

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

13^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΚΑΙ ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

Νέες Τάσεις και Έρευνα στη Μάθηση, τη Διδασκαλία
και τις Τεχνολογίες στις Φυσικές Επιστήμες

10 - 12 Νοεμβρίου 2023



ΠΡΑΚΤΙΚΑ

Επιμέλεια έκδοσης:

Κωνσταντίνος Θ. Κώτσης, Γεώργιος Στύλος,

Γεωργία Βακάρου, Λεωνίδα Γαβριλάς, Δημήτρης Πανάγου

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΑΓΩΓΗΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ
ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ
ΚΑΙ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΤΗΣ ΦΥΣΙΚΗΣ



Ιωάννινα
10 έως 12 Νοεμβρίου 2023



Η κατανόηση του χημικού δεσμού από
πρωτοετείς φοιτητές: Ανάλυση απαντήσεων σε
μεταγνωστικές ερωτήσεις

Ευάγγελος Πύργας, Ελένη Παππά, Γεώργιος
Τσαπαρλής

doi: [10.12681/codiste.6819](https://doi.org/10.12681/codiste.6819)

Η ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ ΤΟΥ ΧΗΜΙΚΟΥ ΔΕΣΜΟΥ ΑΠΟ ΠΡΩΤΟΕΤΕΙΣ ΦΟΙΤΗΤΕΣ: ΑΝΑΛΥΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΣΕ ΜΕΤΑΓΝΩΣΤΙΚΕΣ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

Ευάγγελος Πύργας¹, Ελένη Παππά², Γεώργιος Τσαπαρλής³

^{1,2}Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης, Διδ. Παν. Ιωαννίνων, ³Ομότιμος Καθηγητής Χημείας, Παν. Ιωαννίνων

vagpir@yahoo.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αναλύονται οι απαντήσεις 73 πρωτοετών φοιτητών χημείας και βιολογίας σε δύο μεταγνωστικές ερωτήσεις για τον χημικό δεσμό. Η έρευνα πραγματοποιήθηκε το ακαδημαϊκό έτος 2012-13 στο Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων. Οι περισσότεροι φοιτητές θεώρησαν τον ομοιοπολικό δεσμό δυσκολότερο από τον ιοντικό. Κανένας από τους δύο δεσμούς δεν θεωρήθηκε δύσκολος για το 4,1% των φοιτητών, ενώ και οι δύο δεσμοί θεωρήθηκαν εξίσου δύσκολοι για το 8,2%. Το 43,8% ανέφεραν δυσκολίες για συγκεκριμένες έννοιες και θέματα, ενώ το 19,2% ανέφεραν γενικές παρατηρήσεις. Σύμφωνα με τις κατηγορίες της μεταγνώσης του Flavell, οι περισσότερες απαντήσεις ανήκουν στην κατηγορία της μεταγνωστικής γνώσης και ακολουθεί η μεταγνωστική εμπειρία.

Λέξεις-Κλειδιά: Μεταγνωστική γνώση, Κατηγορίες της μεταγνώσης του Flavell, Χημικός δεσμός

1st-YEAR UNDERGRADUATE STUDENTS' UNDERSTANDING OF THE CHEMICAL BOND: ANALYSIS OF ANSWERS TO METACOGNITIVE QUESTIONS

Evangelos Pyrgas¹, Eleni Pappa², Georgios Tsaparlis³

^{1,2}Educational Secondary Education, PhD University of Ioannina, ³Emeritus Professor of Chemistry, University of Ioannina

vagpir@yahoo.com

ABSTRACT

The responses of 73 first-year chemistry and biology Greek students to two metacognitive questions about chemical bond are analysed. The research was carried out in the academic year 2012-13 at the University of Ioannina. Most students found covalent bonding more difficult than ionic bonding. Neither bond was difficult for 4.1% of students, while for 8.2% both bonds were equally difficult. 43.8% reported difficulties with specific concepts and topics, while 19.2% reported general observations. According to Flavell's categories of metacognition, most responses belong in the category of metacognitive knowledge, followed by metacognitive experience.

Keywords: Chemical bonding, Flavell's categories of metacognition, Metacognition

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η μεταγνώση αναφέρεται στη γνώση που έχουν οι άνθρωποι σχετικά με τις δικές τους γνωστικές λειτουργίες (Flavell, 1979), καθιστώντας τους αυτόνομους στη σκέψη και τη δράση και εξοπλίζοντάς τους με δεξιότητες όπως η σκέψη για το τι ξέρουν, για την αξιολόγηση των γνώσεών τους και την ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων. Πιο συγκεκριμένα, η μεταγνώση μπορεί να βοηθήσει τους εκπαιδευόμενους να αποκτήσουν τον έλεγχο της μάθησης καθώς διαβάζουν, γράφουν και λύνουν προβλήματα στην τάξη και με αυτόν τον τρόπο παρακολουθούν τη δική τους πρόοδο. Η μεταγνώση συνήθως προηγείται και ακολουθεί η γνώση, με τα δύο να είναι στενά αλληλένδετα.

Το μοντέλο του Flavell για τη μεταγνώση, διακρίνει τέσσερις τάξεις φαινομένων και των διασχέσεων τους: (α) **μεταγνωστική γνώση** (metacognitive knowledge, MCK), (β) **μεταγνωστικές εμπειρίες** (metacognitive experiences, MCE), (γ) **έργα και στόχοι** (tasks and goals, T&G), και (δ) **στρατηγικές ή ενέργειες** (strategies or actions, S/A). Περισσότερα για το μοντέλο θα βρείτε σε άλλη εργασία αυτού του συνεδρίου (με μαθητές α' λυκείου). (Παππά, Πύργας & Τσαπαρλής, 2023).

ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ ΤΩΝ ΜΑΘΗΤΩΝ/ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΣΤΟΥΣ ΧΗΜΙΚΟΥΣ ΔΕΣΜΟΥΣ

Ενδεικτικά αναφέρουμε ορισμένες εναλλακτικές ιδέες των μαθητών/ φοιτητών που εντοπίζονται στη βιβλιογραφία: Οι ιοντικές ενώσεις αποτελούνται από μόρια (Taber, 1997). Τα συνεχή ιοντικά ή μεταλλικά πλέγματα είναι μοριακής φύσεως (Coll & Taylor, 2001). Ο δεσμός «σ» βρίσκεται μόνο σε απλούς δεσμούς (Hazzi & Dumon, 2014). Ο ιοντικός δεσμός είναι ένας διαμοριακός δεσμός, ενώ οι δυνάμεις London δεν είναι πραγματικοί δεσμοί (Şen & Yilmaz, 2017). Παρανοήσεις σχετικές με τη θεωρία δεσμού σθένους (Teichert et al., 2021). Ανασκόπηση προηγούμενων μελετών σχετικά με τις εννοιολογικές δυσκολίες των μαθητών για τον χημικό δεσμό έχει γίνει σε αρκετές εργασίες, π.χ. από τους Tsaparlis, Pappa και Byers (2018).

ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Σε γενική σχετική εργασία (Tsaparlis, Pappa και Byers, 2018), μελετήθηκαν τρία δείγματα σπουδαστών: (1) Μαθητές α' λυκείου από τρία δημόσια σχολεία. (2) Πρωτοετείς φοιτητές χημείας και βιολογίας. (3) Μαθητές α' λυκείου από ένα υψηλού επιπέδου ιδιωτικό σχολείο. Το σκεπτικό για την ένταξη των δύο πανεπιστημιακών τμημάτων ήταν το εξής. (1) Οι φοιτητές ήταν πολύ ενωρίς στην έναρξη των πανεπιστημιακών τους σπουδών, άρα οι γνώσεις τους για τον χημικό δεσμό προέρχονταν από τις σπουδές τους στο λύκειο. (2) Λόγω του γνωστικού αντικειμένου τους (χημεία και βιολογία), είχαν σπουδάσει στο λύκειο τη χημεία ως προχωρημένο μάθημα και η χημεία ήταν μεταξύ των μαθημάτων στα οποία εξετάστηκαν στις πανελλαδικές εξετάσεις. Οι μαθητές των δημόσιων λυκείων γενικά εμφάνιζαν περιορισμένες γνώσεις και παρουσίαζαν διάφορες παρανοήσεις για τον χημικό δεσμό, ενώ οι μαθητές του ιδιωτικού σχολείου και οι πανεπιστημιακοί φοιτητές είχαν καλύτερες γνώσεις.

ΘΕΜΑΤΑ ΗΘΙΚΗΣ ΔΕΟΝΤΟΛΟΓΙΑΣ

Οι φοιτητές απάντησαν εθελοντικά στη γραπτή δοκιμασία. Ο διδάσκων καθηγητής (που ήταν άλλος από τους συγγραφείς αυτής της εργασίας) γνωστοποίησε στους φοιτητές τον ερευνητικό χαρακτήρα του τεστ. Οι φοιτητές έπρεπε να δώσουν τα ονόματά τους όταν απάντησαν στις ερωτήσεις, για να ενθαρρυνθεί η ουσιαστική συμμετοχή τους, ωστόσο ούτε τα ονόματά τους ούτε οι επιδόσεις τους αποκαλύφθηκαν σε τρίτους και οι απόψεις τους δεν συνέβαλαν στη βαθμολογία τους στο μάθημα του διδάσκοντος καθηγητή.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ/ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ

Μέθοδος ανάλυσης

Η ανάλυση των απαντήσεων των φοιτητών στις ερωτήσεις περιελάμβανε δύο στάδια: (i) μια γενική κατηγοριοποίηση των απαντήσεων και (ii) μία ειδική ταξινόμηση σύμφωνα με τις τέσσερις κατηγορίες της μεταγνώσης του Flavell.

Η γενική κατηγοριοποίηση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση μιας απαγωγικής μεθοδολογίας, όπως περιγράφεται σε άλλη σχετική εργασία αυτού του συνεδρίου (Παππά κα. 2023). Η αξιολόγηση ως προς τον μεταγνωστικό χαρακτήρα κατά Flavell πραγματοποιήθηκε από τη δεύτερη συγγραφέα, η οποία είχε εμπειρία σε αυτό το είδος αξιολόγησης (Pappa & Tsapralis, 2011), πριν ελεγχθεί από τον τρίτο συγγραφέα.

Ερευνητικά ερωτήματα

Στην εργασία παραθέτουμε τα ευρήματα από τις απαντήσεις των 73 φοιτητών (35 από το Τμήμα Χημείας και 38 από το Τμήμα Βιολογικών Εφαρμογών και Τεχνολογιών) στις δύο μεταγνωστικές ερωτήσεις σχετικά με το ποιο είδος δεσμού θεωρούν ότι έχει προκαλέσει περισσότερες δυσκολίες για την κατανόησή του και ποιες είναι αυτές οι δυσκολίες. Όπως αναφέραμε παραπάνω, σε άλλη εργασία αυτού του συνεδρίου, αναφερόμαστε στους μαθητές Α΄ Λυκείου: (Παππά κα. 2023).

Ένα εύλογο ερώτημα είναι το πώς μπορούμε να γνωρίζουμε αν είχαν όντως κατανοήσει τον κάθε δεσμό όταν απαντούσαν σε αυτές τις ερωτήσεις. Στην εργασία αυτή δεν επιχειρούμε να ξεχωρίσουμε τους φοιτητές ανάλογα με τον αν έχουν ή δεν έχουν καλή γνώση του χημικού δεσμού. Από την άλλη, αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο περιοριστήκαμε εδώ μόνο στους πανεπιστημιακούς φοιτητές, οι οποίοι, όπως αναφέραμε ήδη είχαν καλύτερες γνώσεις από τους μαθητές των δημόσιων σχολείων.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Ερώτηση 4: Ποιος δεσμός, ο ιοντικός ή ο ομοιοπολικός, έχει προκαλέσει περισσότερες δυσκολίες για την κατανόησή του; Δηλώστε επίσης την αιτιολόγησή σας.

Ιοντικός δεσμός: 13/73 (17,8%) / Ομοιοπολικός δεσμός: 54,8% / Και οι δύο ήταν εξίσου δύσκολοι: 8,2%. / Κανένας (και οι δύο ήταν εύκολοι): (4,1%) / Χωρίς απάντηση: 11/73 (15,1%). Οι Πίνακες 1 και 2 αναφέρουν τους λόγους των φοιτητών για τις αντιληπτές δυσκολίες με τον IB και τον CB αντιστοίχως και τις ταξινομεί ανάλογα με τον μεταγνωστικό τους χαρακτήρα κατά Flavell.

Στις απαντήσεις των φοιτητών εντοπίστηκαν οι ακόλουθες τέσσερις κατηγορίες (τόσο στην περίπτωση του ιοντικού όσο και στην περίπτωση του ομοιοπολικού δεσμού): (α) γενικοί λόγοι, (β) δυσκολίες στην κατανόηση συγκεκριμένων εννοιών, (γ) ειδικοί λόγοι, (δ) καμία εξήγηση/ταυτολογίες.

Πίνακας 1: Τα επιχειρήματα των φοιτητών για την αντιληπτή δυσκολία με τον ιοντικό δεσμό.

Γενικοί λόγοι
<ul style="list-style-type: none"> • Είναι πιο περίπλοκος (MCK) / είναι δυσκολότερο στο να απεικονιστεί (MCK) / λόγω της δυσκολότερης έννοιάς του (MCK). • Γιατί μερικές φορές δεν μπορούσα να τον διακρίνω (σε ορισμένες περιπτώσεις) (MCE) / Δεν τον διακρίνεις τόσο εύκολα όσο τον ομοιοπολικό (MCE). • Γιατί περιγράφεται με περισσότερες έννοιες (MCK). • Διότι δυσκολεύομαι να καταλάβω ανάμεσα <u>σε ποια μόρια</u> (sic) (T&G).
Δυσκολίες στην κατανόηση συγκεκριμένων εννοιών και στοιχείων
<ul style="list-style-type: none"> • Στον σχηματισμό της δομής του (δεσμού) κατά Lewis (S / A) • Λόγω των (ηλεκτρικών) φορτίων (MCK)
Ειδικό λόγοι
<ul style="list-style-type: none"> • Διότι συμβαίνει διάσταση των ατόμων που απομακρύνονται από το κρυσταλλικό πλέγμα (MCK). • Γιατί πρέπει να προσδιορίσεις ακριβώς πόσα ηλεκτρόνια δίνει το ένα άτομο και πόσα παίρνει το άλλο άτομο (MCK).
<i>Καμία εξήγηση / ταυτολογίες (δύο φορές)</i>

Πίνακας 2: Τα επιχειρήματα των φοιτητών για την αντιληπτή δυσκολία με τον ομοιοπολικό δεσμό.

Γενικοί λόγοι
<ul style="list-style-type: none"> • Λόγω των περισσότερων κατηγοριών (πολικό, μη πολικό, ημιπολικό) (MCK). • Λόγω της <u>θεωρητικότητας</u> της ύπαρξής του [«του αφηρημένου χαρακτήρα του;»] (MCK). • Γιατί χρειάζονται πολλές περισσότερες λεπτομέρειες για την πλήρη κατανόησή του (MCK). • Λόγω της πολυπλοκότητας του φαινομένου σε σύγκριση με τον ιοντικό δεσμό (MCK). • Ήταν λίγο πιο σύνθετη έννοια από τον ιοντικό (MCK) / Γιατί περιέχει όρους που δεν χρησιμοποιούνται στους ιοντικούς δεσμούς, οι οποίοι (οι τελευταίοι) είναι πιο ξεκάθαροι (MCK). • Διότι ο ιοντικός είναι <u>εύκολα παρατηρήσιμος</u> (sic) (MCK).
Δυσκολίες στην κατανόηση συγκεκριμένων εννοιών και στοιχείων
<ul style="list-style-type: none"> • Δυσκολεύομαι να αναγνωρίσω πότε τα στοιχεία σχηματίζουν ομοιοπολικό δεσμό και πότε (αυτός) είναι πολωμένος ή όχι (MCE) / Γιατί έπρεπε να διακρίνουμε ποιος (δεσμός) είναι πολικός, μη πολικός ή ημιπολικός (MCK) / Καθώς υπήρχε διαφορά ανάμεσα στον πολωμένο και στον μη πολωμένο ομοιοπολικό δεσμό (MCK) / Γιατί έχει τις παρακάτω περιπτώσεις: πολικός, ημιπολικός, μη πολωμένος (MCK) / Διότι έπρεπε να κατανοήσω και τον μη πολωμένο δεσμό (T & G). • Καθώς υπάρχει αναφορά σε φαινομενικά φορτία και είναι πιο πολύπλοκος ο τρόπος που σχηματίζεται (MCE). • Η δυσκολία συγκεκριμένα ήταν στην κατανόηση του μηχανισμού του ομοιοπολικού δεσμού (MCE). • Στον σχηματισμό των τύπων κατά Lewis (MCK) / Καθώς αυτός (ο δεσμός) έχει περισσότερες πληροφορίες (MCK). Συχνά δημιουργούνται δυσκολίες σε διάφορες σύνθετες ενώσεις που χρειάζεται να απεικονισθούν με τύπους Lewis (MCE). • Όσον αφορά την επικάλυψη των ατομικών τροχιακών (MCK).
Ειδικό λόγοι
<ul style="list-style-type: none"> • Διότι υπάρχουν διάφορες περιπτώσεις και υπάρχουν και οι εξαιρέσεις στον κανόνα της οκτάδας. Ακόμη, επειδή υπήρχαν πολλές παράμετροι για τον σχηματισμό (του δεσμού): ηλεκτρόνια σθένους, δεσμικά και αντιδεσμικά ηλεκτρόνια, κ.τ.λ. (MCK) και σχηματικά είναι πιο απαιτητικός από τον ιοντικό, οι δομές Lewis δηλαδή (MCE). • Λόγω της συνεισφοράς ζευγών ηλεκτρονίων (MCK) / Λόγω κοινής συνεισφοράς ηλεκτρονίων μεταξύ των ατόμων (MCK) / Γιατί έπρεπε να κατανοήσουμε ότι τα ηλεκτρόνια είναι ταυτόχρονα σε δύο άτομα (MCE) / Διότι τα άτομα δεν ανταλλάσσουν ηλεκτρόνια μεταξύ τους και ήταν πιο δύσκολη η εμπέδωση της «αμοιβαίας συνεισφοράς» ηλεκτρονίων (MCE). • Ειδικά με δυσκόλεψε ο ημιπολικός δεσμός γιατί είχε λιγότερα παραδείγματα για την κατανόησή του (S/A). • Γιατί είναι πιο δύσκολο να σχηματίσει κανείς την εικόνα στο μυαλό του (MCE) και στη συνέχεια πρέπει να κατανοήσει τον σχηματισμό, αλλά και το πώς «λειτουργούν» τα υβριδοποιημένα τροχιακά κ.τ.λ. (MCK).

- Καθ' ότι πρέπει να διερευνήσουμε τη σταθερότητα της ένωσης που προκύπτει και τη θέση του ζεύγους ηλεκτρονίων στο μόριο, ποιος πυρήνας δηλ. τα έλκει περισσότερο (S/A).
- Διότι ο μηχανισμός του δεν ήταν τόσο απλουστευμένος όσο του ιοντικού (MCK).
- Διότι η αναπαράσταση ορισμένων ενώσεων κρύβει δυσκολίες (MCE).
- Γιατί περιλαμβάνει εξαιρέσεις, π.χ. υπερσθενή άτομα (sic) (MCK).
- Γιατί είναι πιο περίπλοκος, κυρίως όταν μελετάμε τα τροχιακά τους: s, p d, f και όταν αυτά υβριδίζονται (sic) (MCE).
- Διότι δεν ήταν σαφές πόσοι δεσμοί δημιουργούνται ανάμεσα στα άτομα (MCK).

Καμία εξήγηση / ταυτολογίες (δέκα φορές)

Ερώτηση 3: Να αναφέρετε 1 ή 2 δυσκολίες που αντιμετωπίσατε κατά τη μελέτη του κεφαλαίου των δεσμών.

Στην περίπτωση αυτή, οι απαντήσεις των φοιτητών ταξινομήθηκαν σε τρεις ομάδες:

(α) Δυσκολίες με συγκεκριμένες έννοιες και θέματα (43,8%), (β) Γενικές παρατηρήσεις (19,2%), (γ) Καμία απάντηση/ταυτολογίες (37,0%).

Τα σχόλια / απαντήσεις των φοιτητών (ανάλογα με την κατηγορία που ταξινομήθηκαν) παρουσιάζονται παρακάτω:

α) Δυσκολίες με συγκεκριμένες έννοιες και θέματα:

1. "Κατανόηση έννοιας ηλεκτρονίων σθένους καθώς και πότε και πώς σχηματίζεται ο κάθε δεσμός" (MCK).
2. "Οι εξαιρέσεις του κανόνα της οκτάδας των στοιχείων, π.χ. στα στοιχεία B και Be. Επίσης η κατανόηση των ηλεκτρονίων σθένους και ο ρόλος τους στον σχηματισμό δεσμών" (MCK).
3. "Υπάρχουν κάποιες περιπτώσεις ενώσεων, όπως ο PCl_5 , που δεν ακολουθούν τον «κανόνα της οκτάδας» και γι' αυτό μάς είναι δύσκολο να τους μελετήσουμε και να τους κατανοήσουμε" (MCK).
4. "Η ύπαρξη κάποιων εξαιρέσεων, που δεν είναι σύμφωνες με τους κανόνες και χρειάζονται αποστήθιση (B, Be)" (S/A).
5. "Δεν ήταν σαφές πόσοι δεσμοί δημιουργούνται στους ομοιοπολικούς δεσμούς, και με πόσα περιφερειακά στοιχεία πρέπει να ενωθεί το κεντρικό στοιχείο ώστε να είναι σταθερός ο δεσμός" (T&G).
6. "Δυσκολεύτηκα να κατανοήσω τον κανόνα της οκτάδας με τον τρόπο που αναγραφόταν στο βιβλίο και έτσι χρησιμοποίησα μια παραλλαγή αυτού (του κανόνα) που μου έμαθε η καθηγήτριά μου" (T&G).
7. "Η αναπαράσταση κατά Lewis, ιδιαίτερα των ιοντικών δεσμών και οι εξαιρέσεις μερικών ενώσεων (π.χ. BF_6)" (MCK).
8. "Δομές Lewis και κατανόηση ομοιοπολικού πολικού και μη πολικού δεσμού" (MCK).
9. "Η αναπαράσταση της δομής Lewis" (δύο φορές) (MCK).
10. "(α) Η κυριότερη δυσκολία που είχα στην αρχή ήταν να ξεχωρίζω ποια άτομα κάνουν ιοντικό και ποια ομοιοπολικό δεσμό & (β) οι δομές Lewis" (MCK).
11. "Αρχικά υπήρχαν δυσκολίες στη διάκριση των περιπτώσεων όπου εφαρμόζοταν ο ιοντικός ή ο ομοιοπολικός δεσμός" (MCK).
12. "Ήταν δύσκολο να διακρίνω σε ποιες ενώσεις έχουμε ομοιοπολικό και σε ποιες ιοντικό δεσμό" (MCK).

13. "Αρχικά μπέρδευα τους δεσμούς μεταξύ τους, αδυνατούσα να κατανοήσω τη βαθύτερη ουσία τους και να τους συσχετίσω με πολλές έννοιες που συνδέονται, όπως ηλεκτραρνητικότητα κ.λπ. (MCE). Πολλές φορές κατηγοριοποιούσα τις ενώσεις και αυτά που άκουγα από τους καθηγητές ώστε να τα μάθω (S/A)".
 14. "Δυσκολεύτηκα να κατανοήσω τη διαφορά πολικού ομοιοπολικού δεσμού και μη πολικού ομοιοπολικού δεσμού" (MCK).
 15. "Η μεγαλύτερη δυσκολία ήταν στον διαχωρισμό των στοιχείων που σχηματίζουν τους δύο δεσμούς" (MCK).
 16. "Να διακρίνω τα μέταλλα από τα αμέταλλα" (MCK).
 17. "Η δυσκολία έγκειται στον τρόπο κατανόησης της δημιουργίας του ιοντικού και του ομοιοπολικού δεσμού" (MCE).
 18. "Να ξεχωρίζω τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε δεσμού" (MCK).
 19. "Δεν μπορούσα να θυμηθώ τα χαρακτηριστικά των δύο δεσμών και τις βασικές διαφορές τους" (MCK).
 20. "Δυσκολία στην κατανόηση του πολωμένου ομοιοπολικού δεσμού" (MCK).
 21. "Το δυσκολότερο σημείο είναι το ότι πρέπει να θυμάσαι περίπου τις ηλεκτραρνητικότητες των ατόμων και τα ηλεκτρόνια σθένους του καθενός" (MCK).
 22. "Κατανόηση της πολικότητας" (MCK).
 23. "Σχετικά με την πολικότητα των δεσμών και με τη δραστικότητα" (δεν αναφέρει ποια «δραστικότητα» εννοεί) (MCK).
 24. "Ο ημιπολικός δεσμός και η διαφορά στην πολικότητα" (MCK).
 25. "Την κατανόηση του υβριδισμού χωροταξικά και ενεργειακά. Τη δημιουργία δεσμών των ημιμετάλλων με άλλα στοιχεία" (S/A).
 26. "Τα υβριδικά τροχιακά — δυσκολία στην κατανόηση του τρόπου «λειτουργίας» τους" (MCE).
 27. "Υβριδισμός και κβαντικά (?) τροχιακά" (MCK).
 28. "Ο τρόπος δημιουργίας (τροχιακά, υβριδισμός) και οι λόγοι δημιουργίας αυτών" (MCK).
 29. "Η μεγαλύτερη δυσκολία εμφανίζεται στο σύστημα VSEPR" (MCK).
 30. "Αρχικά η κατανόηση του «γιατί» γίνονται οι δεσμοί και η ικανότητα στο να ξεχωρίζω πότε δημιουργείται ιοντικός και πότε ομοιοπολικός δεσμός" (MCK).
 31. "Τα είδη των δεσμών, δηλαδή «σ», «π» και οι επικαλύψεις των τροχιακών που σχετίζονται με αυτούς" (MCK).
- β) Γενικές παρατηρήσεις σχετικά με τις δυσκολίες ή την έλλειψη δυσκολίας:
1. "Όχι κάποια δυσκολία" (δύο φορές) (MCK).
 2. "Δεν υπήρξαν ιδιαίτερες δυσκολίες. Πολύ μικρές αλλά στην πορεία όλα έγιναν κατανοητά" (MCE).
 3. "Λίγη δυσκολία στην κατανόηση του ομοιοπολικού δεσμού" (MCE).

4. "Ο ιοντικός δεσμός" (MCK).

5. "Ορισμένες φορές στη δημιουργία του δεσμού αν ήταν περίπλοκος" (MCE).

6. "Διαισθητική κατανόηση των δεσμών" (MCE).

7. "Κατανόηση κάποιων ορισμών και του τρόπου που δημιουργούνται οι δεσμοί" (MCK).

8. "Η κατανόηση των δεσμών είναι πολύπλοκη διότι μιλάμε για τον μικρόκοσμο, γεγονός που το καθιστά δύσκολο εξαρχής, αφού η παρακολούθηση της δημιουργίας ενός δεσμού (π.χ. με μικροσκόπιο) είναι πρωτόγνωρο για έναν πρωτοετή φοιτητή" (S/A).

9. "Η «επαφή» με καινούργιες έννοιες" (MCK).

10. "Οι δυσκολίες είναι αρκετές διότι είναι ένα θεωρητικό κομμάτι και υπάρχουν αρκετές θεωρίες οι οποίες πρέπει να γίνουν όλες κατανοητές, κάτι που είναι δύσκολο σε τόσο λίγο χρόνο" (MCK).

11. "Το γεγονός ότι τους διδάχθηκα (τους δεσμούς) σε πολλές τάξεις, κάθε φορά και με αυξανόμενη δυσκολία, (και αυτό) δεν με βοήθησε στο να τους κατανοήσω συνολικά και ομοιόμορφα. Γι' αυτό και έχω πολλά κενά, όσον αφορά τις διαφορές μεταξύ τους" (MCE).

12. "Οι δυσκολίες είναι πάρα πολλές, δεν είναι μόνο μία ή δύο!" (MCK).

13. "Δεν θυμάμαι πού δυσκολεύτηκα" (MCK).

γ) Καμία απάντηση / ταυτολογίες: Είκοσι επτά (27) φορές

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στα αποτελέσματα, οι απαντήσεις των φοιτητών ταξινομήθηκαν σύμφωνα με τον μεταγνωστικό τους χαρακτήρα κατά Flavell. Οι περισσότερες απαντήσεις ανήκουν στην κατηγορία MCK, και ακολουθεί η κατηγορία MCE. Λίγες απαντήσεις κατηγοριοποιήθηκαν ως T&G ή S/A.

Στην ερώτηση 4 παρατηρούμε ότι πάνω από τους μισούς φοιτητές (54,8%) θεωρούσαν τον ομοιοπολικό δεσμό ως δυσκολότερο και το 17,8% χαρακτήρισαν τον ιοντικό δεσμό ως δυσκολότερο. Κατά συνέπεια, οι λόγοι που δόθηκαν για τη δυσκολία του CB ήταν περισσότεροι (βλ. πίνακες 1 & 2).

Στην ερώτηση 3 του τεστ, παρατηρούμε ότι ένας μεγάλος αριθμός των απαντήσεων των φοιτητών [27/73 (37,0%)] ταξινομήθηκαν στην 3η κατηγορία, δηλαδή οι φοιτητές αυτοί ουσιαστικά δεν απάντησαν στο ερώτημα αυτό. Ο λόγος που παρατηρούμε αυτό το μεγάλο ποσοστό είναι ίσως ότι οι δυσκολίες που συναντάνε οι φοιτητές δεν είναι μόνο μία ή δύο και πολύ περισσότερο δεν εντοπίζονται σε συγκεκριμένες έννοιες και είναι περισσότερο γενικές. Αυτό είναι ίσως και ο λόγος που απέτρεψε τους φοιτητές από το να δώσουν κάποια συγκεκριμένη απάντηση (πιθανότατα να υπήρχε και ο περιορισμός του χρόνου).

Στην πρώτη κατηγορία (δυσκολίες με συγκεκριμένες έννοιες και θέματα) κατατάσσονται οι απαντήσεις των 32 από τους 73 (43,8 %) φοιτητών. Εδώ οι δυσκολίες των φοιτητών έχουν να κάνουν κυρίως με:

- i) τα ηλεκτρόνια σθένους — το αναφέρουν 3 στους 73 φοιτητές,
- ii) τον «κανόνα των οκτώ» καθώς και τις εξαιρέσεις αυτού — το αναφέρουν 6 φοιτητές,
- iii) τις δομές Lewis — το αναφέρουν 5 φοιτητές,

iv) τη διάκριση μεταξύ μετάλλων και αμετάλλων, πότε και πώς θα δημιουργηθεί ιοντικός, πότε και πώς θα δημιουργηθεί ομοιοπολικός δεσμός, πώς διακρίνουμε τους δεσμούς μεταξύ τους, κ.ά. — το αναφέρουν 9 φοιτητές,

v) τα χαρακτηριστικά του κάθε δεσμού — το αναφέρουν 2 φοιτητές,

vi) ηλεκτραρνητικότητα, πολωμένος ομοιοπολικός δεσμός, μη πολωμένος ομοιοπολικός δεσμός, πολικότητα — το αναφέρουν 8 φοιτητές.

vii) «σ» και «π» δεσμοί, υβριδισμός, υβριδικά τροχιακά — το αναφέρουν 5 φοιτητές.

Τέλος στην δεύτερη κατηγορία (γενικές παρατηρήσεις σχετικά με τις δυσκολίες ή την έλλειψη δυσκολίας) κατατάσσονται οι απαντήσεις των υπολοίπων 14 (19,2%) φοιτητές. Εδώ οι απαντήσεις των φοιτητών έχουν ως εξής:

i) 2 (2,7%) φοιτητές απάντησαν ότι δεν συνάντησαν καμιά δυσκολία,

ii) 2 (2,7%) φοιτητές απάντησαν ότι γενικά δεν συνάντησαν ιδιαίτερες δυσκολίες ή συνάντησαν λίγη δυσκολία (βλέπε τις απαντήσεις των φοιτητών στη δεύτερη κατηγορία, από 2 έως και 3),

iii) 5 (6,8 %) φοιτητές απάντησαν ότι δυσκολεύονται γενικά στους δεσμούς (ιοντικό ή/και ομοιοπολικό) (βλέπε τις απαντήσεις των φοιτητών στη δεύτερη κατηγορία, από 3 έως και 7),

iv) 2 φοιτητές αναφέρουν ότι οι δεσμοί είναι ένα δύσκολο θέμα διότι είναι κάτι το θεωρητικό που αναφέρεται στον μικρόκοσμο, ενώ ένας άλλος δυσκολευόταν με τις νέες έννοιες,

v) τέλος δύο φοιτητές αναφέρουν ότι έχουν πολλά κενά και πολλές δυσκολίες στους δεσμούς, ενώ ένας δε θυμόταν πού δυσκολεύτηκε!

ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΑΝΤΗΣΕΩΝ ΠΡΩΤΟΕΤΩΝ ΦΟΙΤΗΤΩΝ ΜΕ ΜΑΘΗΤΕΣ Α΄ ΛΥΚΕΙΟΥ

Από τα παραπάνω συμπεραίνουμε ότι οι χημικοί δεσμοί αποτελούν κάτι πολύ δύσκολο για τους πρωτοετείς φοιτητές (μόλις το 2,7 % των φοιτητών δήλωσαν ότι δεν συνάντησαν καμιά απολύτως δυσκολία). Το ποσοστό αυτό είναι σημαντικά πιο χαμηλό σε σχέση με αυτό των μαθητών της α΄ τάξης λυκείου (το 16,7 % το μαθητών δήλωσαν ότι δεν συνάντησαν καμιά απολύτως δυσκολία) (Παππά κα. 2023). Επίσης εντύπωση προκαλεί το γεγονός ότι ένα μεγάλο ποσοστό των φοιτητών (37,0%) δεν απάντησαν στο ερώτημα αυτό. Το αντίστοιχο ποσοστό για τους μαθητές είναι χαμηλότερο (24,2%)! Αν αναζητήσουμε τους λόγους μπορούμε να αναφέρουμε τα εξής:

1. Η έννοια του χημικού δεσμού είναι κάτι πολύ δύσκολο όχι μόνο για τους μαθητές της α΄ λυκείου αλλά ακόμη και για πρωτοετείς φοιτητές (συμπεριλαμβανομένου του Τμήματος Χημείας).

2. Οι φοιτητές δηλώνουν ότι δεν έχουν κατανοήσει ή συναντούν δυσκολίες σε θέματα και έννοιες που διδάχθηκαν ως μαθητές στο λύκειο (ηλεκτραρνητικότητα, δομές Lewis, «κανόνας των οκτώ», κ.ά.). Ένας φοιτητής μάλιστα δήλωσε ως δυσκολία τη διάκριση μετάλλων από τα αμέταλλα (κάτι που το διδάχθηκε από το γυμνάσιο).

3. Σε όλα τα παραπάνω έρχονται να προστεθούν (για τους φοιτητές) δυσκολότερες έννοιες που τις διδάχθηκαν είτε στη γ΄ λυκείου, είτε στο πρώτο έτος της σχολής τους (δεσμοί «σ» και «π», υβριδικά τροχιακά, εξαιρέσεις από τον «κανόνα των οκτώ», κ.ά.).

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε τον καθηγητή Αχιλλέα Γαρούφη που μας επέτρεψε να διεξαγάγουμε την έρευνα στο πλαίσιο του μαθήματος της Ανόργανης Χημείας Ι. Ευχαριστούμε και τους φοιτητές που συμμετέσχαν στη διεξαγωγή της έρευνας. Τέλος οφείλουμε ευχαριστίες και στον Dr. Bill Byers για τη συμβολή του στη γενική κατηγοριοποίηση των απαντήσεων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Θεοδοσίου Α. και Παπαϊωάννου Α., (2006). Μεταγνώση και Προσωπικοί Προσανατολισμοί. Ο Ρόλος τους στην Αυτορύθμιση της Μάθησης στη Φυσική Αγωγή, *Αναζητήσεις στη Φυσική Αγωγή & τον Αθλητισμό*, 4(2), 148 – 167.
- Παππά, Ε. Τ, Τσαπαρλής, Γ., & Byers, B. (2020). Διδασκαλία και μάθηση του χημικού δεσμού: Παρανοήσεις και μεταγνωστικές απαντήσεις μαθητών α' λυκείου: η επίδραση εμπλουτισμένου διδακτικού υλικού. *Πρακτικά 11ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, 320-328. Φλώρινα, 2020.
- Παππά, Ε. Τ., Πύργας, Ε., & Τσαπαρλής, Γ. (2023). Η Κατανόηση του Χημικού Δεσμού από Μαθητές Α' Λυκείου: Ανάλυση Απαντήσεων σε Μεταγνωστικές Ερωτήσεις. *13ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Ιωάννινα, 2023.
- Coll R.K. and Taylor, N., (2001), Alternative conceptions of chemical bonding held by upper secondary and tertiary students, *Research in Science and Technological Education*, 19(2), 171-191.
- Flavell, H. J., (1979). Metacognition and Cognitive Monitoring: A New Area of Cognitive—Developmental Inquiry, *American Psychological Association*, 34(10), 906-911.
- Hazzi S. and Dumon A., (2014), Conceptual integration of covalent bond models by Algerian students, *Chem. Educ. Res. Pract.*, 15(4), 675–688.
- Pappa E. T. & Tsaparlis G. (2011). Evaluation of questions in general chemistry textbooks according to the form of the questions and the Question-Answer Relationship (QAR): the case of intra- and intermolecular chemical bonding. *Chemistry Education Research and Practice*, 12(2), 262-270 (plus Supplementary Information).
- Şen Ş. and Yilmaz A., (2017), The Development of a Three-tier Chemical Bonding Concept Test, *Journal of Turkish Science Education*, 14(1), 110-126.
- Taber, K.S., (1997), Student understanding of ionic bonding: Molecular versus electrostatic thinking? *School Science Review*, 78(285), 85-95.
- Teichert A. M., Roy MacArthur H. A., Smith F. V., Luning Prak J. D., and Lin S., (2021), *Journal of Chemical Education*, 98(12), 3739-3748.
- Tsaparlis G., Pappa E. T., & Byers, B. (2018). Teaching and learning chemical bonding: Research-based evidence for misconceptions and conceptual difficulties experienced by students in upper secondary schools and the effect of an enriched text. *Chemistry Education Research and Practice*, 19(4) 1253-1269 (plus, Supplementary files).