

ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗ ARDUINO ΓΙΑ ΤΗ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΣΤΟ ΓΥΜΝΑΣΙΟ**Ν. Παπαδημητρόπουλος, Ε. Παυλάτου***

Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ, Αθήνα, Ελλάδα

(*pavlatou@chemeng.ntua.gr)**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Ο μικροελεγκτής Arduino αποτελεί μια καινοτόμο και εύκολη λύση για τη δημιουργία αυτοματισμών αλλά και για εργαστηριακό πειραματισμό από τους ίδιους τους μαθητές. Έχει ήδη χρησιμοποιηθεί σε μια ποικιλία καθημερινών εφαρμογών στο διαδίκτυο και έχει προταθεί ως μέσο διδασκαλίας στη διεθνή εκπαιδευτική έρευνα. Ο μεγάλος αριθμός των εφαρμογών των μικροελεγκτών και ειδικά του Arduino μπορεί να αποδοθεί στο γεγονός ότι ανήκει στην κατηγορία «ανοικτού κώδικα» με αποτέλεσμα την κατασκευή πληθώρας παραλλαγών μικροελεγκτών και αισθητήρων με μικρό σχετικά κόστος, στην εύκολη συναρμολόγηση και στον προγραμματισμό του, στη διαθεσιμότητα έτοιμων τμημάτων κώδικα με τους οποίους μπορεί να ξεκινήσει ένας λιγότερο έμπειρος μαθητής ή εκπαιδευτικός καθώς και στην πληθώρα οδηγιών που βρίσκονται στο διαδίκτυο. Σημαντικό σημείο που συμβάλλει στην αξιοποίηση των μικροελεγκτών Arduino στη διδασκαλία είναι η δυνατότητα ενσύρματης ή και ασύρματης επικοινωνίας με άλλες τεχνολογίες όπως οι Η/Υ, τα Smart Phones κτλ. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται παραδείγματα εφαρμογής του μικροελεγκτή Arduino για την πραγματοποίηση πειραμάτων που αφορούν στο μάθημα της Χημείας Γυμνασίου και αξιοποιούν τους αισθητήρες θερμοκρασίας, pH, TDS και αερίου CO₂. Επίσης παρουσιάζονται τα αποτελέσματα από την χρήση του αισθητήρα TDS για τον υπολογισμό της αλατότητας θαλασσινού νερού από μαθητές Γυμνασίου σε συνδυασμό με την αξιοποίηση των κινητών τους τηλεφώνων για την ασύρματη καταγραφή των μετρήσεων και την σχεδίαση της απαιτούμενης γραφικής παράστασης. Καθηγητές Δ/θμιας Εκπ/σης και οι ίδιοι οι μαθητές ανέφεραν ότι δεν παρατηρήθηκε δυσκολία στον χειρισμό των αισθητήρων μέσω του κινητού τους τηλεφώνου και ότι όλη η προσπάθεια που καταβλήθηκε επικεντρώθηκε στις Χημικές διαδικασίες. Αναδεικνύεται ότι οι αισθητήρες Arduino μπορούν να αξιοποιηθούν για την πραγματοποίηση πειραμάτων Χημείας στο Γυμνάσιο όταν εμπλέκουν απλά όργανα και υλικά και μέσα με τα οποία έχουν εξοικειωθεί οι μαθητές όπως είναι το κινητό τους τηλέφωνο.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

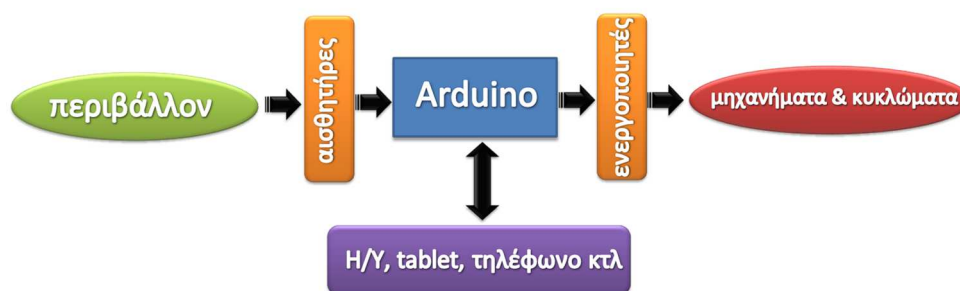
Η τεχνολογία εξαπλώνεται σε όλους τους τομείς της καθημερινής ζωής των μαθητών. καθώς χειρίζονται σε καθημερινή βάση Η/Υ, Smartphones και άλλα Gadgets. Η εμπλοκή των τεχνολογιών αυτών στη διδακτική διαδικασία μπορεί να δώσει εργαλεία στον εκπαιδευτικό που μπορούν να αξιοποιηθούν σχετικά εύκολα και από τους ίδιους αλλά και από τους μαθητές. Επίσης, η ενασχόληση των μαθητών με μέσα που εμπλέκουν τις τελευταίες τεχνολογικές εξελίξεις μπορεί να τους δώσει κίνητρα για τη μάθηση. Παράλληλα, η εμπλοκή των νέων τεχνολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία μέσα από πραγματικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η ανθρωπότητα π.χ. ρύπανση ή μέσα από καθημερινές εφαρμογές, μπορεί να δώσει νόημα στη μάθηση με αποτέλεσμα την ενεργοποίηση του γνωστικού δυναμικού των μαθητών. Η «μάθηση πλαισίου» (context-based learning) αποτελεί μια προσέγγιση στη διδασκαλία που χρησιμοποιεί αυθεντικά πλαίσια ως αφετηρία για την διδασκαλία των επιστημονικών εννοιών, αντίθετα με την κλασική προσέγγιση κατά την οποία αρχικά διδάσκονται οι έννοιες και κατόπιν παρουσιάζονται παραδείγματα με τα οποία αναδεικνύεται η εφαρμογή των εννοιών^[1]. Κατά τη διδασκαλία μέσα στην τάξη ή σε κάποιο project έξω από αυτήν, βάσει της μάθησης πλαισίου, μπορούν να χρησιμοποιηθούν καθημερινές εφαρμογές ή επιστημονικά αυθεντικές καταστάσεις. Μέσα από αυτές οι μαθητές επιτελούν δραστηριότητες που τους βοηθούν μαθητές να δώσουν νόημα στην μάθηση, αυξάνοντας κατά συνέπεια τα κίνητρά τους^[2].

Προς αυτή την κατεύθυνση διερευνήσαμε τη δυνατότητα εφαρμογής μικροελεγκτή Arduino σε συνδυασμό με την χρήση Smartphone σε ένα διδακτικό σενάριο το οποίο αφορά στον προσδιορισμό της «αλατότητας θαλασσινού νερού». Η δραστηριότητα αυτή μπορεί να ενταχθεί στη διδασκαλία της περιεκτικότητας της Χημείας Β΄ Γυμνασίου.

Ο ΜΙΚΡΟΕΛΕΓΚΤΗΣ ARDUINO

Τα τελευταία χρόνια έχει προταθεί από έρευνες στη διδασκαλία της Χημείας η ένταξη των μικροελεγκτών, όπως το Arduino. Οι μικροελεγκτές μπορούν να συνδέονται και να ελέγχονται από Η/Υ και άλλες συσκευές μέσω του διαδικτύου ως εφαρμογές IoT (Internet of Things)^[3] ή μέσω σύνδεσης τους με Bluetooth ή ενσύρματα μέσω καλωδίου USB. Αυτοί οι μικροελεγκτές είναι συμπαγή, ολοκληρωμένα κυκλώματα (σαν μικροί Η/Υ) που είναι σχεδιασμένοι να ελέγχουν συγκεκριμένες διαδικασίες, να λαμβάνουν σήματα από μια μεγάλη ποικιλία αισθητήρων και να αλληλοεπιδρούν με ενεργοποιητές^[4] όπως ρελέ, μοτέρ, αντλίες νερού κτλ. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην καθημερινή ζωή αλλά και στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών και υπάρχουν άφθονα βίντεο, εικόνες και οδηγίες στο διαδίκτυο από όπου μπορούν να αντλήσουν πληροφορίες οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί ώστε να πραγματοποιήσουν χημικές αναλύσεις, οικιακούς αυτοματισμούς, φροντίδα καλλιεργειών και παρακολούθηση βιομετρικών χαρακτηριστικών. Παράλληλα υπάρχουν δημοσιευμένες έρευνες σε επιστημονικά περιοδικά που αφορούν στη διδασκαλία με τη χρήση μικροελεγκτών^[3, 5-8].

Ο μικροελεγκτής αντλεί τις πληροφορίες από το περιβάλλον του μέσω αισθητήρων που είναι συνδεδεμένοι σε αυτό, τις επεξεργάζεται μέσω του κώδικα που έχει σχεδιάσει και έχει φορτώσει σε αυτόν ο χρήστης του και ακολούθως δίνει τις κατάλληλες εντολές σε ενεργοποιητές και μηχανήματα, στο πλαίσιο κάποιου αυτοματισμού (Σχήμα 1). Ο «ανοιχτός» χαρακτήρας των μικροελεγκτών έχει δώσει την ευκαιρία σε πολλούς κατασκευαστές να σχεδιάσουν και να προμηθεύσουν τους χρήστες με μια τεράστια γκάμα από αισθητήρες και ενεργοποιητές που έχουν σχετικά χαμηλό κόστος. Σημαντική είναι η δυνατότητα αποστολής των μετρήσεων και της αποδοχής εντολών από άλλες τεχνολογίες όπως ο Η/Υ, τα Tablets, τα Smartphones κτλ. καθώς ο μικροελεγκτής Arduino μπορεί να επικοινωνήσει σχετικά εύκολα με άλλα περιβάλλοντα όπως τα Windows και το Android.



Σχήμα 1. Ροή δεδομένων με επίκεντρο τον μικροελεγκτή Arduino.

Με βάση το παραπάνω σχήμα ροής δεδομένων, οι μαθητές μπορούν να εμπλακούν στην κατασκευή μιας πιο σύνθετης εφαρμογής, στα πλαίσια ενός project ή μιας πιο μικρής στα πλαίσια του αναλυτικού προγράμματος^[9].

Παραδείγματα χρήσης αισθητήρων στο πλαίσιο του αναλυτικού προγράμματος είναι:

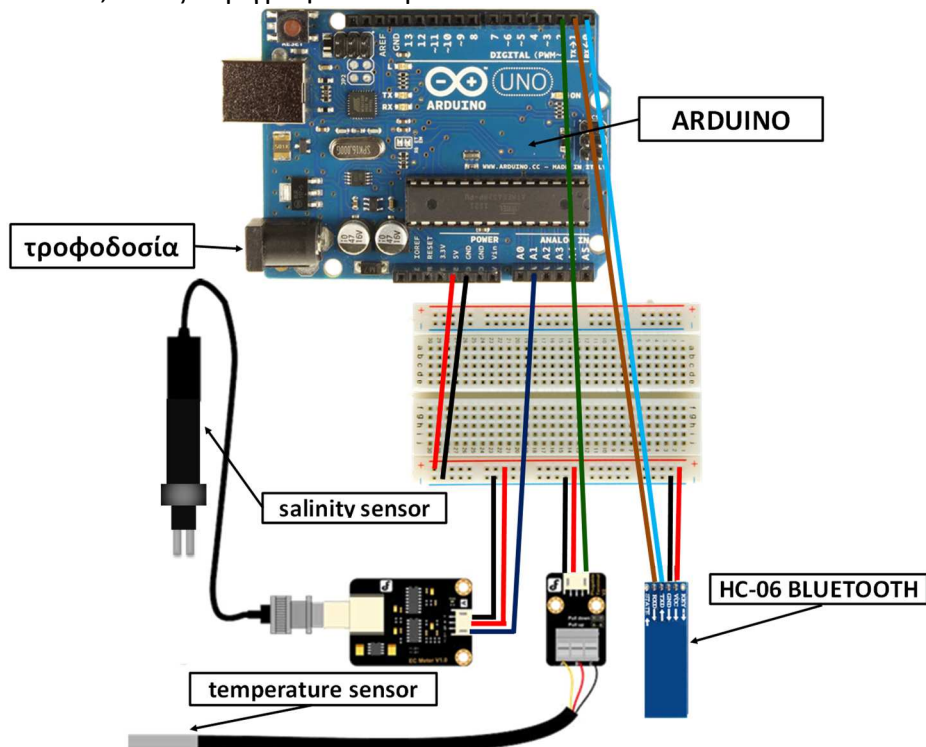
- α. η χρήση του αισθητήρα TDS (ολικά διαλυμένα στερεά) για την μέτρηση της περιεκτικότητας ενός διαλύματος σε αλάτι (Χημεία Β΄ Γυμνασίου: περιεκτικότητα)
- β. η χρήση του αισθητήρα της θερμοκρασίας για την παρακολούθηση εξώθερμων και ενδόθερμων αντιδράσεων (Χημεία Β΄ Γυμνασίου: χημικές αντιδράσεις)
- γ. η χρήση του αισθητήρα pH για την πραγματοποίηση μετρήσεων οξύτητας-αλκαλικότητας σε υλικά καθημερινής χρήσης (Χημεία Γ΄ Γυμνασίου: οξέα-βάσεις).
- δ. η χρήση του αισθητήρα του CO₂ για την παρακολούθηση της αντίδρασης των διαλυμάτων των

οξέων με τα ανθρακικά άλατα (Χημεία Γ΄ Γυμνασίου: οξέα-βάσεις)

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

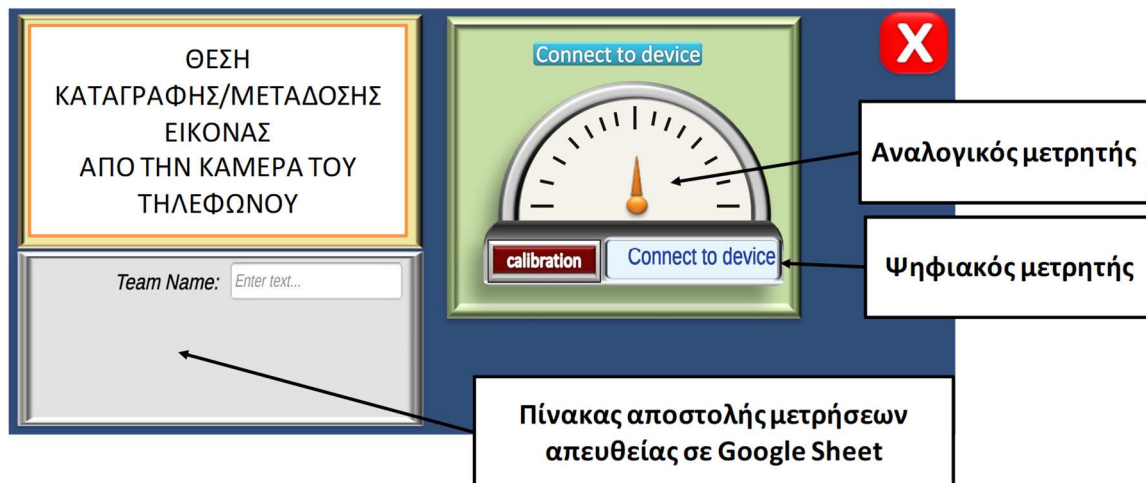
Οι αισθητήρες TDS χρησιμοποιήθηκαν στα πλαίσια μιας διδακτικής επίσκεψης 30 περίπου μαθητών Γυμνασίου, οι οποίοι παρακολουθούν Όμιλο Φυσικών Επιστημών και Ρομποτικής, στη Σαλαμίνα το σχολικό έτος 2018-19. Σκοπός της επίσκεψης ήταν η μέτρηση της περιεκτικότητας του θαλασσινού νερού της περιοχής σε αλάτι.

Η πειραματική διάταξη συναρμολογήθηκε από τους ίδιους τους μαθητές στα πλαίσια των δράσεων του Ομίλου και συνδύαζε τον αισθητήρα TDS, θερμοκρασίας και Bluetooth HC-06 ώστε να υπάρχει δυνατότητα σύνδεσης του Arduino με Smartphone (Σχήμα 2). Για τις ανάγκες του πειράματος το Arduino μετρούσε την τάση εξόδου του αισθητήρα TDS και την θερμοκρασία από τον αντίστοιχο αισθητήρα ώστε οι μαθητές να κάνουν κατόπιν αντιστοίχιση της τάσης σε περιεκτικότητα του διαλύματος σε αλάτι, όπως περιγράφεται παρακάτω.



Σχήμα 2. Η πειραματική διάταξη που χρησιμοποιήθηκε για την μέτρηση της περιεκτικότητας σε αλάτι.

Στα Smartphones των μαθητών είχε εγκατασταθεί εφαρμογή που αναπτύχθηκε «εκ του μηδενός» για τις ανάγκες της έρευνας χρησιμοποιώντας το προγραμματιστικό περιβάλλον Unity 3D. Η εφαρμογή συνδέονταν στο Bluetooth HC-06 του Arduino και κατέγραφε τις μετρήσεις του αισθητήρα της θερμοκρασίας ή της τάσης εξόδου από τον αισθητήρα TDS (Σχήμα 3). Οι μετρήσεις καταγράφονταν από τους μαθητές σε φύλλο εργασίας ώστε να σχεδιάσουν το διάγραμμα της τάσης συναρτήσει της περιεκτικότητας. Παράλληλα η εφαρμογή ενσωμάτωνε την δυνατότητα αποστολής κάθε μέτρησης στο διαδίκτυο σε ειδικό φύλλο GoogleSheet για περαιτέρω επεξεργασία.

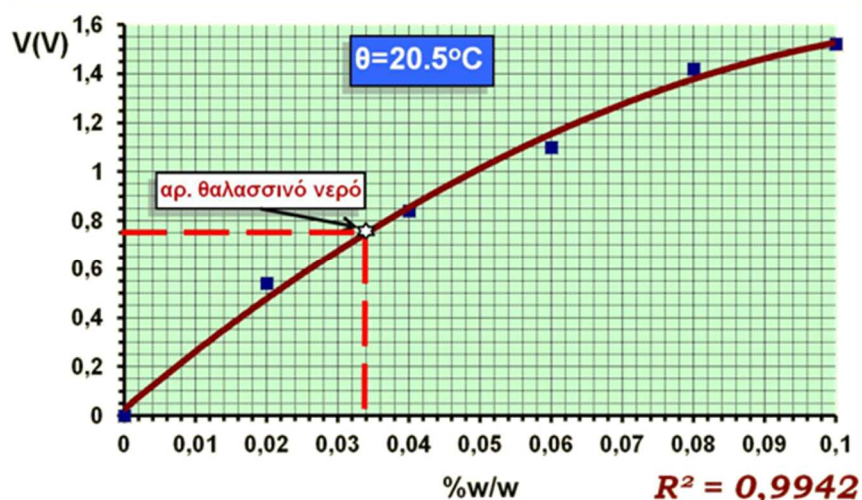


Σχήμα 3. Η εφαρμογή που χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή των μετρήσεων μέσω των Smartphones των μαθητών.

Το πρώτο βήμα της πειραματικής διαδικασίας ήταν η βαθμονόμηση αισθητήρα TDS. Πιο συγκεκριμένα, οι μαθητές εργαζόμενοι σε ομάδες των 4-5 ατόμων με τη χρήση σειράς πρότυπων διαλυμάτων μαγειρικού άλατος (0%w/w, 0,020%w/w, 0,040%w/w, 0,060%w/w, 0,080%w/w και 0,100%w/w), που είχαν ήδη παρασκευάσει και μεταφέρει μαζί τους στην επίσκεψη, κατασκεύασαν το διάγραμμα της τάσης εξόδου του αισθητήρα V ως προς την %w/w περιεκτικότητα του πρότυπου διαλύματος. Μέτρησαν επίσης και τη θερμοκρασία όλων των διαλυμάτων ώστε να διαπιστώσουν ότι είχαν την ίδια θερμοκρασία.

Κατόπιν, χρησιμοποίησαν το διάγραμμα τάσης – περιεκτικότητας για τον υπολογισμό άγνωστης περιεκτικότητας του θαλασσινού νερού που έλαβαν από την γύρω περιοχή. Για διδακτικούς λόγους η αγωγιμότητα του νερού αποδόθηκε μόνο στην περιεκτικότητα σε NaCl. Επίσης καθώς ο συγκεκριμένος αισθητήρας μπορεί να μετρήσει περιεκτικότητες από 0-0,1%w/w, το θαλασσινό νερό αραιώθηκε κατά 100 φορές με απιονισμένο νερό αραιώνοντας 10mL θαλασσινού νερού μέχρις όγκου 1L.

Στο σχήμα 4 παρουσιάζεται το διάγραμμα της τάσης συναρτήσει της περιεκτικότητας των προτύπων διαλυμάτων άλατος για μια από τις ομάδες των μαθητών και ο υπολογισμός της περιεκτικότητας του αραιωμένου θαλασσινού νερού. Οι μαθητές βρήκαν ότι η περιεκτικότητα του αραιωμένου θαλασσινού νερού ήταν 0,034%w/w και κατ' επέκταση ότι η περιεκτικότητα του δείγματος θαλασσινού νερού που είχαν λάβει από την γύρω περιοχή της Σαλαμίνας ήταν 3,4%w/w.



Σχήμα 4. Διάγραμμα τάσης συναρτήσει της %w/w περιεκτικότητας σε αλάτι.

Η διαδικασία επιβλέπονταν από 5 Καθηγητές Δ/θμιας Εκπ/σης. Και οι μαθητές αλλά και οι εκπαιδευτικοί δεν ανέφεραν ιδιαίτερες δυσκολίες στην πραγματοποίηση των διαδικασιών, γεγονός το οποίο μπορεί να αποδοθεί στην ευκολία χρήσης της πειραματικής διάταξης, στην εξοικείωσή των μαθητών με την κατασκευή γραφικών παραστάσεων, καθώς το διδάχθηκαν στο μάθημα της Φυσικής Α΄ Γυμνασίου και τέλος στην εξοικείωσή τους με την χρήση του Smartphone.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο μικροελεγκτής Arduino αποτελεί μια φθηνή και σχετικά εύκολη λύση για τον πειραματισμό των μαθητών στο μάθημα της Χημείας. Οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να πραγματοποιήσουν πολύπλοκες πειραματικές διαδικασίες όπως η βαθμονόμηση των αισθητήρων αλλά και πιο μικρές διαδικασίες όπως απλές μετρήσεις σε υλικά καθημερινής χρήσης είτε μέσα είτε έξω από την σχολική τάξη. Και οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί μπορούν να συνδυάσουν την χρήση του μικροελεγκτή Arduino με τα κινητά τους τηλέφωνα. Σκοπός του συνδυασμού των κινητών τηλεφώνων είναι η αύξηση των κινήτρων για την μάθηση αξιοποιώντας τεχνολογίες με τις οποίες οι μαθητές είναι αρκετά εξοικειωμένοι.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] P.G. Mahaffy, T.A. Holme, L. Martin-Visscher, B.E. Martin, A. Versprille, M. Kirchhoff, L. McKenzie, M. Towns. *J. Chem. Educ.* 94 (8) (2017) 1027-1035.
- [2] A. Pilot, R. Taconis, P.D. Brok. *Teachers Creating Context-Based Learning Environments* (2016) 225-242.
- [3] C. Mercer, D. Leech. *J. Chem. Educ.* 95 (7) (2018) 1221-1225.
- [4] P. Enciso, L. Luzuriaga, S. Botasini. *J. Chem. Educ.* 95 (7) (2018) 1173-1178.
- [5] N. Famularo, Y. Kholod, D. Kosenkov. *J. Chem. Educ.* 93 (1) (2016) 175-181.
- [6] Q. Zhang, L. Brode, T. Cao, J.E. Thompson. *J. Chem. Educ.* 94 (10) (2017) 1562-1566.
- [7] R. Soong, K. Agmata, T. Doyle, A. Jenne, T. Adamo, A. Simpson, *J. Chem. Educ.* 2018, 95 (12) (2018) 2268-2272.
- [8] P.L. Urban, *J. Chem. Educ.* 2014, 91 (5), 751-752.
- [9] Κ. Δαλακώστα, Ν. Παπαδημητρόπουλος, Κ. Κορδάτος, Ε. Παυλάτου, Ε. 2ο Συνέδριο Διδακτικής Ονοματολογίας – Ορολογίας της Χημείας, Αθήνα, Ένωση Ελλήνων Χημικών: Αθήνα, 2018.