



«Ας κάνουμε το πείραμα» Μια πρόταση για την ενοποιημένη διδασκαλία της Ηλεκτροστατικής και του Ηλεκτρικού Ρεύματος

Τζαμαλής Π., Φασουλόπουλος Γ.

Εκπαιδευτικοί Δημόσιας Β'βάθμιας Εκπαίδευσης, pan_tzamalis@hotmail.com,
gfasou@yahoo.gr

Το Εργαστήριο «Ας κάνουμε το πείραμα», έχει ως βασικό στόχο να προτείνει μια ενοποιημένη διδακτική προσέγγιση της Ηλεκτροστατικής και του Ηλεκτρικού Ρεύματος. Δομείται γύρω από μια σειρά κρίσιμων ερωτημάτων, όπου η απάντηση προκύπτει από κάποιο πείραμα-επίδειξη. Με τον τρόπο αυτό επιχειρείται η δημιουργία περιβάλλοντος ενεργού μάθησης αποσκοπώντας στην εμπλοκή των μαθητών. Γίνεται ακόμα προσπάθεια να διαφανεί ένα «σχήμα» για τη λειτουργία της Επιστήμης και να διευκρινιστεί η διαφορά μεταξύ παρατήρησης και εξήγησης.

Εισαγωγή

Μια κρίσιμη παράμετρος για τη διδασκαλία της Φυσικής, πέρα από τη διδακτική θεωρία και μεθοδολογία, αποτελεί η απόδοση νοήματος στο προς διδασκαλία περιεχόμενο. Με άλλα λόγια, μπορούν τα ερωτήματα που θέτει η Φυσική να γίνουν και ερωτήματα των μαθητών; Πιθανόν να αν μπορούν να διατυπώνονται στην καθημερινή γλώσσα και όχι με τη φορμαλιστική επιστημονική ορολογία, αν μπορούν να διερευνώνται εύκολα στον κόσμο των υλικών, αν τα αποτελέσματα αυτών των διερευνήσεων μπορούν να οδηγούν σε μικρού εύρους γενικεύσεις, ικανές όμως να εμπνεύσουν στους μαθητές την κατασκευή διατάξεων ελέγχου με απλά υλικά ή διαδικασίες λίγων βημάτων. Αυτή η υπόθεση, για τη φύση των διδακτικών ερωτημάτων, δεν παραπέμπει απαραίτητα σε εναλλακτικές μεθοδολογίες διδασκαλίας και μάθησης όπως π.χ. η διαθεματική. Λαμβάνει υπόψη της κυρίως τις μεθοδολογίες του ερευνητικού εργαστηρίου, δηλαδή για κάθε ερώτημα-υπόθεση του μαθητή ή του δάσκαλου να είναι εφικτή η προτροπή «ας κάνουμε ένα πείραμα». Αποδέχεται την εποικοδομητική υπόθεση για τη μάθηση. Αντιλαμβάνεται τις ιστορικές διαπραγματεύσεις ως «ορυχεία» απλών ερωτημάτων με νόημα, που εστιάζουν στη φαινομενολογία και τα υλικά. Δηλαδή αναζητά διδάσκοντες που απορούν ακόμα για τα φαινόμενα που μπορούν να εξελίσσονται σε ένα σχολικό εργαστήριο.

Σε ποιούς απευθύνεται το Εργαστήριο

Το Εργαστήριο απευθύνεται κατά κύριο λόγο στους εκπαιδευτικούς του Γυμνασίου. Μπορεί όμως να ενδιαφέρει και τους καθηγητές που διδάσκουν στο Λύκειο, καθώς τόσο στο αναλυτικό πρόγραμμα της Γ' Γυμνασίου, όσο και σε αυτό της Β' Λυκείου περιλαμβάνεται η διδασκαλία της Ηλεκτροστατικής. Πιο συγκεκριμένα, για τη μεν γυμνασιακή τάξη ο κύριος στόχος είναι η διδασκαλία του μοντέλου των φορτίων και της κινητικότητά που αυτά εμφανίζουν, για τη δε λυκειακή τάξη ο βασικός στόχος είναι η διδασκαλία του μοντέλου του πεδίου, δεδομένης βέβαια της υπόθεσης ότι οι μαθητές έχουν ήδη κατανοήσει το πρώτο. Αυτά είναι άλλωστε και τα δύο βασικά επιστημονικά μοντέλα που επιδιώκουμε να γνωρίζουν και να μπορούν να «χειρίζονται» οι μαθητές μας με την ολοκλήρωση των σπουδών τους. Καθώς το πρώτο μέρος του παρόντος Εργαστηρίου εστιάζει στη διδασκαλία του μοντέλου των φορτίων,

απευθύνεται κυρίως στους καθηγητές που διδάσκουν το μάθημα της Φυσικής στο Γυμνάσιο. Επειδή όμως, όχι μόνο από τη διδακτική μας εμπειρία, γνωρίζουμε ότι πολλές φορές οι μαθητές φθάνουν στη Β' τάξη του Λυκείου χωρίς να έχουν επεδώσει, αλλά απλώς έχοντας απομνημονεύσει χωρίς καμμία κριτική διάθεση, βασικά στοιχεία του μοντέλου των φορτίων (Levy-Nahum et al, 2004), γι' αυτό θεωρούμε ότι το συγκεκριμένο εργαστήριο μπορεί να συμβάλει στην επίλυση προβλημάτων διδασκαλίας και στο Λύκειο.

Πέραν όμως του κεφαλαίου της Ηλεκτροστατικής, όπου η στόχευση είναι διαφορετική, στα αναλυτικά προγράμματα σπουδών και των δύο τάξεων προβλέπεται η διδασκαλία της έννοιας του ηλεκτρικού ρεύματος καθώς και των ενεργειακών μετατροπών που λαμβάνουν χώρα σε ένα κύκλωμα. Στο ζήτημα αυτό υπάρχει σύμπτωση των βασικών διδακτικών στόχων στις δύο εκπαιδευτικές βαθμίδες, καθώς οι μαθητές θα πρέπει αφενός μεν να κατανοήσουν την έννοια του ηλεκτρικού ρεύματος, αφετέρου το ρόλο της ηλεκτρικής πηγής σε ένα κύκλωμα. Το δεύτερο μέρος του προτεινόμενου Εργαστηρίου είναι αφιερωμένο σε αυτά τα ζητήματα. Έτσι, με μικρές μόνο τροποποιήσεις μπορεί να φανεί χρήσιμο και για τις δύο βαθμίδες της εκπαίδευσης.

Τι στόχους έχει το συγκεκριμένο Εργαστήριο

- Να εξοικειώσει τους μαθητές με ορισμένα τυπικά στοιχεία από τη λειτουργία της Επιστήμης. Έτσι η διδασκαλία ξεκινά πάντα με ένα ερώτημα το οποίο μπορεί να προκύπτει είτε από κάποια λογική αντίφαση ή ένα λογικό κενό στις γνώσεις που ήδη διαθέτουν οι μαθητές (για παράδειγμα η εισαγωγή της ΗΕΔ της πηγής γίνεται με την επισήμανση ότι στο εσωτερικό μιας μπαταρίας τα ηλεκτρόνια κινούνται από το θετικό προς τον αρνητικό πόλο, γεγονός που δεν μπορεί να εξηγηθεί μόνο από την ύπαρξη της ηλεκτρικής δύναμης), είτε από μια εντυπωσιακή παρατήρηση που προσελκύει την προσοχή τους (όπως για παράδειγμα η χρήση μιας τροποποιημένης ηλεκτροφόρας που φέρει ένα ηλεκτρικό εκκρεμές για την επίδειξη της ηλεκτρίσης με επαγωγή), είτε από κάποιο ερώτημα προερχόμενο την ιστορία των Φυσικών Επιστημών (μήπως ο κεραυνός έχει κάποια σχέση με τα ηλεκτρικά φορτία;). Αφού διατυπωθεί το ερώτημα, χρησιμοποιείται ως μόνιμη επωδό τη φράση «ας κάνουμε το πείραμα» προκειμένου να πειστούν οι μαθητές ότι οι απαντήσεις στη Φυσική δεν προκύπτουν από την «κοινή λογική» αλλά από τον πειραματικό έλεγχο, ότι δεν υπάρχουν δηλαδή ερωτήσεις με εύκολη και προφανή απάντηση. Στη φάση αυτή επιλέγονται πειράματα επίδειξης, διότι επιδιώκεται η ανταλλαγή επιχειρημάτων και η ενίσχυση της συζήτησης. Πάντως με κάθε ευκαιρία οι μαθητές προκαλούνται να προτείνουν κατάλληλες τροποποιήσεις αλλά και καινούργιες πειραματικές διαδικασίες που θα τους επιτρέψουν να ελέγξουν μια υπόθεση. Στη συνέχεια οι μαθητές καλούνται να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους και ο κύκλος ολοκληρώνεται με συζήτηση που στοχεύει στην εξήγηση των παρατηρήσεων, στην εξαγωγή ενός συμπεράσματος, στην οικοδόμηση ενός μοντέλου. Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στην ανάδειξη της διαφοράς μεταξύ παρατήρησης-περιγραφής ενός φαινομένου και της εξήγησής του. Στη σύγκυση που υπάρχει στους μαθητές μεταξύ αυτών των δύο αλληλο-συμπληρούμενων «πρακτικών» που χρησιμοποιεί ένας επιστήμονας (Hacking 2002), πολλές φορές συμβάλλουμε ως διδάσκοντες υιοθετώντας μια «χαλαρή» γλώσσα (π.χ. όταν ζητάμε από ένα μαθητή της Β' Γυμνασίου: «Να εξηγήσει την ανώμαλη διαστολή του νερού», ενώ αυτό που θα έπρεπε να του ζητάμε θα ήταν μάλλον να «Περιγράψει τι συμβαίνει στην ανώμαλη διαστολή του νερού» ή έστω «Να εξηγήσει τι σημαίνει ο όρος ανώμαλη διαστολή του νερού».)



- Να δώσει έμφαση στη σημασία μιας ενοποιημένης θεώρησης της Ηλεκτροστατικής και του Ηλεκτρικού Ρεύματος, ώστε να πραγματοποιηθεί «ομαλά» η μετάβαση των μαθητών από το ένα αντικείμενο στο άλλο. Τα δύο αυτά κεφάλαια είναι συνήθως διαδοχικά, και η συνηθισμένη πρακτική είναι να θεωρείται αυτονόητο ότι και στην περίπτωση του ηλεκτρικού ρεύματος έχουμε ηλεκτρικά φορτία, χωρίς όμως να εξετάζονται τα τεκμήρια ή να παρουσιάζονται τα πειράματα που να πείθουν για κάτι τέτοιο. Το πρόβλημα έχει επισημανθεί και έχει αναλυθεί εκτενώς στη βιβλιογραφία (Arons 1992, Seroglou, et al, 1998).
- Να προτείνει μια ακολουθία διδακτικών βημάτων όπου χρησιμοποιούνται σε κάθε ευκαιρία πειράματα-επιδείξεις, με τρόπο που να αναδεικνύεται η λειτουργικότητά τους. Έτσι θα έχουν και οι διδάσκοντες το κίνητρο να τα εντάξουν οργανικά στη διδασκαλία τους. Πιο συγκεκριμένα, τα πειράματα που συνήθως υπάρχουν στους Σχολικούς Εργαστηριακούς Οδηγούς, προβλέπουν τη διεξαγωγή μετρήσεων προς επιβεβαίωση μιας θεωρίας. Με την πρακτική αυτή όμως, προκύπτει μικρό μόνο όφελος για τους μαθητές. Αντίθετα, πειράματα-επιδείξεις όπου οι μαθητές καλούνται πριν τη διεξαγωγή τους να κάνουν μια πρόβλεψη, και μετά την εκτέλεσή τους να συζητήσουν τις παρατηρήσεις εξαντλητικά, με σκοπό είτε να οδηγηθούν στην εξαγωγή συμπερασμάτων, είτε να προτείνουν περαιτέρω εκλεπτύνσεις, φαίνεται να είναι περισσότερο αποτελεσματικά (Knight 2006). Η πλειονότητα των πειραμάτων που απαρτίζουν το συγκεκριμένο Εργαστήριο μπορούν να πραγματοποιηθούν με υλικά καθημερινής χρήσης, χωρίς δηλαδή ειδικό εξοπλισμό, που όταν δεν υπάρχει αποθαρρύνει τον καθηγητή από το να ακολουθεί εργαστηριακές πρακτικές. Σε ορισμένες βέβαια περιπτώσεις, όπου δεν κατέστη δυνατό να προταθούν κάποια εναλλακτικές πειραματικές δραστηριότητες, προβλέπεται η χρήση «εξειδικευμένου» εξοπλισμού, που όμως υπάρχει σε κάθε οργανωμένο Σχολικό Εργαστήριο (π.χ. ηλεκτροστατική μηχανή).

Μια συνοπτική περιγραφή του Εργαστηρίου

Ο τίτλος του Εργαστηρίου είναι η μετάφραση μιας φράσης του Β. Franklin από ένα γραπτό του, του 1749. Πιο συγκεκριμένα, ο Franklin επιχειρεί να συγκρίνει το «ηλεκτρικό ρευστό» με τον κεραυνό γράφοντας: «Το ηλεκτρικό ρευστό μοιάζει με τον κεραυνό στα εξής σημεία». Συνεχίζει απαριθμώντας μια σειρά από 12 ομοιότητες, για να καταλήξει με τη φράση που αποτέλεσε τον τίτλο του παρόντος Εργαστηρίου: «Το ηλεκτρικό ρευστό έλκεται από τις αιχμηρές απολήξεις. Δεν γνωρίζουμε αν την ίδια ιδιότητα την έχει και ο κεραυνός. Αλλά αφού συμφωνούν σε όλα τα προηγούμενα μήπως συμφωνούν και σε αυτό; *Ας κάνουμε το πείραμα (Let the experiment be made)*» (Uman, 1986), φράση που τον «οδήγησε» στο περίφημο πείραμα με τον χαρταετό.

Το Εργαστήριο θα υλοποιηθεί με την παρουσίαση των ερωτημάτων και τη διεξαγωγή των πειραματικών επιδείξεων που θα ακολουθούσε ο διδάσκων σε μια τυπική τάξη μαθητών. Ξεκινά με πειράματα ηλεκτρίσης που μας βοηθούν να μελετήσουμε τις ιδιότητες της ηλεκτρικής δύναμης (πως ελέγχουμε αν ένα σώμα είναι ηλεκτρισμένο, τι αλληλεπιδράσεις παρατηρούμε μεταξύ ηλεκτρισμένων σωμάτων, πόσα είδη ηλεκτρίσης χρειαζόμαστε για να εξηγήσουμε τις μακροσκοπικές παρατηρήσεις), προχωρά στην εισαγωγή της έννοιας του φορτίου και του ατομικού μοντέλου της ύλης (όπου εξετάζονται ερωτήματα όπως γιατί ονομάζουμε τα φορτία θετικά και αρνητικά; χρειάζονται δύο είδη φορτίων ή ένα ρευστό που βρίσκεται σε έλλειψη ή περίσσεια προκειμένου να εξηγήσει τις παρατηρήσεις;) ενώ συνεχίζεται με την μελέτη των διαφόρων τρόπων ηλεκτρίσης καθώς και τη διάκριση αγωγών και μονωτών. Η μελέτη του νόμου του Coulomb, με τη βοήθεια του κατάλληλου λογισμικού, και η ανάγκη για



την «εγκατάλειψη» του μοντέλου της δράσης από απόσταση και την εισαγωγή της έννοιας του πεδίου (μέσω ενός ιδεατού πειράματος) ολοκληρώνει το κεφάλαιο της Ηλεκτροστατικής. Ακολουθεί η παρουσίαση μιας σειράς πειραμάτων και δεδομένων μέσω των οποίων επιδιώκουμε να πείσουμε τους μαθητές για την ενότητα των φαινομένων του στατικού ηλεκτρισμού (τριβοηλεκτρισμού), του ατμοσφαιρικού ηλεκτρισμού και του βολταϊκού ηλεκτρισμού (παρουσίαση του πειράματος του Franklin και της σημασίας του, η προσπάθεια να ανάψουμε μια λάμπα με την ηλεκτροστατική μηχανή αλλά και να επιτύχουμε την απόκλιση ενός ηλεκτρικού εκκρεμούς με τη βοήθεια ενός τροφοδοτικού) και προχωρούμε στη μελέτη του ανοικτού και του κλειστού κυκλώματος (όπου οι μαθητές εντωπίζουν τις επιτυχημένες συνδέσεις ανάβοντας οι ίδιοι λαμπάκια με τη βοήθεια μπαταριών). Το Εργαστήριο ολοκληρώνεται με μια λεπτομερή παρουσίαση της έννοιας της διαφοράς δυναμικού καθώς και των ενεργειακών μεταβολών που λαμβάνουν χώρα σε ένα κύκλωμα.

Σας καλούμε λοιπόν να συμμετάσχετε σε ένα εννοιολογικό εργαστήριο και να «κάνετε μαζί μας ένα πείραμα» για τα φαινόμενα του στατικού ηλεκτρισμού και του ηλεκτρικού ρεύματος. Και θυμηθείτε την ισχυρή προτροπή του «νονού» του ηλεκτρισμού W. Gilbert (1958) στους σύγχρονους του συζητητές: «ο ηλεκτρισμός θα πρέπει να σπουδάζεται στο εργαστήριο παρά να διαβάζουμε για αυτόν στα βιβλία».

Βιβλιογραφία

- Arons A. (1992). Οδηγός Διδασκαλίας Φυσικής. Τροχαλία, Αθήνα.
- Hacking I. (2002). Αναπαριστώντας και Παρεμβαίνοντας. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Ε.Μ.Π. Αθήνα.
- Καριώτογλου, Π. & Τσελφές, Β.(2000). Αναλυτικά Προγράμματα Φυσικών Επιστημών. Επιστημολογική, Διδακτική και Θεσμική προσέγγιση, Επιθεώρηση Φυσικής, 31, 19-28.
- Knight R. (2006). Πέντε Εύκολα Μαθήματα. Στρατηγικές για την Επιτυχή Διδασκαλία της Φυσικής. Διαυλος, Αθήνα.
- Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιγάλης, Κ., Παπασίμπα, Λ., (2008) Φυσική Γ' Γυμνασίου. ΟΕΔΒ, Αθήνα.
- Gilbert, W., (1958) De Magnete, (trans. Mottelary, P. F.), Dover Publications Inc. New York.
- Uman M. (1986). All About Lightning. Dover Publications Inc. New York.
- Seroglou, F., Koumaras, P. & Tselfes V. (1998). History of Science and Instructional Design: The Case of Electromagnetism. Science & Education, 7, 261-280.
- Levy Nahum, T., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R. Bar-Dov, Z., (2004). Can Final Examinations amplify Students' minconceptions in Chemistry?. Chemical Education: Research and Practice, 5, 301-325.