ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 13 (2024)

13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση: ΠΡΑΚΤΙΚΑ

Εκπαιδευτική αξιοποίηση καινοτόμων πράσινων υλικών στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση: Η περίπτωση των ιοντικών υγρών

Γεώργιος Μητελούδης, Ευστράτιος Καπότης, Θεόδωρος Καρακασίδης

doi: 10.12681/codiste.7045

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** ΕΚΤ | **Πρόσβαση:** 26/03/2026 22:51:24

ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙΝΟΤΟΜΩΝ ΠΡΑΣΙΝΩΝ ΥΛΙΚΩΝ ΣΤΗ ΔΕΥΤΕΡΟΒΑΘΜΙΑ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΙΟΝΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ

Γεώργιος Μητελούδης[1], Ευστράτιος Καπότης[2], Θεόδωρος Καρακασίδης[3]

[1]Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης, [2]Διδάσκων Τμ. Φυσικής Παν. Θεσσαλίας,
[3]Καθηγητής Τμ. Φυσικής Παν. Θεσσαλίας

georgiosmiteloudes@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ένταξη σύγχρονων επιστημονικών θεωριών και τεχνολογικών εφαρμογών στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι ένα διαχρονικό αίτημα και ζητούμενο από ερευνητές και εκπαιδευτικούς. Στην πράξη, όμως, υπάρχουν αρκετές δυσκολίες σχετικά με αυτό. Η παρούσα εργασία προσπαθεί να φέρει στο εκπαιδευτικό προσκήνιο μια νέα κατηγορία διαλυτών με «πράσινο» χαρακτήρα, εκπληκτικές ιδιότητες και φιλικές για το περιβάλλον εφαρμογές, τα ιοντικά υγρά. Επιπρόσθετα, αναφέρονται προτάσεις για την ενσωμάτωσή τους στην εκπαίδευση, σε σχολικό ή πανεπιστημιακό επίπεδο.

Λέξεις κλειδιά: Εκπαιδευτικές προτάσεις, σύγχρονες τεχνολογικές εφαρμογές, ιοντικά υγρά

EDUCATIONAL UTILIZATION OF INNOVATIVE GREEN MATERIALS IN SECONDARY EDUCATION: THE CASE OF IONIC LIQUIDS

George Miteloudis[1], Efstratios Kapotis[2], Theodoros Karakasidis[3]

[1] Secondary Education Teacher, [2]Teaching staff, Department of Physics UTH,
[3]Professor, Department of Physics UTH

georgiosmiteloudes@gmail.com

ABSTRACT

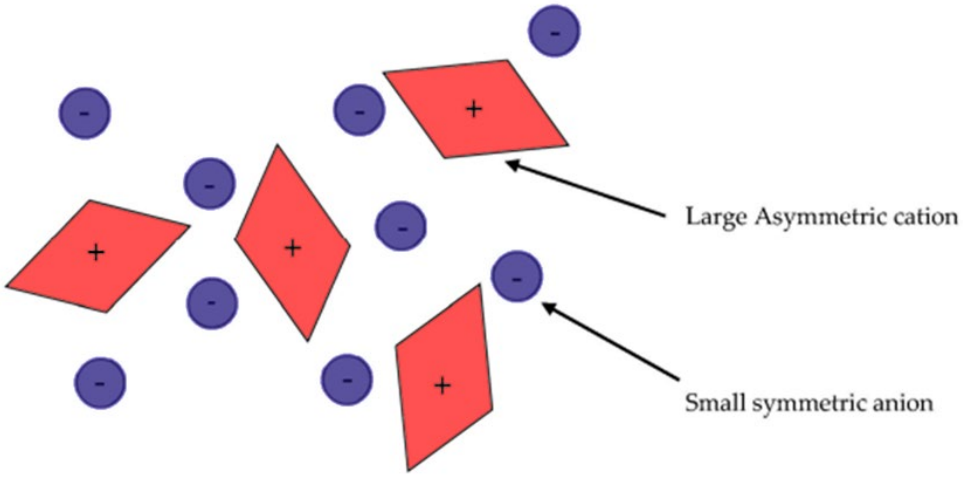
Including modern scientific theories and technological applications in the educational process is a perennial request from researchers and educators. But in practice, there are several difficulties regarding this. The present paper tries to bring to the educational foreground a new category of solvents with a "green" character, amazing properties and environmentally friendly applications, the ionic liquids. In addition, proposals are made for integrating ionic liquids in education, at school or university level.

Keywords: Educational proposals, modern technological applications, ionic liquids

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ, ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΙΣΤΟΡΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Τα ιοντικά υγρά (Ionic Liquids/ILs) είναι υγρά άλατα με σημείο τήξης που κυμαίνεται από -85 °C έως 223 °C. Ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζουν οι ενώσεις με σημείο τήξης < 100°C (Room Temperature Ionic Liquids/RTILs), σε αντίθεση με τα γνωστά μας άλατα, που το σημείο τήξης τους είναι γενικά μεγαλύτερο των 500 °C (Seddon et al., 2000). Τα ιοντικά υγρά (ΙΥ) αποτελούνται αποκλειστικά από ιόντα και συγκεκριμένα από ένα μεγάλο οργανικό κατιόν και ένα μικρό οργανικό ή ανόργανο ανιόν, σχηματίζοντας ασύμμετρες, μη κρυσταλλικές ενώσεις (Rogers & Seddon, 2002).

Σχήμα 1. Απεικόνιση της δομής ενός ιοντικού υγρού (ΙΥ) αποτελούμενο από ένα μεγάλο, ογκώδες ασύμμετρο κατιόν και ένα σχετικά μικρό συμμετρικό ανιόν (Maniam & Paul, 2020)



Ο όρος «ιοντικό υγρό» με την τωρινή του σημασία δημιουργήθηκε από τον Barrer το 1943 και η ονοματολογία τους στηρίζεται στα ιόντα από τα οποία αποτελούνται. Πρώτα αναφέρεται το όνομα του κατιόντος και ακολουθεί το όνομα του ανιόντος. Τα ΙΥ συνεχώς αυξάνονται σε αριθμό για αυτό και κατηγοριοποιούνται σε σχέση με τις ιδιότητες και τα χαρακτηριστικά τους, μπορεί για παράδειγμα να διακρίνονται σε υδρόφιλα και υδρόφοβα, αν κριτήριο είναι η σχέση τους με το νερό.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΟ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΝ ΤΩΝ ΙΟΝΤΙΚΩΝ ΥΓΡΩΝ

Τα ιοντικά υγρά διαθέτουν πολλές και σημαντικές ιδιότητες, που οδήγησαν την ερευνητική κοινότητα να τα μελετήσουν σε βάθος και να τα χρησιμοποιήσουν σε πλήθος καινοτόμων τεχνολογιών και εφαρμογών. Η υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα τους, τα μεγάλα ηλεκτροχημικά παράθυρα, η μη πτητικότητα και, κατά συνέπεια, η μη ευφλεκτότητά τους συμβάλλουν στη χρήση τους ως ηλεκτρολύτες για την ανάπτυξη αποδοτικότερων και ασφαλέστερων μπαταριών, φωτοβολταϊκών και υπερπυκνωτών. Η υγρή φάση τους σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και η αμελητέα τάση ατμών συμβάλλουν στη χρήση τους ως διαλύτες για την παραγωγή βιοκαυσίμων και τη διάλυση κυτταρίνης, λιγνίνης και λιγνοκυτταρίνης. Στη βιβλιογραφία τα ΙΥ αναφέρονται ως «διαλύτες σχεδιασμού», επειδή μπορούμε να τα σχεδιάζουμε και να χρησιμοποιούμε τις ιδιότητές τους ανάλογα με τις εφαρμογές που θέλουμε (Badgujar & Bhanagc, 2015). Η ελάχιστη τάση ατμών, η σταθερότητα για μακροχρόνια αποθήκευση και η χαμηλή διαλυτότητά τους στους υδρογονάνθρακες είναι

ιδιότητες που επιτρέπουν τον εύκολο χειρισμό τους ως καταλύτες στα διυλιστήρια (τεχνολογία ISOALKY) για την παραγωγή αλκυλικής βενζίνης, με πολύ λιγότερες επιπτώσεις στο περιβάλλον. Επίσης, μαγνητικά νανοσύνθετα με δομή πυρήνα-κελύφους δημιουργήθηκαν με τη συμμετοχή ιοντικών υγρών (Xie & Wang, 2021) για την παραγωγή βιοντίζελ ως καταλύτες, αντικαθιστώντας το υδροχλωρικό (HCl) και το θειϊκό οξύ (H2SO4) με όλα τα μειονεκτήματα που τα συνοδεύουν (χρονοβόρος διαχωρισμός, διάβρωση εξοπλισμού και περιβαλλοντική ρύπανση). Συνοψίζοντας, η μικρή πτητική τάση των ιοντικών υγρών, η χαμηλή ευφλεκτότητά τους, καθώς και η δυνατότητα τους να επαναχρησιμοποιούνται ή να ανακυκλώνονται, τους έχουν δώσει την ετικέτα των «πράσινων υλικών».

ΤΑ ΙΟΝΤΙΚΑ ΥΓΡΑ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ
ΓΕΝΙΚΗ ΘΕΩΡΗΣΗ ΚΑΙ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Η UNESCO, στην έκθεσή της «Εκπαίδευση για ένα βιώσιμο μέλλον» (UNESCO, 1997), θεωρεί ότι η Εκπαίδευση είναι το κλειδί για να επιτευχθεί μια βιώσιμη κοινωνία. Η παραδοσιακή εκπαίδευση, ειδικότερα στο μάθημα της Χημείας, μεταδίδει στους μαθητές έννοιες, αρχές και θεωρίες (όπως μηχανικές ιδιότητες, σχέση μεταξύ δομής και ιδιοτήτων ή χημικής δομής και θεωρίας χημικών δεσμών), χωρίς να τους εισάγει στις διαδικασίες της έρευνας (Mudzakir, Hernani, Widhiyanti, & Sudrajat, 2017). Από την άλλη πλευρά, η μελέτη και η εισαγωγή των ιοντικών υγρών στην εκπαίδευση μπορεί να ωθήσει τους μαθητές να κατανοήσουν τη σύνδεση της επιστήμης με τη καθημερινή ζωή (Pernaa, Kämppi, & Aksela, 2022). Η θεωρητική τους μελέτη και οι επιστημονικές – τεχνολογικές διαστάσεις τους είναι σύγχρονες και σχετικές με τις βιώσιμες, κοινωνικές και τεχνολογικές εξελίξεις, προσφέροντας μοναδικές δυνατότητες στη διδασκαλία των μαθημάτων της Χημείας, της Φυσικής και της Τεχνολογίας. Στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση, τα ΙΥ θα μπορούσαν να εισαχθούν σε μαθήματα Χημείας Πανεπιστημιακών ή Πολυτεχνειακών Τμημάτων, ιδιαίτερα με τη μορφή εργαστηριακών πειραμάτων και δραστηριοτήτων.

Οι Hernani et al., (2016) αναφέρουν ότι ένα σύγχρονο πρόγραμμα σπουδών θα πρέπει να συνδυάζει το καθιερωμένο περιεχόμενο και τις μεθόδους με κάτι καινοτόμο μέσα από την από την καθημερινή ζωή, την επιστήμη, την τεχνολογία, το περιβάλλον και τον πολιτισμό. Αυτές οι πηγές της γνώσης μπορούν να συλλεχθούν και με μια διδακτική και μεθοδολογία (όπως ερμηνεία εννοιών, πειραμάτων, άρθρων από τα μέσα μαζικής ενημέρωσης) να προκύψει κατάλληλο διδακτικό υλικό. Στην ίδια έρευνα αναφέρεται ότι η βασική γνώση της σύγχρονης επιστήμης που θα περιέχεται στο πρόγραμμα σπουδών πρέπει να στηρίζεται σε τομείς όπως η Κβαντική Φυσική, ή η Επιστήμη των υλικών και να μπορεί να παρουσιαστεί σε μαθητές Λυκείου. Ακόμη, τα όργανα των σχολικών εργαστηρίων θα πρέπει να υποστηρίζουν τις σύγχρονες επιστήμες και οι μαθητές θα πρέπει να έχουν τουλάχιστον τις βασικές γνώσεις για σύγχρονα επιστημονικά θέματα.

Η τεχνολογία που βασίζεται σε ιοντικά υγρά μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πλαίσιο για την εκμάθηση της Χημείας στα Γυμνάσια και τα Λύκεια για τους ακόλουθους λόγους:

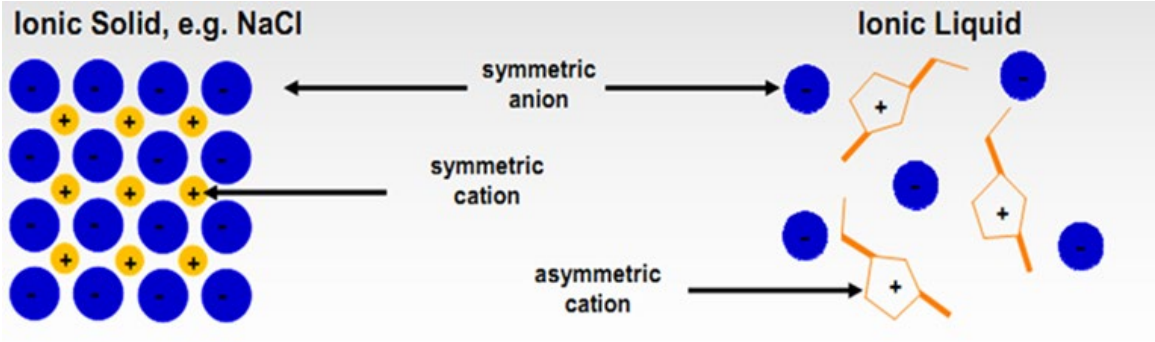
- η σημασία της επιστημονικής κοινότητας και της διεθνούς τεχνολογίας στη χρήση ΙΥ ως νέας γενιάς πράσινα υλικά ολοένα αυξάνεται και ταυτόχρονα υπάρχουν συνεχείς απαιτήσεις της βιομηχανίας για τη δημιουργία νέων υλικών που είναι αξιόπιστα και ασφαλή (Earle & Seddon, 2000).
- πολλές έννοιες, αρχές, νόμοι, και θεωρίες που περιέχονται ή χρησιμοποιούνται στα μαθήματα της Χημείας μπορούν να εξηγηθούν με το πλαίσιο των ιοντικών υγρών και
- η σύγχρονη τεχνολογία που βασίζεται στα ΙΥ μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί ως προτροπή για την ενίσχυση της επιστημονικής συμπεριφοράς των μαθητών (Hernani et al., 2016).

Αν και μπορεί να μην το αντιλαμβανόμαστε, τα ιοντικά υγρά βρίσκονται ήδη στην καθημερινότητά μας και μέσα στο σπίτι μας, με τη μορφή μαλακτικών ρούχων, οικιακών βαφών κ.ά.. Παρά ταύτα, απουσιάζουν από τα μαθήματα της Φυσικής και Χημείας στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση διεθνώς αλλά και στη χώρα μας.

Η περίπτωση του Λυκείου

Οι Hernani et al., (2017), σε άλλη τους έρευνα, θεωρούν ότι το θεωρητικό και τεχνολογικό πλαίσιο των ΙΥ μπορεί να εμπλουτίσει τα σχολικά εγχειρίδια της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τη μελέτη της δύναμης της τριβής, το ιξώδες, καθώς και για τα χαρακτηριστικά που θα πρέπει να έχει ένα λιπαντικό μέσο. Επίσης, θα μπορούσε, στα κεφάλαια που πραγματεύονται τον μαγνητισμό, να εισαχθεί μια καινοτόμος ερευνητική περιοχή για τον μαγνητισμό των υγρών, δεδομένου ότι υπάρχουν ιοντικά υγρά, όπως το τετραχλωροσιδηρικό 1-βουτυλ-3-μεθυλιμιδαζόλιο ([bmim] [FeCl4]), που έχουν μοναδικές παραμαγνητικές ιδιότητες και μεγάλη μαγνητική επιδεκτικότητα. Φυσικά, σε μια τέτοια προσέγγιση, δεν πρέπει να παραλείψουμε τη σύγχυση που υπάρχει μεταξύ των τηγμένων αλάτων (όπως το NaCl) και των ΙΥ. Οι ιοντικοί κρύσταλλοι του NaCl οφείλονται στις ισχυρές ελκτικές δυνάμεις Coulomb μεταξύ των ιόντων του. Στα ΙΥ, παρόλο που υπάρχουν αντίστοιχες δυνάμεις, υπάρχουν επιπλέον μοριακές ασυμμετρίες ενός τουλάχιστον ιόντος, που δεν επιτρέπουν στις ηλεκτροστατικές έλξεις να προκαλέσουν κρυστάλλωση (Σχήμα 2).

Σχήμα 2. Διαφορές τηγμένων αλάτων και ιοντικών υγρών (Abid & Musa, 2019)



Επίσης, η μελέτη των ΙΥ θα μπορούσε να διευρύνει τη σκέψη των μαθητών δεδομένου ότι το κατιόν δεν προέρχεται μόνο από το άτομο μετάλλου αλλά και από θετικά φορτισμένα οργανικά μόρια, όπως συμβαίνει σε ένα ΙΥ. Το πεδίο των ΙΥ μπορεί να συνδυαστεί και με τη διδασκαλία χημικών εννοιών, όπως τη σχέση δομής-ιδιότητας και τη ρευστή μετάβαση των ιδιοτήτων από μοριακά σε ιοντικά συστατικά. (Rauber, et al., 2019). Πολλά είναι τα παραδείγματα που συσχετίζουν τα ΙΥ και την καθημερινή ζωή και μπορούν να εμπλουτίσουν τα σχολικά βιβλία, οι ηλεκτρολύτες, η νανοκυτταρίνη, οι τεχνητοί μύες και γενικά τα πολυμερή (Hernani et al., 2017).

Για το επίπεδο του Λυκείου, προτείνεται το πλαίσιο των ιοντικών υγρών να εισαχθεί στο Πρόγραμμα Σπουδών της Χημείας της Β΄ και Γ΄ τάξης, καθώς η Οργανική Χημεία περιλαμβάνεται ήδη, αλλά και επειδή οι εφαρμογές της έχουν εξέχουσα σημασία στην επιστήμη και την καθημερινή μας ζωή. Επίσης, τα ΙΥ θα μπορούσαν να ενταχθούν στο μάθημα της Φυσικής, διότι οι περισσότερες εφαρμογές τους έχουν σχέση με φαινόμενα και νόμους της Φυσικής.

Η περίπτωση του Γυμνασίου

Το Πρόγραμμα Σπουδών της Χημείας της Γ΄ γυμνασίου περιλαμβάνει ενότητες για τα οξέα, τις βάσεις, τα άλατα, το πετρέλαιο, τους υδρογονάνθρακες, τα πολυμερή, τις αλκοόλες κ.ά.. Τα ΙΥ θα μπορούσαν να ενταχθούν σε ενότητα με τίτλο «τα πράσινα υλικά και οι εφαρμογές τους». Επίσης, θα μπορούσαν να ενταχθούν και στο μάθημα της Τεχνολογίας της Γ΄ γυμνασίου, μιας και αυτό συνδέει την Τεχνολογία με

επίκαιρα Φυσικο-Χημικά θέματα και φαινόμενα. Μια επιπρόσθετη πρόταση θα ήταν η δημιουργία ενός νέου καινοτόμου μαθήματος (θα μπορούσε να τιτλοφορείται «Πράσινες Εφαρμογές») που θα περιλαμβάνει τα ιοντικά υγρά και θα συνδυάζει την Επιστήμη με την Τεχνολογία, στο πλαίσιο της Βιώσιμης Ανάπτυξης, μέσα από σύγχρονες επιστημονικές και εκπαιδευτικές δραστηριότητες.

Με δεδομένο ότι στα Γυμνάσια, μετά το τέλος των καθημερινών μαθημάτων, υλοποιούνται διάφορες δράσεις που σκοπό έχουν να ευαισθητοποιήσουν τους μαθητές με σύγχρονα κοινωνικά ζητήματα θα μπορούσαν οι Φυσικές Επιστήμες (και κατά συνέπεια η εισαγωγή της θεματικής των ΙΥ) να αξιοποιούνται μέσω Περιβαλλοντικών δράσεων, Επιστημονικών εφαρμογών και Ευρωπαϊκών προγραμμάτων (για παράδειγμα τα διάφορα προγράμματα Erasmus). Τέλος, προτείνονται δράσεις, εκτός του ωρολογίου προγράμματος, στο πλαίσιο της Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης, όπου τα ιοντικά υγρά μπορούν να αξιοποιηθούν διδακτικά λόγω του «πράσινου» χαρακτήρα τους.

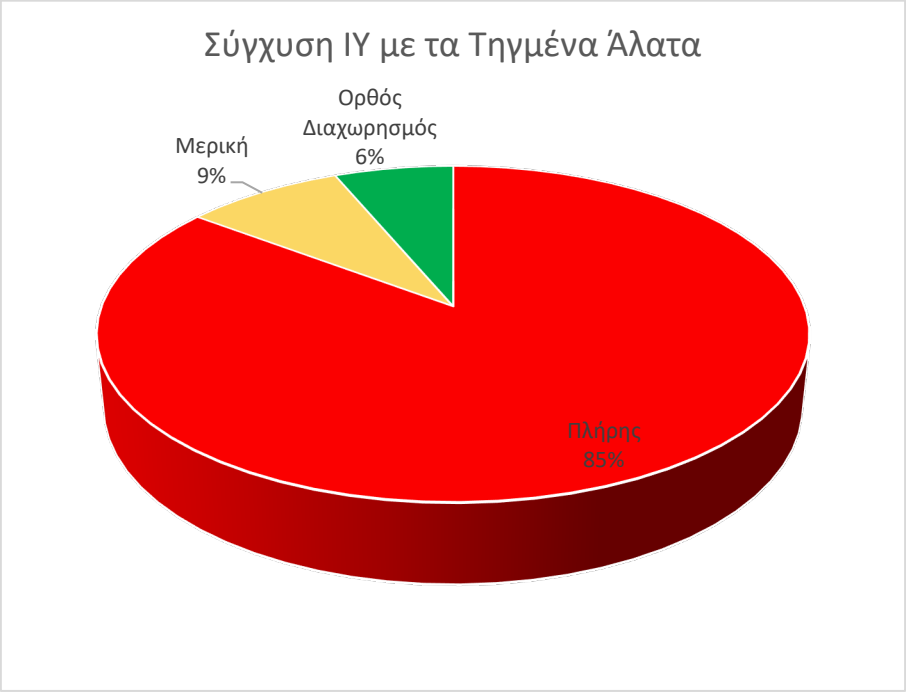
ΜΙΑ ΠΡΩΤΗ ΕΡΕΥΝΑ ΣΕ ΜΑΘΗΤΕΣ

Με στόχο την ενσωμάτωση των ΙΥ στην εκπαίδευση, διενεργήθηκε στην χώρα μας μια πρώτη έρευνα αποτύπωσης με τη χρήση κατάλληλα διαμορφωμένου ερωτηματολογίου. Το δείγμα της ήταν 96 μαθητές και μαθήτριες που φοιτούσαν στην Β΄ Λυκείου το σχολικό έτος 2023 – 2024 σε πέντε Λύκεια της Αττικής. Από την ερεύνα αυτή διαπιστώθηκε το έντονο ενδιαφέρον τους για τη μελέτη των τεχνολογιών και της επιστήμης γύρω από τη βιώσιμη ανάπτυξη στο σχολικό πλαίσιο.

Ταυτόχρονα, καταδείχθηκε η ελλιπής και αποσπασματική γνώση τους για σχετικά θέματα (λειτουργία μπαταριών και ανακύκλωση τους, πράσινοι διαλύτες κτλ.). Ειδικότερα, για τα ΙΥ επιβεβαιώθηκε η σχεδόν απουσία γνώσης τους για αυτά (σε ποσοστό 88%) και η μέχρι τώρα αναφερόμενη στη διεθνή βιβλιογραφία σύγχυσή τους με τα τηγμένα άλατα (σε ποσοστό 94%).

Σχήμα 3. Γνώσεις μαθητών και μαθητριών σχετικές με τα ΙΥ

Σχήμα 4. Λανθασμένη (ή μη) συσχέτιση των τηγμένων αλάτων με τα ιοντικά υγρά από τους μαθητές/τριες



Από τη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων, με τη χρήση του στατιστικού πακέτου SPSS (έκδοση 29), δεν παρατηρήθηκε κάποια συσχέτιση των γνώσεών τους (ή μη) για θέματα σχετικά με τα ΙΥ, με τα δημογραφικά τους χαρακτηριστικά (φύλο κτλ.).

Κρίνουμε ότι τα ποσοστά αυτά θα πρέπει να είναι ακόμη υψηλότερα στον ευρύτερο μαθητικό πληθυσμό, μιας και το δείγμα μας αποτέλεσαν μαθητές με ιδιαίτερα ανεπτυγμένο ενδιαφέρον για τη Χημεία (συμμετοχή σε ομίλους, διακρίσεις σε μαθητικούς διαγωνισμούς κτλ.). Προφανώς, η έρευνα αυτή πρέπει να επεκταθεί σε μεγαλύτερο δείγμα μαθητών και ταυτόχρονα οι παραπάνω προτάσεις να εφαρμοστούν στην τάξη με κατάλληλα διαμορφωμένα σενάρια και φύλλα εργασίας.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Τα τελευταία χρόνια τα ιοντικά υγρά είναι στο επίκεντρο ερευνών και δημοσιεύσεων που περιγράφουν τη χρήση τους σε πολλές διαφορετικές τεχνολογικές εφαρμογές, πολλές με χαρακτηριστικά επωφελή για το περιβάλλον και τη βιώσιμη ανάπτυξη. Η βιβλιογραφία φανερώνει ότι η ένταξη των ιοντικών υγρών στην Εκπαίδευση, μπορεί να συνδέσει την Επιστήμη με την Τεχνολογία και την καθημερινότητα μέσα από βιώσιμες πρακτικές. Τα προγράμματα σπουδών, σε όλες τις βαθμίδες Εκπαίδευσης, είναι πολλές φορές «φορτωμένα» με έννοιες που δυσκολεύουν τους μαθητές επειδή και είναι «άσχετες» (τουλάχιστον φαινομενικά πολλές φορές) με την καθημερινότητα που βιώνουν. Ιδιαίτερα στο μάθημα της Χημείας, οι μαθητές έρχονται αντιμέτωποι με μεγάλο αριθμό μεμονωμένων θεματικών, που οδηγεί σε χαμηλό επίπεδο κατανόησης της Χημείας, χωρίς να αντιλαμβάνονται τις διαδικασίες της Χημικής έρευνας. Πολλές φορές αδυνατούν να συνδέσουν τις έννοιες μεταξύ τους και κατά συνέπεια ενδιαφέρονται για αυτά που μαθαίνουν.

Τα «πλαίσια» πρέπει να είναι στο κέντρο των προγραμμάτων σπουδών. Ένα από τα πλαίσια για τα προγράμματα σπουδών της Χημείας θα μπορούσε να είναι αυτό των ιοντικών υγρών. Έννοιες και χημικά φαινόμενα μπορούν να εισάγονται προκειμένου να αντιληφθούν οι μαθητές/τριες καθημερινά αλλά και τα κοινωνικά θέματα που έχουν καθοριστεί από το πλαίσιο των ΙΥ.

Στην Τριτοβάθμια εκπαίδευση το πλαίσιο των ΙΥ προτείνεται να εμπλουτίσει τα προγράμματα σπουδών των τμημάτων των Σχολών Θετικών / Φυσικών Επιστημών, των τμημάτων Επιστήμης Υλικών και τα αντίστοιχα

Πολυτεχνικά Τμήματα (Χημικών Μηχανικών). Αρκετές εφαρμογές των ΙΥ θα μπορούσαν να ενταχθούν ανάλογα από τις Ιατρικές, τις Φαρμακευτικές και Γεωπονικές Σχολές.

Στα Λύκεια, το πλαίσιο των ΙΥ θα μπορούσε να εισαχθεί στο πρόγραμμα σπουδών της Χημείας της Β και Γ Λυκείου. Αυτό γιατί η Οργανική Χημεία είναι ήδη ενταγμένη στο πρόγραμμα σπουδών, αλλά και οι εφαρμογές της έχουν εξέχουσα σημασία. Επίσης, τα ΙΥ θα μπορούσαν να ενταχθούν στο μάθημα της Φυσικής, καθώς οι περισσότερες εφαρμογές τους σχετίζονται με φαινόμενα και νόμους της Φυσικής.

Στο Γυμνάσιο, στη Χημεία της Γ Γυμνασίου, δεδομένου ότι το πρόγραμμα σπουδών περιέχει ενότητες ουσιών όπως οξέα, βάσεις, άλατα, πετρέλαιο, υδρογονάνθρακες, πολυμερή, αλκοόλες κ.λπ. Θα μπορούσε να υπάρξει και ενότητα με τίτλο «πράσινα υλικά και οι εφαρμογές τους». Επίσης, τα ΙΥ προτείνεται να εισαχθούν στο μάθημα της Τεχνολογίας της Γ Γυμνασίου, επειδή το συγκεκριμένο μάθημα συνδέει την Τεχνολογία με επίκαιρα Φυσικο-Χημικά θέματα.

Επιπρόσθετα, επειδή οι ανάγκες της κοινωνίας διαρκώς μεταβάλλονται και η έρευνα φέρνει στο προσκήνιο συνεχώς νέα γνώση, προτείνεται να δημιουργηθεί ένα καινοτόμο μάθημα στο Γυμνάσιο και στο Λύκειο, με ενδεικτικό τίτλο «Πράσινες Εφαρμογές», που θα συνδυάζει την Επιστήμη και την Τεχνολογία στο πλαίσιο της Βιώσιμης Ανάπτυξης, μέσα από σύγχρονες επιστημονικές δραστηριότητες. Σε αυτό το μάθημα θα μπορούσαν οι μαθητές/τριες να γνωρίσουν όλες τις καινοτόμες εφαρμογές των ιοντικών υγρών μέσα από την καθημερινή τους ζωή, γεγονός που θα ενισχύσει την υπευθυνότητά τους, τόσο απέναντι στην κοινωνία όσο και απέναντι στο περιβάλλον.

Μιας και το πλαίσιο των βιώσιμων ιοντικών υγρών βρίσκεται στο παγκόσμιο προσκήνιο της έρευνας και της κοινωνικής μας ζωής, είναι επιτακτική ανάγκη να ενσωματωθεί και στα προγράμματα σπουδών. Βέβαια, η ενσωμάτωση αυτή απαιτεί από τους εμπλεκόμενους κάποια βήματα και προϋποθέσεις. Παρόλο που τα περισσότερα εργαστήρια των Λυκείων είναι αναβαθμισμένα χρειάζεται να γίνει επιμόρφωση των εκπαιδευτικών που διδάσκουν Χημεία και Φυσική, επειδή το αντικείμενο των ΙΥ, είναι πιθανότατα άγνωστο για πολλούς/ές από αυτούς/ές. Καλό θα ήταν, σε όλους τους/τις εκπαιδευτικούς, ανεξαρτήτου ειδικότητας, να πραγματοποιηθούν και επιμορφώσεις που θα αφορούν τη Βιώσιμη Ανάπτυξη με σκοπό την ευαισθητοποίησή τους και την ανάληψη δράσεων που θα σχετίζονται με πράσινες δεξιότητες. Επίσης προτείνεται να γίνει μία ευρύτερη ποσοτική έρευνα στον μαθητικό πληθυσμό για να αποτυπωθεί το ενδιαφέρον τους για το μάθημα της Χημείας, η γνώμη τους για τρόπο με τον οποίο διδάσκεται, καθώς και την άποψη τους για κοινωνικά και περιβαλλοντικά ζητήματα. Η παρούσα έρευνα φανέρωσε απλά, αλλά χαρακτηριστικά, την απουσία γνώσεων για τα ΙΥ. Κλείνοντας, θα αναφέραμε ότι το εκπαιδευτικό πλαίσιο των ιοντικών υγρών μπορεί να αποτελέσει κίνητρο που θα αυξήσει το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών για τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών και ταυτόχρονα θα τους συνδράμει να διαμορφώσουν μια βιώσιμη κοινωνία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Abid, M. N., & Musa, T. M. (2019). Retrieved June 6, 2023.

Badgujar, K. C., & Bhanage, B. M. (2015). Factors governing dissolution process of lignocellulosic biomass in ionic liquid: Current status, overview and challenges. *Bioresource technology, 178*, 2-18.

Earle, M. J., & Seddon, K. R. (2000). Ionic liquids. Green solvents for the future. *Pure and applied chemistry, 72*(7), 1391-1398.

Hernani, H., Mudzakir, A., & Sumarna, O. (2016). Ionic Liquids Material as Modern Context of Chemistry in School. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 5*(1), 63-68.

Hernani, H., Mudzakir, A., & Sumarna, O.. (2017, February). Ionic Liquids as a Basis Context for Developing High school Chemistry Teaching Materials. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 812, No. 1). IOP Publishing.

Maniam, K. K., & Paul, S. (2020). Progress in electrodeposition of zinc and zinc nickel alloys using ionic liquids. *Applied Sciences, 10*(15), 5321.

Mudzakir, A., Hernani, H., Widhiyanti, T., & Sudrajat, D. P. (2017, August). Contribution from philosophy of chemistry to chemistry education: In a case of ionic liquids as technochemistry. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 1868, No. 1). AIP Publishing.

Pernaa, J., Kämppi, V., & Aksela, M. (2022). Supporting the Relevance of Chemistry Education through Sustainable Ionic Liquids Context: A Research-Based Design Approach. *Sustainability*, 14(10), 6220.

Rauber, D., Philippi, F., Seibert, J., Huwer, J., Natter, H., & Hempelmann, R. (2019). From Current science to school–the facets of green chemistry on the example of ionic liquids. *WJCE*, 7(2), 153-165.

Rogers, R. D., & Seddon, K. R. (Eds.). (2002). *Ionic liquids: industrial applications for green chemistry*. American Chemical Society.

Seddon, K. R., Stark, A., & Torres, M. J. (2000). Influence of chloride, water, and organic solvents on the physical properties of ionic liquids. *Pure and applied chemistry*, 72(12), 2275-2287.

Unesco. (1997). *Educating for a sustainable future: a transdisciplinary vision for concerted action; international conference; Thessaloniki, 8-12 December 1997*. Unesco.

Xie, W., & Wang, H. (2021). Grafting copolymerization of dual acidic ionic liquid on core-shell structured magnetic silica: A magnetically recyclable Brönsted acid catalyst for biodiesel production by one-pot transformation of low-quality oils. *Fuel*, 283, 118893. https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.118893