

Στη στήλη “Σκουπιδομαζέματα – επιστημοσκορπίσματα” παρουσιάζονται απλά πειράματα και κατασκευές που μπορούν να πραγματοποιηθούν με καθημερινά υλικά και μπορούν να ενταχθούν, κατά την κρίση του διδάσκοντα, σε μια διδακτική ενότητα εμπλουτίζοντας έτσι τη διδακτική πρακτική.

Παράγοντες που επηρεάζουν την απόδοση ενός ηλεκτρικού στοιχείου: ενδυναμώνοντας το διερευνητικό χαρακτήρα της Φυσικής της Α' Γυμνασίου

Νικόλαος Φανουράκης και Ελευθερία Φανουράκη

Εισαγωγή

Η διδασκαλία της Φυσικής στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση συνδέεται, μέσα από την καθημερινή σχολική πρακτική, κυρίως με την ποσοτική και μαθηματική αντιμετώπισή της, δηλαδή με την αναγραφή και επίλυση τύπων, την αντικατάσταση σε αυτούς αριθμητικών τιμών, την εύρεση αποτελεσμάτων. Συνήθως, τα αποτελέσματα αυτά και η μηχανιστική διαδικασία εξαγωγής τους ελάχιστα προσελκύουν τους μαθητές. Στο γεγονός αυτό, μεταξύ άλλων, οφείλεται και το φαινόμενο της μείωσης του ενδιαφέροντος των μαθητών για τη Φυσική κατά τη διαδρομή τους από το Δημοτικό στο Λύκειο (Σάββας και Καλκάνης, 1999). Ωστόσο, η διδασκαλία της Φυσικής με χρησιμοποίηση υλικών και καταστάσεων από την καθημερινή ζωή μπορεί να συμβάλει στην επίγνωση των φαινομένων και στη δημιουργία θετικής στάσης του μαθητή προς το μάθημα στα πρώτα στάδια της μαθητικής πορείας του (Κουμαράς, 2009).

Το εργαστηριακού προσανατολισμού μάθημα της Φυσικής Α' Γυμνασίου, που εισήχθη στο αναλυτικό πρόγραμμα του Γυμνασίου το σχολικό έτος 2013-14, αποτελεί καινοτομία για το Ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα και μπορεί να θεωρηθεί ότι, παρόλα τα προβλήματα που έχουν εντοπιστεί (Φασουλόπουλος, 2013), φαίνεται να κινείται προς τη «σωστή» κατεύθυνση.

Στο άρθρο αυτό θα εστιάσουμε την προσοχή μας στην ιδιοκατασκευή/πείραμα 6 του 10ου Φύλλου Εργασίας που προτείνεται από το σχολικό βιβλίο της Φυσικής Α' Γυμνασίου (Καλκάνης κ.α. 2013, σ. 47) και αφορά στην κατασκευή από τους μαθητές ενός ηλεκτρικού στοιχείου, δηλαδή μίας μπαταρίας. Η συγκεκριμένη κατασκευή είναι εύκολο να πραγματοποιηθεί και πιθανότατα προκαλεί το ενδιαφέρον των μαθητών. Είναι όμως μία ακόμη συνταγή εκτέλεσης οδηγιών που αποστεώνει τον

διατυπωμένο διερευνητικό χαρακτήρα του μαθήματος (Καλκάνης κ.α. 2013, σσ. i-ii). Αναρωτηθήκαμε, λοιπόν, πώς θα μπορούσε να εμπλουτιστεί η συγκεκριμένη εργαστηριακή δραστηριότητα ώστε να βάλει τους μαθητές απέναντι σε μία αυθεντική κατάσταση και θα τους υποχρεώσει να υποθέσουν, να προτείνουν πειραματικές δράσεις, να ενεργοποιηθούν και να καταλήξουν σε συμπεράσματα.

Ψάχνοντας στο διαδίκτυο μπορεί κανείς να βρει πολλά βίντεο και αναφορές που αφορούν στην κατασκευή ηλεκτρικού στοιχείου χρησιμοποιώντας απλά υλικά τόσο για ηλεκτρολύτες (π.χ. διάλυμα αλατόνευρου, χλωρίνη, ξύδι) όσο και για ηλεκτρόδια (π.χ. κέρματα, βίδες, φύλλα μετάλλων). Δυστυχώς όμως, πολλές φορές δε μπορεί να αναπαραχθεί το φαινόμενο που παρουσιάζεται λόγω ελλιπούς περιγραφής της διαδικασίας και των υλικών που χρησιμοποιούνται αλλά και διαφορών στις ποιότητες των υλικών.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να μελετήσουμε τους παράγοντες που επηρεάζουν την κατασκευή και την απόδοση της ιδιοκατασκευής ηλεκτρικού στοιχείου. Οι παράγοντες που εξετάστηκαν περιλαμβάνουν τον τύπο και τη συγκέντρωση του ηλεκτρολύτη και την επιφάνεια των ηλεκτροδίων. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι υλικά καθημερινής χρήσης που μπορεί εύκολα να βρει κάθε ενδιαφερόμενος. Τα αποτελέσματά μας μπορούν να αξιοποιηθούν από τους εκπαιδευτικούς που διδάσκουν το μάθημα της Φυσικής στην Α' Γυμνασίου ώστε να κατευθύνουν την διερευνητική πορεία των μαθητών τους στο αντίστοιχο Φύλλο Εργασίας του σχολικού εγχειριδίου.

Η ανατομία ενός ηλεκτρικού στοιχείου

Με τον όρο ηλεκτρικό στοιχείο περιγράφεται μία διάταξη που μπορεί να δημιουργεί ηλεκτρικό ρεύμα σε ένα κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα μέσω χημικών αντιδράσεων. Κάθε ηλεκτρικό στοιχείο απαρτίζεται από την άνοδο, την κάθοδο και τον ηλεκτρολύτη. Η άνοδος, συνιστώντας το αρνητικό ηλεκτρόδιο, απελευθερώνει αρνητικά φορτία στο κύκλωμα, μέσω του μηχανισμού της οξειδωσης. Η κάθοδος, συνιστώντας το θετικό ηλεκτρόδιο, «παραλαμβάνει» θετικά φορτία μέσω του μηχανισμού της αναγωγής. Ο ηλεκτρολύτης αποτελεί το συνδετικό κρίκο διαμέσου του οποίου μετακινούνται τα φορτία δημιουργώντας κλειστό κύκλωμα.

Πειραματική μεθοδολογία

Επίδραση του τύπου του ηλεκτρολύτη

Το πρώτο ερώτημα που τέθηκε προς διερεύνηση ήταν πώς οι διάφοροι ηλεκτρολύτες επηρεάζουν την τάση εξόδου του ηλεκτρικού στοιχείου και την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που αυτό δημιουργεί σε κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα.

Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν για ηλεκτρολύτες ήταν τα εξής:

A. Ξύδι έξι βαθμών (6%), δηλαδή σε κάθε 100 ml διαλύματος ξυδιού περιέχονται 6 g οξικού οξέος (6% w/v).

Σκουπιδομαζέματα-επιστημοσκορπίσματα

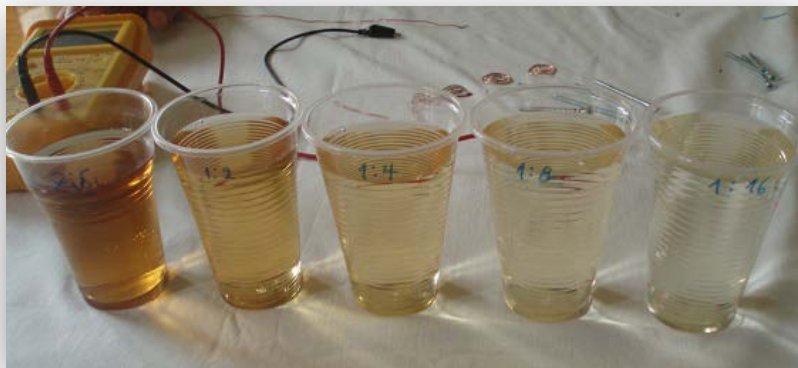
Β. Κορεσμένο διάλυμα αλατόνευρο το οποίο παρασκευάστηκε προσθέτοντας αλάτι εμπορίου (χλωριούχο νάτριο) σε απιονισμένο νερό και αναδεύοντας συνεχώς για να πετύχουμε τη μέγιστη διάλυση. Όταν παράχθηκε ίζημα αδιάλυτου αλατιού, το κορεσμένο υπερκείμενο διάλυμα μεταφέρθηκε σε νέο δοχείο για να αποτελέσει το διάλυμα εργασίας (ηλεκτρολύτης κορεσμένο διάλυμα αλατόνευρο).

Γ. Διάλυμα χλωρίνης εμπορίου (υποχλωριώδους νατρίου) με συγκέντρωση 4,8 g υποχλωριώδες νάτριο σε 100 g νερό (4,8 w/w).

Οι ηλεκτρολύτες τοποθετήθηκαν σε πλαστικά διάφανα ποτήρια.

Επίδραση της συγκέντρωσης του ηλεκτρολύτη

Το δεύτερο ερώτημα που τέθηκε προς διερεύνηση ήταν πώς η συγκέντρωση του ηλεκτρολύτη επηρεάζει την τάση εξόδου του ηλεκτρικού στοιχείου και την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που αυτό δημιουργεί σε ένα κλειστό ηλεκτρικό κύκλωμα.



Εικόνα 1. Ηλεκτρολύτης ξύδι σε διάφορες συγκεντρώσεις. (Φωτογραφία Ε. Φανουράκη).

Για το λόγο αυτό πραγματοποιήθηκαν διαδοχικές αραιώσεις του αρχικού διαλύματος του εκάστοτε ηλεκτρολύτη (ξύδι, αλατόνευρο και χλωρίνη) ως εξής: 1:2, 1:4, 1:8 και 1:16 (1 μέρος ξύδι και 1 μέρος απιονισμένο νερό, 1 μέρος ξύδι και 3 μέρη απιονισμένου νερού, κ.ο.κ, αντίστοιχα) (Εικόνα 1).

Επίδραση του εμβαδού επιφάνειας των ηλεκτροδίων

Το τρίτο ερώτημα που τέθηκε προς διερεύνηση ήταν πώς το μέγεθος της επιφάνειας των ηλεκτροδίων επηρεάζει την τάση εξόδου του ηλεκτρικού στοιχείου και την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος αυτό δημιουργεί.

Σε κάθε περίπτωση τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιήθηκαν ήταν κοινός μονόκλωνος χάλκινος αγωγός κυκλικής διατομής που βρίσκουμε σε κάθε σπίτι, π.χ. σε φωτιστικά κ.λ.π., (κωδικός για αναζήτηση σε καταστήματα ηλεκτρολογικού υλικού: 1x1 mm² H05V-U PVC κατά IEC ή NYA όπως το

Σκουπιδομαζέματα-επιστημοσκορπίσματα

γνωρίζουν οι παλιότεροι ηλεκτρολόγοι), διαμορφωμένο σε σχήμα κοχλία και μήκος 10 cm και ξυλόβιδες ψευδαργύρου μήκους 7 cm (Εικόνα 2).



Εικόνα 2. Υλικά για τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιήθηκαν στη διάρκεια των πειραμάτων (Φωτογραφία Ν. Φανουράκης).

Για τη μελέτη της επίδρασης της επιφάνειας των ηλεκτροδίων έγιναν τέσσερις διατάξεις στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν 1, 2, 3 ή 4 κομμάτια χάλκινων αγωγών σε σχήμα κοχλία ενωμένα μεταξύ τους και αντίστοιχος αριθμός από ξυλόβιδες (διατάξεις 1-1, 2-2, 3-3, 4-4, αντίστοιχα) (Εικόνα 3).



Εικόνα 3. Διατάξη 4-4 με χρήση τεσσάρων χάλκινων αγωγών σε σχήμα κοχλία (αριστερά) και 4 ξυλόβιδων (δεξιά) (Φωτογραφία Ν. Φανουράκης).

Όργανα μέτρησης

Για την μέτρηση της τάσης εξόδου κάθε ηλεκτρικού στοιχείου χρησιμοποιήθηκε πολύμετρο σε κλίμακα 2 Volt και για την μέτρηση της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος σε κλίμακα 2 mA και 20 mA (Εικόνα 4).

Εναλλακτικά, για εποπτικούς λόγους, χρησιμοποιήθηκε μία φωτοдиодος (LED) με σκοπό να καταγραφεί πόσο έντονα ανάβει και για πόσο χρόνο φωτοβολεί, όταν τροφοδοτηθεί από τα

ηλεκτρικά στοιχεία που κατασκευάστηκαν. Τα χαρακτηριστικά της ήταν τα εξής: πτώση τάσης κατά τη λειτουργία: 1,8-2.2 VDC, μέγιστο ρεύμα λειτουργίας: 20 mA, προτεινόμενο ρεύμα: 16-18 mA, φωτεινότητα ή φωτεινή ένταση: 150-200 mcd.



Εικόνα 4. Πειραματική διάταξη μέτρησης ηλεκτρικού στοιχείου (Διάταξη 1-1 με ένα σύρμα χαλκού και μία ξυλόβιδα). (Φωτογραφία Ε. Φανουράκη).

Η θερμοκρασία περιβάλλοντος στη διάρκεια των πειραμάτων ήταν σταθερά ίση με 17°C εκτός από τα πειράματα με τη δίοδο που πραγματοποιήθηκαν στους 30 °C.

Επεξεργασία δεδομένων

Προκειμένου να καταλήξουμε σε ασφαλή συμπεράσματα έγινε επεξεργασία των δεδομένων που συλλέχθηκαν με το λογισμικό στατιστικής ανάλυσης Sigma Stat 3.1 (SYSTAT Software Inc., Germany). Συγκεκριμένα πραγματοποιήθηκε ανάλυση διασποράς με δύο παράγοντες (Two Way Analysis of Variance, ANOVA). Οι παράγοντες που ελέγχθηκαν ανά δύο, ήταν ο τύπος του ηλεκτρολύτη, η αραιώση του διαλύματος του ηλεκτρολύτη και η επιφάνεια των ηλεκτροδίων. Στην περίπτωση που προέκυψε στατιστικά σημαντική διαφορά, χρησιμοποιήθηκε το τεστ πολλαπλής σύγκρισης Holm-Sidak (All Pairwise Multiple Comparison Procedures) για την ταυτοποίηση των ομάδων που διέφεραν στατιστικά σημαντικά μεταξύ τους. Το επίπεδο σημαντικότητας ήταν $P = 0,05$.

Αποτελέσματα

Επίδραση του τύπου του ηλεκτρολύτη

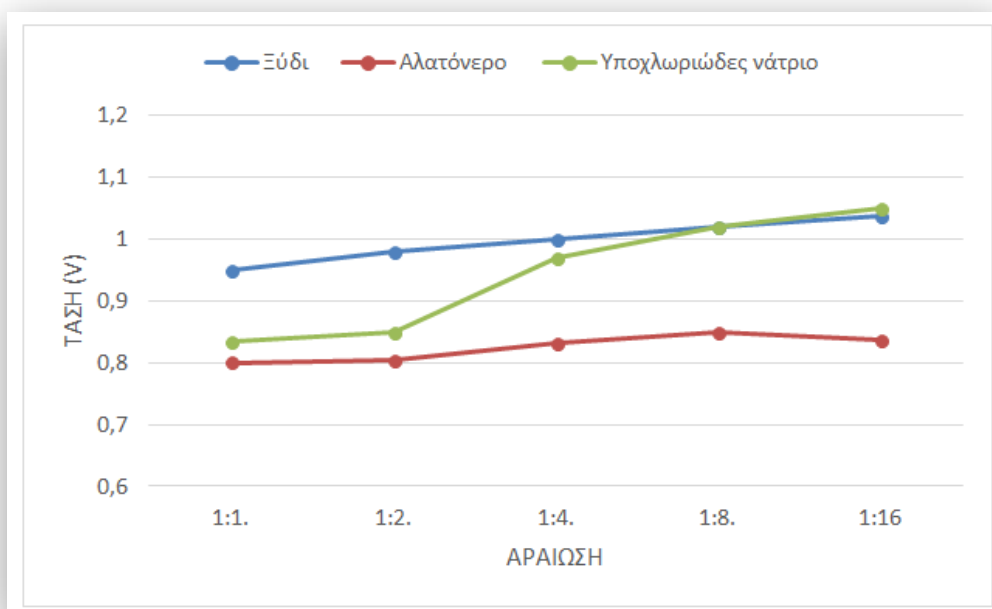
Οι τιμές της τάσης εξόδου που μετρήθηκαν (δίνονται στην Εικόνα 5 για διάφορες συγκεντρώσεις) βρέθηκε να διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των τριών τύπων ηλεκτρολύτη ($P < 0,001$). Συγκεκριμένα η τάση στο κορεσμένο διάλυμα αλατόνευρο ήταν στατιστικά σημαντικά χαμηλότερη

από την τάση που μετρήθηκε στους άλλους δύο ηλεκτρολύτες (μεταξύ των οποίων δεν υπήρξε στατιστικά σημαντική διαφορά).

Αντίστοιχα, οι τιμές της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος, μετά από τη μετατροπή τους σε λογαριθμική κλίμακα λόγω του ότι δεν πληρούνταν η κανονικότητα της κατανομής τους (Normality Test), κυρίως λόγω του μεγίστου που παρουσιάζει η χλωρίνη στην αραιώση 1:4, δεν έδειξαν στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των τριών τύπων ηλεκτρολύτη ($P = 0.253$) (Εικόνα 6).

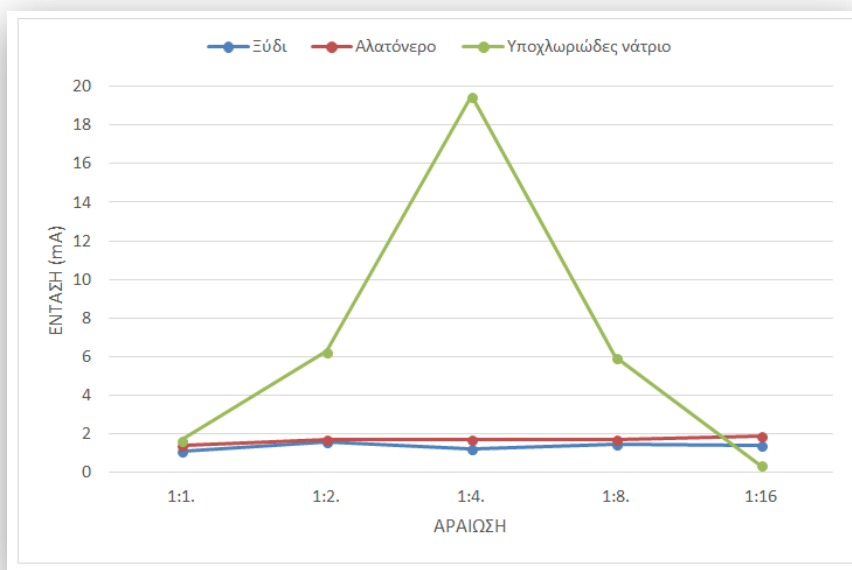
Επίδραση της συγκέντρωσης του ηλεκτρολύτη

Οι τιμές της τάσης εξόδου μολονότι δείχνουν μια μικρή αύξηση με την αύξηση της αραιώσης και για τους τρεις ηλεκτρολύτες (Εικόνα 5) δε διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των διαφορετικών συγκεντρώσεων του ίδιου ηλεκτρολύτη ($P = 0,05$).



Εικόνα 5. Τιμές τάσης (V) σε τρεις τύπους ηλεκτρολύτη (Ξύδι, Αλατόνερο και Χλωρίνη (Υποχλωριώδες νάτριο)) σε πέντε διαφορετικές συγκεντρώσεις.

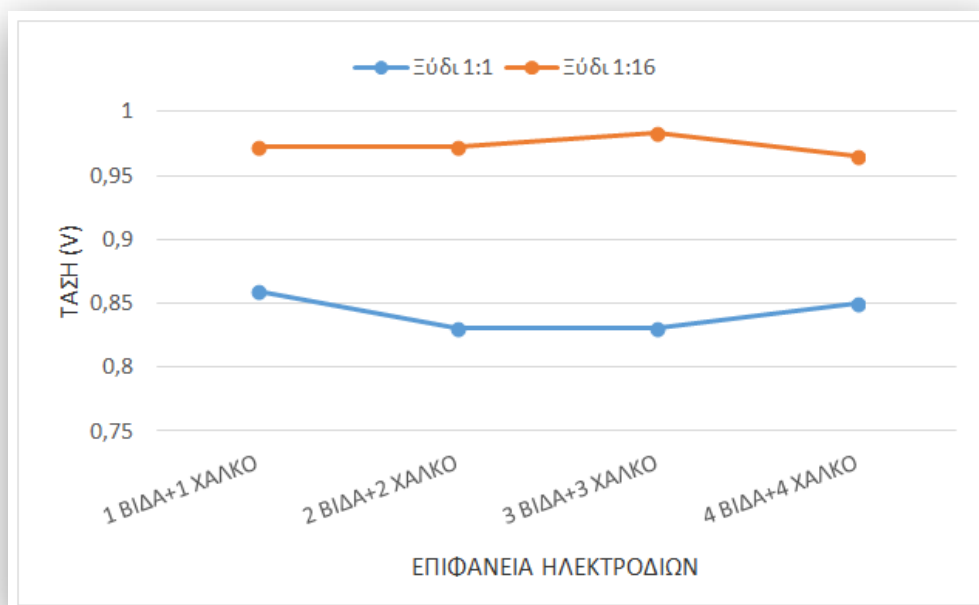
Οι τιμές της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος, δεν διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ούτε και μεταξύ των διαφορετικών συγκεντρώσεων των ηλεκτρολυτών ($P = 0,457$) παρόλο που το διάλυμα χλωρίνης παρουσίασε τη μέγιστη τιμή έντασης στην αραιώση 1:4 (Εικόνα 6), διαφορά όμως που εξομαλύνεται μετά τη λογαριθμικοποίηση των τιμών. Ενδεχομένως, η υψηλή, σχετικά, τιμή της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος για την αραιώση 1:4 στη χλωρίνη, να μπορεί να αξιοποιηθεί σε αντίστοιχες πειραματικές δραστηριότητες, λαμβάνοντας υπόψη όλα τα κατάλληλα μέτρα ασφαλείας.



Εικόνα 6. Τιμές έντασης (mA) σε τρεις τύπους ηλεκτρολύτη (Ξύδι, Αλατόνερο και Χλωρίνη (Υποχλωριώδες νάτριο)) σε πέντε διαφορετικές συγκεντρώσεις.

Επίδραση του εμβαδού επιφάνειας των ηλεκτροδίων

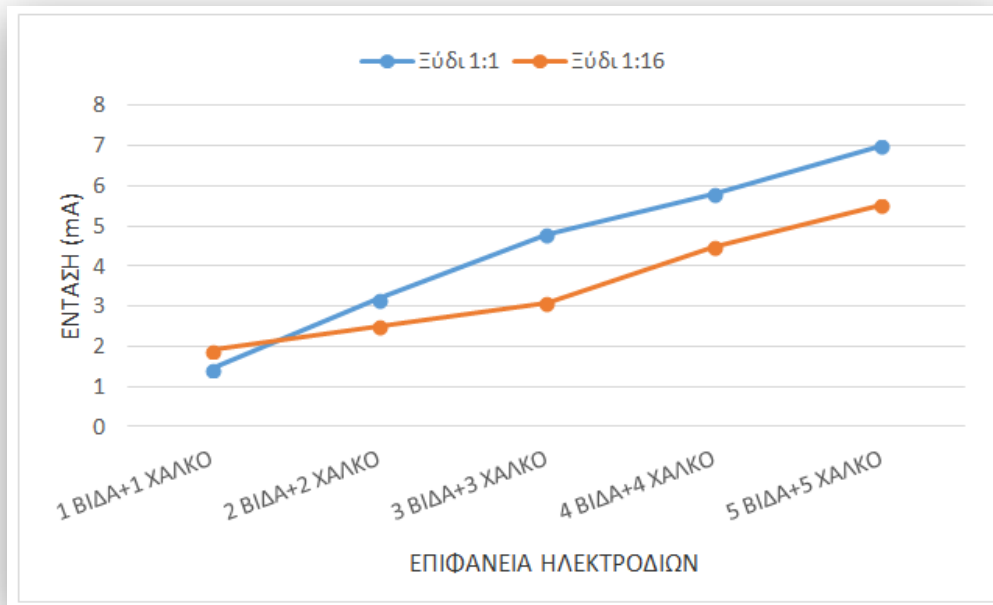
Όσον αφορά στην επίδραση της επιφάνειας των ηλεκτροδίων, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η τάση δεν είχε διαφορά μεταξύ των διαφορετικών επιφανειών των ηλεκτρολυτών ($P=0.804$) εντός της κάθε αραιώσης αλλά ήταν σημαντικά υψηλότερη στην αραιώση 1:16 του ξυδιού σε σχέση με το μη αραιωμένο ξύδι των 6 βαθμών ($P = 0.001$) (Εικόνα 7).



Εικόνα 7. Τιμές τάσης (V) σε τέσσερις διαφορετικές επιφάνειες ηλεκτροδίων σε δύο συγκεντρώσεις ηλεκτρολύτη (Ξύδι).

Σκουπιδομαζέματα-επιστημοσκορπίσματα

Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος έδειξε ανοδική τάση με στατιστικά σημαντική άνοδο ($P = 0.009$) για τη διάταξη 4-4 (4 κομμάτια χαλκού και 4 ξυλόβιδες) σε σχέση με την 1-1 (1 κομμάτι χαλκός και 1 ξυλόβιδα) και την 2-2 (2 κομμάτια χαλκός και 2 ξυλόβιδες) αλλά όπως είχε φανεί και στο πρώτο μέρος του πειράματος δεν επηρεάζεται από τη διαφορετική συγκέντρωση του ηλεκτρολύτη ($P = 0.071$) (Εικόνα 8).



Εικόνα 8. Τιμές έντασης ηλεκτρικού ρεύματος (mA) σε τέσσερις διαφορετικές επιφάνειες ηλεκτροδίων σε δύο συγκεντρώσεις ηλεκτρολύτη (Ξύδι).

Λάμπα LED

Πέρα από τις μετρήσεις τιμών τάσης και ρεύματος με το πολύμετρο, επιχειρήθηκε η αξιολόγηση των ηλεκτρικών στοιχείων που κατασκευάστηκαν ως προς τη δυνατότητά τους να ανάβουν μία φωτοδίοδο (LED).

Για τη λειτουργία της λάμπας LED χρειάστηκε να συνδέσουμε σε σειρά τρία (3) ηλεκτρικά στοιχεία τα οποία κατασκευάστηκαν με βάση τα προηγούμενα αποτελέσματα. Επελέγη ο ηλεκτρολύτης και η αραιώση με την καλύτερη απόδοση, δηλαδή ξύδι με αραιώση 1:16 και για λόγους οικονομίας υλικών σε ένα σχολικό εργαστήριο από 1 κομμάτι σύρματος χαλκού και 1 ξυλόβιδα σε κάθε ηλεκτρικό στοιχείο. Η συνολική τάση που επιτεύχθηκε από τη συστοιχία τριών (3) ηλεκτρικών στοιχείων σε σειρά ήταν περίπου 2,8 V σε ανοικτό κύκλωμα και η πτώση τάσης που έδινε η λάμπα LED στη διάρκεια της λειτουργίας της ήταν περίπου 1,8 V, πράγμα που σημαίνει ότι τόση είναι η τάση που χρειάζεται να εφαρμοσθεί στα άκρα της για να τεθεί σε λειτουργία και να ανάψει (βίντεο 1: <http://youtu.be/ShJUGyksobM>).

Επιπλέον, η συστοιχία των τριών ηλεκτρικών στοιχείων με τα παραπάνω χαρακτηριστικά μπορεί να διατηρεί αναμμένη τη λάμπα LED για 8.5 ± 0.8 h σε θερμοκρασία 30°C. Η ένταση της λάμψης της λάμπας είχε αρχίσει να εξασθενεί αισθητά μετά τις πρώτες έξι ώρες περίπου (βίντεο 2: <https://www.youtube.com/watch?v=G-LuNLhdkXc>).

Συζήτηση

Από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, σύμφωνα με τις τιμές της τάσης και της έντασης, αλλά και με βάση την επικινδυνότητα των υλικών (τοξικότητα και αναθυμιάσεις χλωρίνης), φάνηκε ότι για την ακίνδυνη και αποδοτική κατασκευή ηλεκτρικού στοιχείου στη σχολική τάξη καταλληλότερος ηλεκτρολύτης είναι το ξύδι και τα ηλεκτρόδια σύρματος χαλκού και βίδες ψευδαργύρου. Η χρήση του χαλκού και του ψευδάργυρου έχει πλεονεκτήματα έναντι των υπολοίπων υποψηφίων μετάλλων λόγω κόστους και διαθεσιμότητας στην κατάλληλη μορφή.

Επιπλέον, φάνηκε ότι το ηλεκτρικό στοιχείο είναι ελαφρώς αποδοτικότερο όσον αφορά στην τάση όταν γίνει αραιώση του ηλεκτρολύτη με απιονισμένο νερό (1:16, δηλαδή 1 μέρος ξύδι και 15 μέρη απιονισμένο νερό) (Εικόνα 5), γεγονός που πιθανόν να οφείλεται στην αύξηση του βαθμού ιοντισμού (α) του ηλεκτρολύτη. Το ξύδι (CH_3COOH) είναι ασθενές οξύ, άρα σύμφωνα με το νόμο αραιώσεως του Ostwald, για σταθερή τιμή θερμοκρασίας (K) όσο αραιώνουμε ένα διάλυμα ασθενούς ηλεκτρολύτη τόσο η τιμή του βαθμού ιοντισμού (α) του ηλεκτρολύτη αυξάνει (Λιοδάκης κ.α., 2002).

Αντίστοιχα, η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που δημιουργούσε το στοιχείο ήταν σημαντικά υψηλότερη με την αύξηση της επιφάνειας των ηλεκτροδίων, ενώ δεν επηρεάζεται από τη διαφορετική συγκέντρωση του ηλεκτρολύτη (Εικόνες 4 και 6 αντίστοιχα). Τα αποτελέσματα αυτά συνάδουν με τα δεδομένα που βρίσκουμε στη βιβλιογραφία, όπου αναφέρεται ότι η χωρητικότητα μιας μπαταρίας είναι ανάλογη της επιφάνειας των ηλεκτροδίων που είναι εκτεθειμένη στον ηλεκτρολύτη (Τσιουμπρή, 2012).

Η παρούσα έρευνα έχει την αφετηρία της στη Φυσική της Α' Γυμνασίου, προσδοκώντας να βοηθήσει του συναδέλφους να κατευθύνουν διερευνητικές απόπειρες των μαθητών τους αποφεύγοντας αποτυχημένες ή επικίνδυνες προσπάθειες και γνωρίζοντας, με βάση τους πειραματισμούς που παρουσιάστηκαν, τι να αναμένουν σε ό,τι αφορά την εξέλιξη και τα αποτελέσματα που προκύπτουν. Πιστεύουμε ωστόσο, ότι μπορεί να αξιοποιηθεί επίσης από όσους διδάσκουν Φυσική στη Γ' Γυμνασίου, στην Α' Λυκείου Γενικής Παιδείας (στα Γενικά και Επαγγελματικά Λύκεια), Βασική Ηλεκτρολογία στον τομέα Μηχανολογίας, Ηλεκτρικό Σύστημα Οχημάτων στον τομέα Οχημάτων, Ηλεκτροτεχνία I & II στον τομέα Ηλεκτρολογίας και στον τομέα Ηλεκτρονικής. Ταυτόχρονα, μπορεί να αξιοποιηθεί και από συναδέλφους της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στην κατασκευή αποδοτικού ηλεκτρικού στοιχείου και συστοιχίας ηλεκτρικών στοιχείων στην τάξη με φθηνά υλικά καθημερινής χρήσης (Φυσικά Ε' τάξη).

Βιβλιογραφία

Καλκάνης Γ. Θ., Γκικοπούλου, Ο., Καπότης, Ε., Γουσόπουλος, Δ., Πατρινόπουλος, Μ., Τσάκωνας, Π., Δημητριάδης, Π., Παπατσιμπα, Α., Μιτζήθρας, Κ., Καπόγιαννης, Α., Σωτηρόπουλος, Δ.Ι., Πολίτης Σ. και τα μέλη των συγγραφικών ομάδων των βιβλίων "Φυσικά - Ερευνώ και Ανακαλύπτω" της Ε' και Στ' τάξης του δημοτικού σχολείου (2013). Η Φυσική με Πειράματα Α' Γυμνασίου.

Κουμαράς, Π. (2009). Επιστημονικός - Τεχνολογικός Αλφαριθμητισμός. Οδηγός για την πειραματική διδασκαλία της Φυσικής. Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Χριστοδουλίδη.

Λιοδάκης Σ., Γάκης Δ., Θεοδωρόπουλος Δ. και Θεοδωρόπουλος Π. (2002). Χημεία Γ' Γενικού Λυκείου - Θετικής Κατεύθυνσης, Έκδοση Γ'/2002, Κεφ.3.

Σάββας, Στ., Καλκάνης, Γ. (1999). Κρίση στο μάθημα της Φυσικής. Η εξέλιξη της στάσης των μαθητών και η αποτελεσματικότητα του μαθήματος. Ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας και πρώτη ερευνητική προσέγγιση στην ελληνική πραγματικότητα. Πρακτικά 1ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Εφαρμογής των Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, σελ 288-293. Εκδόσεις Κ. Χριστοδουλίδης, Θεσσαλονίκη.

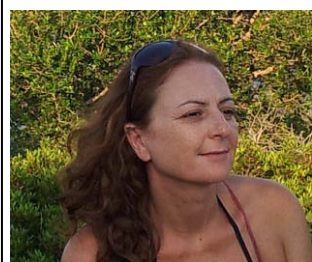
Τσιουμπρή Ε. (2012). Διπλωματική εργασία «Συσσωρευτές στα Φωτοβολταϊκά Συστήματα. Αντιμετώπιση των συνηθισμένων προβλημάτων των συσσωρευτών μολύβδου οξέος στα αυτόνομα φωτοβολταϊκά συστήματα». Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Τεχνολογίας Υπολογιστών, Πολυτεχνική Σχολή Πανεπιστημίου Πατρών.

Φασουλόπουλος, Γ. (2013). Διδάσκοντας Φυσικές Επιστήμες στο Γυμνάσιο: "Η Φυσική με Πειράματα, Α Γυμνασίου". Μια διδακτική πρόκληση, μπορεί να εξελιχθεί σε διδακτική ευκαιρία; Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση, Τεύχος 1-Χειμώνας 2013.

Hann, J. (1991). How Science Works. Reader's Digest Association in Pleasantville, N.Y.



Ο Νικόλαος Φανουράκης είναι Εκπαιδευτικός Τεχνολόγος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και διδάσκει στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση από το 2004. Ανήκει οργανικά στο 6ο Επαγγελματικό Λύκειο Ηρακλείου και υπηρετεί ως υπεύθυνος του εργαστηρίου Στοιχείων Ηλεκτρολογίας στο 1ο Εργαστηριακό Κέντρο Ηρακλείου. Διαχειρίζεται το ιστολόγιο fanourakisnikos.blogspot.gr/



Η Ελευθερία Φανουράκη είναι εκπαιδευτικός στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, Διδάκτορας του τμήματος Βιολογίας του Πανεπιστημίου Κρήτης στην κατεύθυνση της Φυσιολογίας Ιχθύων και τις Ιχθυοκαλλιέργειες. Από το 2011 είναι Υπεύθυνη στο 1ο Εργαστηριακό Κέντρο Φυσικών Επιστημών Ηρακλείου, όπου ασχολείται με την εργαστηριακή διδασκαλία των φυσικών επιστημών σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης. Διαχειρίζεται τον ιστότοπο του 1ου ΕΚΦΕ Ηρακλείου: <http://1ekfe.ira.sch.gr/>