιστημολογικών ρευμάτων (Μπιτσάκης, 1987), που υπό μορφή *εικόνων* ή *Παραδειγμάτων* επιδιώκουν να αποτυπώσουν τη φύση της επιστημονικής γνώσης και τους τρόπους παραγωγής της. Στο χώρο των Φ.Ε. καταγράφεται ποικιλία επιστημολογικών θέσεων στη βάση κριτηρίων όπως είναι ο τρόπος επιστημονικού συμπερασμού, τα κριτήρια διακρισιμότητας, η αλλαγή της επιστημονικής γνώσης και η σχέση θεωρίας – παρατήρησης (Κόκκοτας, 2001). Με βάση τα κριτήρια αυτά αναδεικνύονται τέσσερις θεμελιώδεις επιστημολογικές εικόνες (επιστημολογικά ρεύματα ή Παραδείγματα), τα χαρακτηριστικά των οποίων προσδιορίζονται αδρομερώς ως εξής:

1.1.1 Εμπειρικο-επαγωγική εικόνα

Σύμφωνα με την εικόνα αυτή ο τρόπος επιστημονικού συμπερασμού βασίζεται στο επαγωγικό λογικό σχήμα, δηλαδή σε μια συλλογιστική πορεία από το ειδικό (παρατήρηση, δεδομένα πειράματος) προς το γενικό (γενίκευση και διατύπωση θεωρίας). Βασικές αρχές του επαγωγισμού είναι:

- Η συσσώρευση δεδομένων- γεγονότων
- Η αρχή της επαγωγής που οδηγεί στη διατύπωση επιστημονικών νόμων
- Η επιβεβαίωση που προκύπτει από την ευρύτητα των παρατηρούμενων περιπτώσεων.

Η διαδικασία αλλαγής της επιστημονικής γνώσης είναι εξελικτική, στηρίζεται στη συσσώρευση και καλύπτει την άγνοια ή την απουσία γνώσης. Τέλος, υπάρχει απόλυτη διάκριση παρατήρησης και θεωρίας, με την τελευταία να αποτελεί γενικεύσεις που βασίζονται στα γεγονότα (παρατηρήσεις).

1.1.2 Υποθετικο-παραγωγική εικόνα

Ο τρόπος επιστημονικού συμπερασμού ακολουθεί παραγωγική συλλογιστική πορεία, εκκινώντας από τη διατύπωση θεωρητικών προτάσεων (υποθέσεων), η ορθότητα των οποίων ελέγχεται στη βάση της διαψευσιμότητας και όχι της επαλήθευσης. Κριτήριο διακρισιμότητας είναι η αποδοχή υποθέσεων που υπακούν αποκλειστικά στο παραγωγικό νοητικό σχήμα. Η επιστημονική ανάπτυξη θεμελιώνεται στη διαδοχή θεωριών που τροποποιούν προηγούμενες θεωρίες. Τέλος, υπάρχει διάκριση μεταξύ παρατηρησιακών και θεωρητικών όρων, με την επισήμανση πως η παρατήρηση είναι θεωρητικά φορτισμένη, προϋποθέτει δηλαδή μια θεωρητική υπόθεση.

1.1.3 Συμφραστική εικόνα

Η συμφραστική εικόνα της επιστήμης αναγνωρίζει τις ιστορικές και κοινωνικές διαστάσεις της επιστημολογικής γνώσης. Με αφετηρία το ιστορικο-κοινωνικό πλαίσιο, η επιστημονική γνώση εξελίσσεται μέσω μιας διαδικασίας περισσότερο ή λιγότερο βίαιων ανατροπών, που συνιστούν τη μετατόπιση μεταξύ *Παραδειγμάτων*, δηλαδή πεποιθήσεων και αναγνωρισμένων αξιών και τεχνικών που ασπάζονται τα μέλη μιας δεδομένης επιστημονικής κοινότητας. Η συναίνεση αυτή συνιστά τον τρόπο επιστημονικού συμπερασμού του Παραδείγματος και εξασφαλίζει το κύρος της επιστημονικής γνώσης. Σκοπός αυτής της διαδικασίας είναι η προσέγγιση της αλήθειας και η ανάπτυξη καλύτερων θεωριών, ικανών να χειριστούν νέου τύπου προβλήματα, εξ ου και η *ασυμμετρία* των επιστημολογικών παραδειγμάτων.

1.1.4 Σχετικιστική εικόνα

Απορρίπτοντας ή υπονομεύοντας τις μεθοδολογικές συζητήσεις και τους καθολικούς και μη ιστορικούς κανόνες, το επιστημολογικό αυτό παράδειγμα καταλήγει στην άρνηση της ίδιας της επιστημονικής μεθόδου. Ο τρόπος επιστημονικού συμπερασμού στηρίζεται σε ένα αντιεπαγωγικό σχήμα που οδηγεί στον πολλαπλασιασμό των θεωριών που αντίκεινται στις ισχύουσες θεωρίες. Η διακρισιμότητα της επιστημονικής γνώσης είναι αδύνατη και άχρηστη, καθώς αυτή θεωρείται όμοια με τις άλλες μορφές γνώσης, ενώ η αλλαγή της είναι το αποτέλεσμα τυχαίων ενεργειών. Καθώς οι θεωρίες πολλαπλασιάζονται, οι παρατηρησιακές προτάσεις απομονώνονται από τις παλιές θεωρίες και αναπτύσσεται νέα παρατηρησιακή γλώσσα, ομολογη των νέων θεωρητικών ιδεών.

1.2 Επιστημολογική οριοθέτηση κειμένου

Στο κείμενο αυτό (Πρατικάκης, 2015) υπάρχουν πολλές περιπτώσεις που είναι σαφής η εφαρμογή του επαγωγικού λογικού σχήματος. Εξετάζοντάς το ως προς τις αρχές του επαγωγισμού (Κουλαϊδής, 2001γ), διαπιστώνουμε τα ακόλουθα:

- i. *Εξασφαλίζεται η αρχή της συσσώρευσης*: Υπάρχουν δεδομένα παρατηρήσεων, πιστοποιημένα λόγω του κύρους του φορέα που τα συλλέγει, όπως η Μετεωρολογική Υπηρεσία της Βρετανίας και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Μετεωρολογίας. Το εύρος συλλογής των δεδομένων (1850 και εντεύθεν) υποδηλοί έναν μεγάλο αριθμό αυτών, μολονότι αυτός δεν δηλώνεται επακριβώς. Συσσώρευση δεδομένων έχουμε και στην περίπτωση της μέτρησης της μέσης θερμοκρασίας του 2015 και των τιμών του CO₂. Το ίδιο συμβαίνει και με τις τιμές των άλλων αερίων του θερμοκηπίου (μεθανίου και πρωτοξειδίου του αζώτου), παρότι για αυτά δεν αναφέρονται τιμές, ωστόσο η συσσώρευση καταγράφεται στον άξονα του χρόνου (*Κάθε χρόνο καταρρίπτουμε και ένα νέο ρεκόρ...*).
- ii. *Εξασφαλίζεται η αρχή της επαγωγής*: Η συσσώρευση πολλών δεδομένων, τόσο ως προς το είδος και τη χρονική διάρκεια και την ποικιλία συνθηκών των παρατηρήσεων, οδηγεί σε μια μορφή συμπερασματολογίας που καταλήγει σε γενικεύσεις, δηλαδή προβλέψεις για το μέλλον όπως οι ακόλουθες:
 - a. *[...] προειδοποιεί τώρα ότι το 2015 θα είναι η πρώτη χρονιά*
 - b. *Όλα δείχνουν ότι εντός του 2016 το CO₂ θα φτάσει τα 400 ppm και θα παραμείνει σε πολύ υψηλές τιμές...*
 - c. *Σύντομα θα ζούμε σε παγκόσμια επίπεδα άνω των 400 ppm...*
 - d. *Αυτό σημαίνει υψηλότερες παγκόσμιες θερμοκρασίες, περισσότερα ακραία καιρικά φαινόμενα ...*
 - e. *[...] οι υδρατμοί θα αυξάνουν τη θερμοκρασία τρεις φορές ταχύτερα ...*
 - f. *[...] η θερμοκρασία εκτιμάται ότι θα ανέβει έως το τέλος του αιώνα περίπου 2,7 βαθμούς ...*
- iii. *Η αρχή της επιβεβαίωσης εξασφαλίζεται από τον αριθμό των παρατηρήσεων και των αναφερόμενων δεδομένων, τη σχετικότητα αυτών με το υπό έρευνα φαινόμενο, το μεγάλο χρονικό εύρος συλλογής τους όπως και την επαλήθευση κατά το παρελθόν των θεωριών που διατυπώνονται (Είχαμε παρόμοια φυσικά φαινόμενα και στο παρελθόν...).*

- iv. Το *πρότυπο αλλαγής της επιστημονικής θεωρίας* βασίζεται στη συσσώρευση των παρατηρούμενων γεγονότων. Η νέα θεωρία προεκτείνει την προϋπάρχουσα γνώση και αντλεί εγκυρότητα από την ευρύτητα εφαρμογής του μεθοδολογικού σχήματος (μετρήσεις θερμοκρασίας, τιμές αερίων θερμοκηπίου, αύξηση υδρατμών, παρατηρούμενα κλιματικά φαινόμενα). Η εξελικτική διαδικασία αλλαγής της επιστημονικής γνώσης οδηγεί σε μεγαλύτερη προσέγγιση της αλήθειας (*Όλα δείχνουν ότι εντός του 2016 το CO₂...*), περιορίζοντας την πιθανολογία (*[...] η θερμοκρασία εκτιμάται ότι θα ανέβει ...η φετινή χρονιά πιθανότατα θα αποδειχθεί ...*). Η τελευταία επισήμανση δεν αναιρεί την εγκυρότητα της θεωρίας, αλλά επιτρέπει την ανάπτυξη μιας άλλης *σύμμετρης* γνώσης που εξελικτικά θα αποτελέσει τη φυσική εξέλιξη της παρούσας, στην περίπτωση που αυτές οι πιθανολογικές προβλέψεις δεν επιβεβαιωθούν.
- v. Η *διάκριση παρατήρησης και θεωρίας* είναι σαφής: Τα δεδομένα των παρατηρήσεων έχουν προηγηθεί και εκτείνονται στο χρόνο (*[...] θερμότερη σε σχέση με τα μέσα του 18ου αιώνα [...] βάση αναφοράς τη μέση θερμοκρασία για το διάστημα 1850 – 1900...*), ενώ η θεωρία ως γενίκευση συνάγεται εκ των υστέρων με βάση αυτά.

2 Διδακτική πρόταση

Η οικοδόμηση νοήματος στις Φ.Ε. απαιτεί το συντονισμό μιας σειράς παραγόντων όπως οι εμπειρίες και οι ιδέες των μαθητών, οι δεξιότητες συλλογισμού και επιστημονικής σκέψης, η πολυπλοκότητα των σύγχρονων μαθησιακών περιβαλλόντων και οι πολλαπλές αλληλεπιδράσεις εντός αυτών, μεταξύ μαθητών, εκπαιδευτικού, διδακτικού υλικού και εργαλείων, κ.λπ. (Παπαδούρης & Κωνσταντίνου, 2002). Ως εκ τούτου, και υιοθετώντας ένα διδακτικό μοντέλο εποικοδομητικής προσέγγισης (Κόκκοτας, 2001) θα προσεγγίσουμε ως θέμα διδασκαλίας τις κλιματικές αλλαγές που σχετίζονται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου, αξιοποιώντας το σχολικό εγχειρίδιο της Βιολογίας Γ Γυμνασίου (Μαυρικάκη, Γκούβρα, & Καμπούρη, 2006) καθώς και το περιεχόμενο τριών σχετικών άρθρων (Δασκαλοπούλου, 2015 · Εφημερίδα των Συντακτών, 2015 · Πρατικάκης, 2015), σε μια προσπάθεια εισαγωγής στο μάθημα σύγχρονων τεχνικο-επιστημονικών θεμάτων με κοινωνικές επιπτώσεις.

2.1 Σύνοψη της διδακτικής πρότασης

Η διδακτική πρόταση έχει τη μορφή διδακτικού σεναρίου που ενσωματώνει στοχοθεσία, διδακτικό υλικό και εργαλεία, μεθοδολογικό σχεδιασμό καθώς και τρόπο οργάνωσης του μαθησιακού περιβάλλοντος και πρόβλεψης των αναμενόμενων ρόλων των εμπλεκόμενων σε αυτό. Τα στοιχεία αυτά είναι τα ακόλουθα:

- i. *Διδακτικό αντικείμενο*: Βιολογία Γ Γυμνασίου, Ενότητα 2.4 «Παρεμβάσεις του ανθρώπου στο περιβάλλον», Υποενότητα «Το φαινόμενο του θερμοκηπίου».
- ii. *Χρόνος υλοποίησης του σεναρίου*: 2 διδακτικές ώρες (συνεχόμενο δίωρο).
- iii. *Χώρος*: Αίθουσα διδασκαλίας με διαδραστικό πίνακα ή με βιντεοπροβολέα και ηλεκτρονικό υπολογιστή (H/Y).
- iv. *Διδακτικό υλικό*: Το σχολικό εγχειρίδιο και τα άρθρα.
- v. *Διδακτικά εργαλεία*: H/Y με εγκατεστημένο το λογισμικό προσομοιώσεων Phet³ και την ειδική προσομοίωση «Το Φαινόμενο του Θερμοκηπίου» με εξελληνισμένο περιβάλλον διεπαφής. Η αξιοποίηση του λογισμικού δεν έχει ειδικές απαιτήσεις πλέον της στοιχειώδους γνώσης χειρισμού H/Y.
- vi. *Οργάνωση τάξης*: Οι μαθητές κατανέμονται σε 6 ομάδες, ώστε κάθε άρθρο να αποτελέσει αντικείμενο επεξεργασίας από δύο ομάδες ταυτόχρονα. Η οργάνωση του μαθήματος θα είναι συνδυασμός διδασκαλίας στο σύνολο της τάξης και εργασίας σε ομάδες.

2.2 Διδακτική διαδικασία

Για τη διδασκαλία επιλέγουμε το διδακτικό μοντέλο της εποικοδομητικής προσέγγισης που περιλαμβάνει τις ακόλουθες φάσεις (Κόκκοτας, 2001):

2.2.1 Φάση προσανατολισμού

Ο εκπαιδευτικός αναφέρει στους μαθητές το θέμα της διδασκαλίας, τη στοχοθεσία αυτής καθώς και τη διαδικασία που θα ακολουθηθεί, ώστε οι μαθητές να είναι ενήμεροι και να επικεντρωθούν αποτελεσματικότερα στις δραστηριότητες που οι ίδιοι θα εκτελέσουν. Οι διδακτικοί στόχοι προβάλλονται στον πίνακα.

³ <https://phet.colorado.edu/el/simulation/greenhouse> Το λογισμικό διατίθεται δωρεάν και διαθέτει εγχειρίδιο εκπαιδευτικού.

2.2.2 Φάση ανάδειξης ιδεών των μαθητών

Οι σύγχρονες τάσεις στη διδασκαλία των Φ.Ε. αναδεικνύουν τη σημασία των ιδεών των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία (Κόκκοτας, 2001 · Κουλαϊδής & Χατζηνικήτα, 2001). Πριν λοιπόν προχωρήσει ο εκπαιδευτικός στην ανάδειξη των ιδεών αυτών είναι απαραίτητο να τις γνωρίζει ο ίδιος,⁴ ώστε μετά να επιλέξει τη στρατηγική αντιμετώπισής τους. Ερευνώντας λοιπόν το θέμα των αντιλήψεων των μαθητών για το φαινόμενο του θερμοκηπίου διαπιστώνουμε ότι μεταξύ άλλων παρατηρούνται τα ακόλουθα (Boyes & Stanisstreet, 1993 · Koulaidis & Christidou, 1999 · Rye, Rubba, & Wiesenmayer, 1997 · Χρηστίδου, 2001):⁵

- Οι μαθητές συνδέουν την αυξημένη εκπομπή CO₂, CH₄ & NO_x με την ενίσχυση του φαινομένου.
- Οι μαθητές τείνουν να οριοθετούν τα αέρια του θερμοκηπίου σε διακριτές λεπτές στιβάδες, αγνοώντας την ενιαία διάχυσή τους στην ομογενοποιημένη ατμόσφαιρα.
- Υπάρχει σύγχυση ως προς το μηχανισμό του φαινομένου και των διαφορετικών ειδών της ηλιακής ακτινοβολίας.
- Θεωρούν ως κύρια επίπτωση την άνοδο της θερμοκρασίας η οποία συνδέεται με την κλιματική αλλαγή και αλλαγές στη βιοποικιλότητα, τις καλλιέργειες και στις ανθρωπονόσους.

Οι ιδέες εντοπίζονται λοιπόν στο επίπεδο των αιτίων, του μηχανισμού και των συνεπειών του φαινομένου, τα οποία προσδιορίζονται κατεξοχήν σε σχέση με ανθρωπογενείς δραστηριότητες, ενώ δεν αναφέρεται η λειτουργία του φαινομένου ως φυσιολογικού χαρακτηριστικού της γήινης ατμόσφαιρας. Για την ανάδειξη των ιδεών ο εκπαιδευτικός αξιοποιεί την τεχνική του *καταιγισμού ιδεών* (Βασάλα & Φλογαίτη, 2002). Η τεχνική εφαρμόζεται στην ομάδα της σχολικής τάξης με συντονιστή τον εκπαιδευτικό και προσδοκάται μέσω αυτής η συνειρμική ανάκληση των προϋπαρχουσών αντιλήψεων των μαθητών και η αυθόρμητη έκφρασή τους. Αφού καταγραφούν

⁴ Και βέβαια πρέπει να είναι απαλλαγμένος από τις δικές του παρανοήσεις, καθώς σχετικές έρευνες δείχνουν μεγάλο μέρος των παρανοήσεων των μαθητών να απαντάται και στους ίδιους τους εκπαιδευτικούς (Ikonomidis, Papanastasiou, Melas, & Avgoloupi, 2012 · Papadimitriou, 2004 · Δημητρίου, 2003).

⁵ Εδώ επισημαίνουμε μόνο τις ιδέες των οποίων η αναδόμηση μπορεί να υποστηριχτεί από το επιλεγόμενο διδακτικό υλικό. Προφανώς το εύρος των ιδεών είναι πολύ ευρύτερο (π.χ. σύγχυση με την τρύπα του όζοντος, συσχέτιση με την απόρριψη απορριμμάτων κ.λπ.). Άλλωστε μια διδασκαλία αντιμετωπίζει τους περιορισμούς των στόχων που μπορεί να θέσει καθώς και του διαθέσιμου χρόνου, που στην πρόταση αυτή είναι ένα διδακτικό δίωρο.

οι ιδέες στον πίνακα, ο εκπαιδευτικός ζητά από τους μαθητές να προτείνουν κριτήρια ομαδοποίησης, ώστε να επιτευχθεί η διερεύνηση των ποικίλων διαστάσεων του φαινομένου και να σχηματοποιηθεί η διερεύνηση που θα ακολουθήσει στο επίπεδο των *αιτιών*, του *μηχανισμού* και των *συνεπειών*. Οι ιδέες των μαθητών ταξινομούνται σε ένα σχήμα υπό μορφή εννοιολογικού χάρτη ή πίνακα, το οποίο παραμένει διαθέσιμο για τη σύγκρισή του με το σχήμα που θα δομηθεί μετά την επεξεργασία του υλικού και τη συζήτηση στην τάξη.

Οι δραστηριότητες που θα ακολουθήσουν προϋποθέτουν τον εννοιολογικό ορισμό του φαινομένου, η λειτουργία του οποίου παραλληλίζεται με αυτήν ενός πραγματικού θερμοκηπίου, το σχήμα του οποίου υπάρχει δίπλα στην αναφορά του σχολικού βιβλίου. Για το σκοπό αυτό μπορεί να αξιοποιηθεί η πειραματική διάταξη που περιγράφεται στο Παράρτημα (Βουδρισλής & Λαμπρινός, 2007), με στόχο τη διατύπωση υποθέσεων, τον έλεγχό τους και τη διατύπωση συμπεράσματος. Η πειραματική δραστηριότητα αναμένεται να προσελκύσει το ενδιαφέρον των μαθητών (Σκουμιός, 2013), ενώ προτάσσει εμφανώς τη σημασία της διαδικασίας και του ελέγχου έναντι της εκ των προτέρων διατύπωσης θεωρίας εκ μέρους του εκπαιδευτικού (Κανδεράκης, 2013).

2.2.3 Φάση αναδόμησης των ιδεών των μαθητών

Οι μαθητές, εργαζόμενοι σε ομάδες, ενθαρρύνονται να ελέγξουν τις ιδέες τους με σκοπό να τις επεκτείνουν, να τις αντικαταστήσουν ή να αναπτύξουν άλλες στην περίπτωση που δεν έχουν άποψη (Κόκκοτας, 2001). Ο εκπαιδευτικός δίνει στις ομάδες Φύλλο Εργασίας (Φ.Ε.) στο οποίο ζητά την κατάταξη των πληροφοριών που αντλούν από το άρθρο,⁶ παράλληλα με το περιεχόμενο του σχολικού εγχειριδίου, επί του άξονα σχηματοποίησης *αίτια-μηχανισμός- συνέπειες*.

Αφού παρέλθει ο χρόνος που βάσει σχεδιασμού έχει δοθεί στις ομάδες για τη διερεύνηση του υλικού, οι ομάδες που έχουν το ίδιο άρθρο συνενώνονται σε μια μεγαλύτερη ομάδα, όπου αντιπαραβάλλουν το περιεχόμενο επί του άξονα σχηματοποίησης. Κατά τη διαδικασία αυτή οι μαθητές των δυο ομάδων αναγκάζονται να επιχειρηματολογήσουν, στην προσπάθεια δόμησης συναίνεσης για τα θέματα στα οποία διαφωνούν, ώστε να καταλήξουν σε κοινά αποδεκτές ερμηνείες.

⁶ Οι ομάδες των μαθητών είναι έξι (π.χ. Α, Β, ... ΣΤ) και οι πηγές (άρθρα) που θα αξιοποιηθούν είναι τρεις (πηγή Ι, ΙΙ & ΙΙΙ). Το ίδιο άρθρο δίνεται σε δύο ομάδες (π.χ. πηγή Ι στις ομάδες Α & Β, πηγή ΙΙ στις ομάδες Γ & Δ κ.λπ.) να το επεξεργαστούν ταυτόχρονα.

Η φάση αυτή λοιπόν περιλαμβάνει δραστηριότητες καθοδηγούμενης συνεργατικής διερεύνησης, με τον εκπαιδευτικό να διέρχεται από τις ομάδες των μαθητών, να θέτει ερωτήσεις και να διευκολύνει, αν απαιτείται, το διαλεκτικό χαρακτήρα, την ομαλή διεξαγωγή και την εμπάθυνση των συζητήσεων.

2.2.4 Φάση εφαρμογής

Οι 3 ομάδες που έχουν σχηματιστεί από τη συνένωση των μικρότερων ομάδων παρουσιάζουν στην ολομέλεια της τάξης τα συμπεράσματά τους. Ακολουθεί συζήτηση υπό το συντονισμό του εκπαιδευτικού προκειμένου να επιτευχθεί συναίνεση των ομάδων σε θέματα που τυχόν διαφωνούν, ώστε να οδηγηθούν σε κοινά αποδεκτές ερμηνείες. Στη συνέχεια οι μαθητές προχωρούν στην εκτέλεση του εικονικού πειράματος με την προσομοίωση του λογισμικού Phet. Καθοδηγούμενοι από οδηγίες που υπάρχουν σε σχετικό Φ.Ε., πειραματίζονται τροποποιώντας παραμέτρους της προσομοίωσης που ελέγχουν το είδος της ακτινοβολίας (π.χ. ορατά και υπέρυθρα φωτόνια), το πάχος των στρωμάτων γυαλιού, τη συγκέντρωση των αερίων και παρατηρούν τις μεταβολές στη θερμοκρασία. Κάθε φορά διατυπώνουν υποθέσεις τις οποίες ελέγχουν με βάση τις τιμές που δίνει η προσομοίωση. Συγκρίνουν τα αποτελέσματα της προσομοίωσης με τα δεδομένα της παρατήρησης της πειραματικής διάταξης

2.2.5 Φάση ανασκόπησης

Με βάση της πληροφορίες που συνέλεξαν και τις διεργασίες που προηγήθηκαν, οι μαθητές καλούνται να συγκρίνουν τις νέες απόψεις με αυτές που είχαν στην αρχή του μαθήματος. Ο εκπαιδευτικός κατευθύνει αυτή τη διαδικασία με ερωτήσεις της μορφής: «Τι υποστηρίζατε στην αρχή του μαθήματος; Τι πιστεύετε τώρα; Τι σας έκανε να αλλάξετε άποψη;» (Κόκκοτας, 2001, σ. 303). Οι μαθητές υποβοηθούνται από το σχήμα καταγραφής των αρχικών ιδεών το οποίο παραμένει στον πίνακα ως πεδίο σύγκρισης με τις τωρινές τους απόψεις. Με βάση τα συμπεράσματα που εξήχθησαν αναδομείται το αρχικό σχήμα καταγραφής.

2.3 Ερωτήματα ως προς τη στάση του εκπαιδευτικού

Θεωρούμε πως το συγκεκριμένο θέμα είναι εύκολα διαχειρίσιμο σε σχέση με τα ερωτήματα που τίθενται για τη στάση του εκπαιδευτικού (Solomon, 2001, σ. 377). Από τη στιγμή που ο εκπαιδευτικός έχει ελέγξει ο ίδιος τις παρανοήσεις του (Ikonomidis, Papanastasiou, Melas, & Avgoloupis, 2012 · Δημητρίου, 2003 · Papadimitriou, 2004) το θέμα δεν εμφανίζει εν πρώτοις αμφιλεγόμενες διαστάσεις, άρα δεν προκύπτει άμε-

σα η ανάγκη να συνεισφέρει προς τη μια ή την άλλη πλευρά των επιχειρημάτων. Το συγκεκριμένο υλικό που αξιοποιείται στη διδασκαλία δεν θέτει επίσης τέτοια διλήμματα. Από τη στιγμή που ο ρόλος του εκπαιδευτικού περιορίζεται στην καθοδήγηση των μαθητών να αναδείξουν και να ελέγξουν τις δικές τους ιδέες, μειώνεται ο κίνδυνος επιβολής των απόψεών του επί αυτών. Βέβαια αυτό έμμεσα μπορεί να γίνει μέσω της επιλογής διαφορετικού υλικού προς επεξεργασία, στο οποίο να προβάλλονται διαφορετικές ερμηνείες επί του θέματος.

Η διερεύνηση της κοινωνικής διάστασης των συνεπειών του φαινομένου συμβάλλει εμφανώς στη δημοκρατική αγωγή των μαθητών. Εντοπίζοντας ωστόσο τις επιπτώσεις του φαινομένου σε τοπικό επίπεδο μπορεί να αναδειχθούν αντικρουόμενες τάσεις. Σε μια τέτοια περίπτωση ο εκπαιδευτικός περιορίζει το ρόλο του στην ανάδειξη των τάσεων αυτών, εφόσον αυτές προκύψουν ως ιδέες ή απόψεις από τους ίδιους τους μαθητές. Αποδεχόμενος τη θέση πως η αντίληψη για την αλήθεια και τη γνώση συνιστά κοινωνική κατασκευή, οφείλει να καθοδηγήσει τους μαθητές του στην ανάδειξη των διαφορετικών ιδεών- απόψεων, χωρίς κατ' ανάγκη να απαιτήσει να οδηγηθούν σε διαδικασίες σύνθεσης του νοήματος και χωρίς βέβαια να συνεισφέρει σε οποιαδήποτε πλευρά του επιχειρήματος.

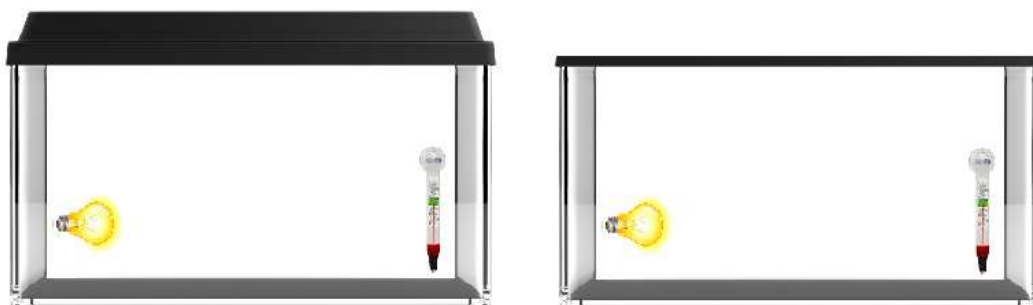
3 Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή αρχικά παρουσιάσαμε σύντομα τις διακριτές επιστημολογικές εικόνες για τον τρόπο συγκρότησης της επιστημονικής γνώσης. Με βάση αυτές αναλύσαμε το περιεχόμενο ενός άρθρου και καταλήξαμε πως σε αυτό εξασφαλίζονται με σαφήνεια και επάρκεια οι αρχές του εμπειρικο-επαγωγικού παραδείγματος. Εκκινώντας από τα δεδομένα παρατηρήσεων σε διαφορετικά περιβάλλοντα προκύπτουν γενικεύσεις που δομούν επαρκώς τη θεωρία. Η φύση του κειμένου άλλωστε, δημοσιογραφικό άρθρο και όχι επιστημονικό κείμενο ή απόσπασμα σχολικού εγχειριδίου, καθιστά επαρκώς τεκμηριωμένη τόσο τη συλλογιστική πορεία όσο και την έκταση και το είδος των αξιοποιούμενων δεδομένων. Στη συνέχεια προτείναμε έναν τρόπο διδακτικής αξιοποίησης παρεμφερούς υλικού (δημοσιογραφικών άρθρων). Επιλέξαμε μια εποικοδομητική προσέγγιση μέσω μιας σειράς φάσεων της διδασκαλίας, σε μια διδακτική πρόταση που αναδείκνυε τους ρόλους των συμμετεχόντων και λειτουργούσε «μαζί» και «ενάντια» στις αντιλήψεις των μαθητών (Κουλαϊδής & Χατζηνικήτα, 2001). Τέλος, τοποθετηθήκαμε αδρομερώς σε ερωτήματα που αφορούν τη στάση του

εκπαιδευτικού απέναντι σε θέματα που αναδεικνύουν την κοινωνική διάσταση των θεμάτων της διδασκαλίας των Φ.Ε.

Παράρτημα

Η πειραματική διάταξη αποτελείται από την ύπαρξη 2 ενυδρείων (βλ. εικόνα 1) ίδιων διαστάσεων, στο καθένα από τα οποία έχει τοποθετηθεί λαμπτήρας πυράκτωσης ίδιας ισχύος καθώς και θερμομέτρο που επιτρέπει την ανάγνωση της ένδειξης από την εξωτερική πλευρά του ενυδρείου. Το ένα από τα ενυδρεία φέρει καπάκι ενώ το άλλο είναι ανοικτό. Στην αρχή του πειράματος καταγράφεται η θερμοκρασία σε κάθε ενυδρείο (αναμένεται να είναι η ίδια). Ακολούθως τίθενται σε λειτουργία οι λαμπτήρες και οι μαθητές καταγράφουν τη θερμοκρασία των ενυδρείων σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα.



Εικόνα 1 Η πειραματική διάταξη

Πηγές

Δασκαλοπούλου, Α. (2015, 08 Φεβρουαρίου). *Η απειλή της κλιματικής αλλαγής*. Ανάκτηση 5 Ιανουαρίου 2016, από Η Καθημερινή: <http://www.kathimerini.gr/802847/article/epikairothta/perivallon/h-apeilh-ths-klimatikhs-allaghs>

Εφημερίδα των Συντακτών. (2015, 10 Νοεμβρίου). *Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις χώρες της Ευρώπης*. Ανάκτηση 5 Ιανουαρίου 2016, από efsyn.gr: <https://www.efsyn.gr/arthro/oi-epiptoseis-tis-klimatikis-allagis-stis-hores-tis-eyropis>

Μαυρικάκη, Ε., Γκούβρα, Μ., & Καμπούρη, Α. (2006). *Βιολογία Γ Γυμνασίου*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεως Διδακτικών Βιβλίων.

Πρατικάκης, Β. (2015, 09 Νοεμβρίου). *Το 2015 "θα καταρρίψει το ρεκόρ της θερμότερης χρονιάς"*. Ανάκτηση 5 Ιανουαρίου 2016, από ΤΟ ΒΗΜΑ: <http://www.tovima.gr/science/technology-planet/article/?aid=752526>

Υπουργείο Εθνικής Παιδείας & Θρησκευμάτων. (2003). *ΔΕΙΠΠΣ-ΑΠΣ Δημοτικού-Γυμνασίου*. ΦΕΚ 304 τ.Β/2003.

Βιβλιογραφικές αναφορές

Boyes, E., & Stanisstreet, M. (1993). The "Greenhouse Effect": Children's perception of causes, consequences and cures. *International Journal of Science Education*, 15(5), 531-552.

Ikonomidis, S., Papanastasiou, D., Melas, D., & Avgoloupis, S. (2012). The anthropogenic "Greenhouse Effect": Greek prospective primary teachers' ideas about causes, consequences and cures. *Journal of Science Education and Technology*, 21(6), 768-779.

Koulaidis, V., & Christidou, V. (1999). Models of students' thinking concerning the Greenhouse Effect and teaching implications. *Science Education*, 83(5), 559-576.

Papadimitriou, V. (2004). Prospective primary teachers' understanding of climate change, greenhouse effect, and ozone layer depletion. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 299-307.

Rye, J. A., Rubba, P. A., & Wiesenmayer, R. L. (1997). An investigation of middle school students alternative conceptions of global warming. *International Journal of Science Education*, 19(5), 527-551.

Solomon, J. (2001). STS (Science, Technology, Society): Προσέγγιση της ανάλυσης και διδασκαλίας των φυσικών επιστημών. Στο Κ. Δημόπουλος, & Β. Χατζηνικήτα (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (Κ. Δημόπουλος, Μεταφρ., Τόμ. Α, σσ. 359-399). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.

Βασάλα, Π., & Φλογαίτη, Ε. (2002). Ο καταγιγισμός ιδεών ως διδακτική τεχνική για την προσέγγιση των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Στο Κ. Νικολάου (Επιμ.), *Πρακτικά 1ου Περιβαλλοντικού Συνεδρίου Μακεδονίας*, (σσ. 444-450). Θεσσαλονίκη.

Βουδρισλής, Ν., & Λαμπρινός, Ν. (2007). Διδακτική προσέγγιση για την κατανόηση του φαινομένου του θερμοκηπίου, του λιώσιμου των πάγω και των επιπτώσεών τους. Στο Γ. Τσαπραλής (Επιμ.), *Πρακτικά 5ου Πανελληνίου Συνεδρίου "Διδακτική Φυσικών Επιστημών και Νέες Τεχνολογίες στην εκπαίδευση"*. Β, σσ. 916-926. Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

Δημητρίου, Α. (2003). Αντιλήψεις εκπαιδευτικών για τα περιβαλλοντικά ζητήματα και σχολικά βιβλία: Η περίπτωση του φαινομένου του θερμοκηπίου και του στρώματος του όζοντος. Στο Α. Μαργετουσάκη, & Π. Γ. Μιχαηλίδης (Επιμ.), *3ο Πανελλήνιο συνέδριο "Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και εφαρμογή των Νέων Τεχνολογιών στην εκπαίδευση"* (σσ. 307-312). Αθήνα: ΙΩΝ.

- Κανδεράκης, Ν. (2013). Πειράματα και θεωρία στη σχολική φυσική. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*(1), 37-43.
- Κόκκοτας, Π. (2001). *Διδακτική των φυσικών επιστημών*. Αθήνα : Γρηγόρη.
- Κουλαϊδής, Β. (2001α). Διδακτική των Φυσικών Επιστημών: Αντικείμενο και αναγκαιότητα. Στο Κ. Δημόπουλος , & Β. Χατζηνικήτα (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (Τόμ. Α, σσ. 25-50). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Κουλαϊδής, Β. (2001β). "Συμφραστική" εικόνα της επιστημονικής γνώσης: Εισαγωγή των κοινωνιοϊστορικών διαστάσεων στην πορεία της επιστήμης. Στο Κ. Δημόπουλος, & Β. Χατζηνικήτα (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (Τόμ. Α, σσ. 315-338). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Κουλαϊδής, Β. (2001γ). Εμπειρικο-επαγωγική εικόνα της επιστημονικής γνώσης: Η παράδοση της κοινής αντίληψης. Στο Κ. Δημόπουλος, & Β. Χατζηνικήτα (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (Τόμ. Α, σσ. 279-294). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Κουλαϊδής, Β., & Χατζηνικήτα, Β. (2001). Στρατηγικές αντιμετώπισης των αντιλήψεων των μαθητών. Στο Κ. Δημόπουλος, & Β. Χατζηνικήτα (Επιμ.), *Διδακτική των φυσικών επιστημών* (Τόμ. Α, σσ. 75-98). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Κωνσταντίνου, Κ., & Παπαδούρης, Ν. (2008). Επιστημολογική επάρκεια: Μια θεμελιώδης συνιστώσα των μαθησιακών επιδιώξεων στις Φυσικές Επιστήμες. Στο Β. Κουλαϊδής, Β. Αποστόλου, & Κ. Καμπουράκης (Επιμ.), *Η φύση των επιστημών: Διδακτικές προσεγγίσεις* (σσ. 39-59). Εκπαιδευτήρια Γείτονα, Βάρη Αττικής: Child Services.
- Μπιτσάκης, Ε. (1987). Επιστημολογία: Ορισμός, ρεύματα και λειτουργία. *Ελληνική Φιλοσοφική Επιθεώρηση*(4), 127-145.
- Παπαδούρης, Ν., & Κωνσταντίνου, Κ. Π. (2002). Ανάλυση μαθησιακών περιβαλλόντων στις Φυσικές Επιστήμες: Μια μελέτη περίπτωσης για τα ηλεκτρικά κυκλώματα. Στο Α. Μαργετουσάκη, & Π. Γ. Μιχαηλίδης (Επιμ.), *3ο Πανελλήνιο συνέδριο, Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην εκπαίδευση* (σσ. 218-224). Αθήνα: ΙΩΝ.
- Σιάχος, Χ., & Σπηλιωτοπούλου, Β. (2002). *Διερεύνηση όψεων του επιστημονικού αλφαριθμητισμού: Η περίπτωση της νανοτεχνολογίας*. Ανάκτηση 3 Ιανουαρίου 2016, από Πρακτικά 3ου Πανελλήνιου Συνεδρίου: Διδακτική των Φυσικών Επιστημών και εφαρμογή Νέων Τεχνολογιών στην εκπαίδευση: <http://www.clab.edc.uoc.gr/aestit/3rd/contributions/337.pdf>
- Σκουμιός, Μ. (2013). *Διδακτική των φυσικών επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση*. Ανάκτηση 2 Νοεμβρίου 2015, από Πανεπιστήμιο Αιγαίου-ΠΤΔΕ-Εργαστήριο Φυσικών Επιστημών: http://www.rhodes.aegean.gr/ptde/labs/lab-fe/downloads/dfe/DFE_Athmia_EKPAIDEYSH_SHMEIWSEIS_2012_2013.pdf
- Χρηστίδου, Β. (2001). Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η μείωση του όζοντος. Στο Β. Χατζηνικήτα, & Κ. Δημόπουλος (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών* (Τόμ. Β, σσ. 135-183). Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.