

Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της Α΄ τάξης του Λυκείου όσον αφορά στο σχηματισμό και τις χημικές ιδιότητες των μορίων. Διερεύνηση της προέλευσης και των παραγόντων διατήρησής τους

Αγορίτσα Σχιζοδήμου, Περικλής Ακρίβος

Διαπανεπιστημιακό Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
της Διδακτικής της Χημείας και των Νέων Εκπαιδευτικών Τεχνολογιών
Τμήμα Χημείας Α.Π.Θ.

Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα έρευνας σε δείγμα 1613 μαθητών και μαθητριών των Β΄ και Γ΄ τάξεων του Γενικού Λυκείου, κατά το σχολικό έτος 2010-2011. Ο στόχος της έρευνας είναι η διερεύνηση, με τη μορφή ερωτηματολογίων, της γνώσης που έχουν αποκτήσει και των εναλλακτικών αντιλήψεων που έχουν υιοθετήσει μαθητές Λυκείου αναφορικά με ένα σύνολο εννοιών σχετικών με το μόριο, τον χημικό δεσμό και τις ιδιότητες των χημικών ενώσεων τα οποία διδάσκονται στην ύλη της Χημείας στην Α΄ τάξη του Λυκείου.

Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε σε ένα ευρύ σύνολο μαθητών και σε μια ποικιλία σχολικών μονάδων έτσι ώστε να προκύψει ένα ικανοποιητικό δείγμα αντιπροσωπευτικό της διαστρωμάτωσης των μαθητών Λυκείου στο σύνολο της χώρας. Στο δείγμα των σχολικών μονάδων περιλαμβάνονται Λύκεια μεγάλων ή μικρών αστικών κέντρων καθώς και μη αστικών περιοχών, δημόσια, ιδιωτικά και πειραματικά καθώς και μερικά «ειδικά» σχολεία όπως διαπολιτισμικό, ιεροσπουδαστικό και μουσικό.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματά μας οι μαθητές αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα γνώσεων σχετικά με τις έννοιες του μορίου και του χημικού δεσμού. Οι κύριες δυσκολίες τους εντοπίζονται στην κατανόηση του σχηματισμού των μορίων και το είδος του δεσμού μεταξύ των ατόμων καθώς και του φαινομένου της διάλυσης μιας ουσίας. Συνοψίζοντας μπορούμε να πούμε ότι το συνολικό ποσοστό ορθών απαντήσεων είναι μικρό. Στην πλειοψηφία των ερωτημάτων δεν ξεπερνάει το 50%. Σε κάθε ερώτημα υπάρχει πάντα ένα ποσοστό τουλάχιστον 5% που δεν δίνει απάντηση.

Εισαγωγή

Έχει διαπιστωθεί η υιοθέτηση ποικίλων εσφαλμένων αντιλήψεων από τους μαθητές και είναι τεκμηριωμένη η επίμονη παρουσία των αντιλήψεων αυτών στο γνωστικό τους υπόβαθρο ασχέτως προς την έκταση και την ποιότητα της μετέπειτα διδασκαλίας.

Στην Α΄ τάξη του Λυκείου ο μαθητής καλείται να περιλάβει στο γνωστικό του υπόβαθρο ένα ευρύ πλέγμα εννοιών και φαινομένων το οποίο θα πρέπει να μπορεί να ανακαλεί σε μεταγενέστερα χρονικά σημεία των σπουδών του και της ζωής του γενικότερα. Μεταξύ αυτών είναι η βασική εικόνα για το σχηματισμό του χημικού δεσμού καθώς και οι γενικές ιδιότητες των μορίων. Προφανώς αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την αξιολόγηση της συνολικής εκπαιδευτικής διαδικασίας η μελέτη του βαθμού στον οποίο η συγκεκριμένη γνώση γίνεται κτήμα των μαθητών ή υφίσταται την επίδραση προϋπαρχουσών αντιλήψεων.

Η διερεύνηση των παραπάνω μπορεί να πραγματοποιηθεί σε ικανοποιητικό βαθμό με τη χρήση ερωτηματολογίων όπου το είδος και η ποικιλία των προσφερομένων απαντήσεων βρίσκεται σε συμφωνία με στοιχεία γνωστά από αντίστοιχες έρευνες σε διάφορες χώρες και χρονικές περιόδους και κατά συνέπεια μπορεί να συσχετιστεί με τα ευρήματά τους και τις παρατηρήσεις τους στο ίδιο αντικείμενο.

Η Έρευνα

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε ένα δείγμα της τάξης των 1816 ατόμων με την μέθοδο του ερωτηματολογίου. Τα ερωτηματολόγια που τελικώς αξιολογήθηκαν είναι σε αριθμό 1613.

Αποτελεί μέρος μιας ευρύτερης έρευνας που περιλαμβάνει την διερεύνηση των παραινέσεων και άλλων εννοιών εκτός από το μόριο και τον χημικό δεσμό.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε με βάση την εθελοντική συμμετοχή μαθητών της Β΄ και Γ΄ τάξης του Λυκείου και στηρίζεται στην απάντηση από μέρους τους σε μια σειρά ερωτημάτων που σχετίζονται με την ύλη της Χημείας της Α΄ Λυκείου, όπως τουλάχιστον περιγραφόταν στο αναλυτικό πρόγραμμα μέχρι και τη σχολική χρονιά 2010-2011. Οι ερωτήσεις που τέθηκαν ήταν τύπου των πολλαπλών επιλογών και τύπου σωστό-λάθος.

Τα Λύκεια στα οποία μοιράστηκαν τα ερωτηματολόγια χωρίζονται στις εξής κατηγορίες:

- **μεγάλου αστικού κέντρου (Θεσσαλονίκης):** 12^ο, 18^ο, 28^ο και 30^ο ΓΕΛ, πειραματικά σχολεία (Πειραματικό ΠΑΜΑΚ και Πειραματικό ΑΠΘ) και ένα ιδιωτικό σχολείο, το Αμερικάνικο Κολλέγιο Ανατόλια.
- **μικρών αστικών κέντρων:** 1^ο και 2^ο ΓΕΛ Φλώρινας, 1^ο και 2^ο ΓΕΛ Κιλκίς, ΓΕΛ Κομοτηνής.
- **μη αστικών κέντρων:** ΓΕΛ Φιλώτα-Ν.Φλωρίνης, ΓΕΛ Νέα Μάδυτος-Ν.Θεσ/νίκης, 2^ο ΓΕΛ Κουφαλίων-Ν.Θεσ/νίκης, ΓΕΛ Λαγκαδίκια-Ν.Θεσ/νίκης, ΓΕΛ Αγ.Γεωργίου Ασπροβάλτας, ΓΕΛ Κασσάνδρας - Ν.Χαλκιδικής, ΓΕΛ και ΕΠΑΛ Αμυνταίου.
- **Ειδικές κατηγορίες σχολείων:** Διαπολιτισμικό, Ιεροσπουδαστικό και Μουσικό λύκειο Αμυνταίου.

Το ερωτηματολόγιο

Το ερωτηματολόγιο που ετοιμάστηκε και μοιράστηκε είναι το επόμενο. Δίνεται η ερώτηση καθώς και οι απαντήσεις που προτάθηκαν.

Τάξη	Φύλο	θετική κατεύθυνση
<input type="checkbox"/> Β <input type="checkbox"/> Γ	<input type="checkbox"/> Αγόρι <input type="checkbox"/> Κορίτσι	<input type="checkbox"/> Ναι <input type="checkbox"/> Όχι
<p>1. Ο συμβολισμός για το στοιχείο «φωσφόρος» είναι Ρ. Έχει αποδειχθεί η ύπαρξη του χημικού είδους P₄. Σημειώστε ποιες από τις ακόλουθες προτάσεις είναι αληθείς</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Το P₄ είναι μόριο που αποτελείται από άτομα φωσφόρου</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Το P₄ μπορεί να διασπαστεί οπότε θα δώσει άτομα φωσφόρου</p> <p><input type="checkbox"/> Το P₄ αν αντιδράσει με οξυγόνο θα δώσει διάφορα προϊόντα</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Το P₄ αν αντιδράσει με οξυγόνο θα δώσει μόνο οξείδιο του φωσφόρου</p> <p><input type="checkbox"/> Το P₄ δεν αντιστοιχεί στο στοιχείο «φωσφόρος» αλλά σε ένα νέο στοιχείο</p>		

2. Σημειώστε ποιες από τις προτάσεις για το μόριο της ένωσης που ονομάζεται «ζάχαρη» είναι αληθείς

- Αποτελεί τον μικρότερο κόκκο ζάχαρης που μπορεί να υπάρξει
- Έχει το χαρακτηριστικό λευκό χρώμα της ζάχαρης
- Έχει τη χαρακτηριστική γλυκιά γεύση της ζάχαρης
- Μετατρέπεται από στερεό σε υγρό κατά τη διάλυση της ζάχαρης στο νερό

3. Όταν διαλύεται μια ποσότητα ζάχαρης στο νερό:

- Διαλύεται καθένα από τα μόρια της ζάχαρης
- Τα μόρια της ζάχαρης χάνονται μέσα στο διάλυμα
- Η ζάχαρη εξαφανίζεται. Θα εμφανιστεί πάλι όταν απομακρυνθεί όλο το νερό
- Τα μόριά της αντιδρούν με το νερό και παράγονται νέα προϊόντα
- Τα μόριά της παραμένουν αναλλοίωτα άρα το φαινόμενο είναι φυσικό

4. Τι σημαίνει η έκφραση «το NaCl έχει διαλυτότητα 35 g σε 100 mL νερού».

- Δεν μπορεί να υπάρξει διάλυμα με περιεκτικότητα 45 gNaCl σε 100 mL σε νερό.
- Δεν μπορεί να υπάρξει διάλυμα με περιεκτικότητα 25 gNaCl σε 100 mL σε νερό.
- Σε 100 mL νερού μπορεί να διαλυθούν το πολύ 35 gNaCl
- Διάλυμα 35 gNaCl σε 100 mL νερού είναι κορεσμένο σε NaCl
- Διάλυμα 35 gNaCl σε 100 mL νερού είναι κορεσμένο γενικά
- Διάλυμα 35 gNaCl σε 100 mL νερού περιγράφεται ως 35% w/w
- Διάλυμα 35 gNaCl σε 100 mL νερού περιγράφεται ως 35% v/v

5. Τι υπάρχει μεταξύ των δύο πυρήνων O στο μόριο του O₂;

- Κενό
- Τα ηλεκτρόνια των ατόμων
- Τα ηλεκτρόνια σθένους των ατόμων
- Αέρας

6. Για τα δύο άτομα O στο μόριο του O₂ ισχύει ότι:

- Συγκρατούνται μεταξύ τους με ηλεκτροστατικές δυνάμεις Coulomb
- Συγκρατούνται μεταξύ τους με την κόλλα που αποτελεί τον χημικό δεσμό
- Τα εξωτερικά τους ηλεκτρόνια βρίσκονται σε επαφή
- Οι πυρήνες τους βρίσκονται σε επαφή

7. Κατά την αντίδραση μεταλλικού Ναμε αέριο Cl παράγεται η ένωση NaCl στην οποία:

- Υπάρχουν μόρια Na-Cl
- Υπάρχουν ζεύγη ιόντων Na⁺Cl⁻
- Υπάρχουν μόρια Na-Cl που έχουν αλληλεπιδράσεις με γειτονικά μόρια Na-Cl.
- Υπάρχουν ζεύγη ιόντων Na⁺Cl⁻ που έχουν αλληλεπιδράσεις με γειτονικά ζεύγη ιόντων
- Υπάρχουν ιόντα Na⁺Cl⁻ σε μια διάταξη του τύπου Na⁺Cl⁻Na⁺Cl⁻ ... στο χώρο

Σημείωση: στην ερώτηση 7 τυπικά σωστή είναι μόνο η τελευταία αλλά δεχθήκαμε ως σωστές όλες τις απαντήσεις που αναφέρονται σε ζεύγη ιόντων Na^+Cl^- .

Στο ερωτηματολόγιο υπάρχουν διαδοχικές ερωτήσεις που σχετίζονται μεταξύ τους. Η διαδικασία αυτή, γνωστή ως «**διαδικασία διαζωμάτων**» συνήθως εφαρμόζεται για τη διευκρίνιση των λογικών διαδικασιών που οδηγούν στις εναλλακτικές απόψεις των μαθητών. Συνήθως εφαρμόζεται ως μια διαδικασία δύο διαζωμάτων, δηλαδή δύο διαδοχικών ερωτήσεων στο ίδιο αντικείμενο. Συνήθως επίσης, οι δύο ερωτήσεις είναι του τύπου των πολλαπλών επιλογών, μόνο που η δεύτερη αποτελεί εξειδίκευση της απάντησης που έχει δοθεί στην προηγούμενη. Έτσι, ο πιο κοινός τρόπος διατύπωσης των ερωτήσεων αυτών περιλαμβάνει 2 ή 3 απαντήσεις για την πρώτη ερώτηση, από τις οποίες η μία τουλάχιστον ή και δύο ακόμη αποτελούν τεκμηριωμένες εναλλακτικές απόψεις μαθητών, ενώ στη δεύτερη ερώτηση το ζητούμενο είναι η δικαιολόγηση της απάντησης που έχει δοθεί προηγουμένως. Στην περίπτωση αυτή δίνονται περισσότερες πιθανές απαντήσεις μέσα στις οποίες περιλαμβάνονται και κάποιες οφθαλμοφανώς εσφαλμένες.

Ανάλυση των αποτελεσμάτων ανά ερώτηση

Ερώτηση 1

Πίνακας 1. Ποσοστό (%) ορθών απαντήσεων στην ερώτηση 1 ανά κατηγορία σχολείων.

Κατηγορίες σχολείων - μαθητών	Απαντήσεις (%)					Σ*
	1	2	3	4	5	
Σύνολο	53,4	31,9	26,2	33,6	15,7	5,1
Θεσσαλονίκη	54,5	31,0	28,2	33,6	14,6	5,0
μικρά αστικά κέντρα	50,5	31,4	25,3	32,7	15,2	5,3
μη αστικά κέντρα	56,3	35,3	25,0	33,7	18,8	6,8
ειδικές κατηγορίες σχολείων	51,9	30,5	23,0	35,8	15,5	3,7

* Το ποσοστό των μαθητών που απάντησαν και τις 3 ορθές απαντήσεις.

Η ερώτηση σχετίζεται με την κατανόηση της συμβολικής γλώσσας της Χημείας. Το P_4 είναι μόριο που αποτελείται από άτομα φωσφόρου είναι κατανοητό για κάτι περισσότερο από τους μισούς μαθητές όπως δείχνουν τα αποτελέσματα. Το P_4 μπορεί να διασπαστεί οπότε θα δώσει άτομα φωσφόρου, είναι κάτι που σχετίζεται άμεσα με το προηγούμενο ερώτημα αφού τα άτομα φωσφόρου το μόνο που μπορεί να κάνουν είναι να ελευθερωθούν από το συγκρότημα P_4 . Ωστόσο η απάντηση αυτή δεν δόθηκε από το σύνολο ή από το μεγαλύτερο μέρος εκείνων που απάντησαν θετικά στην πρώτη παραπάνω πρόταση. Τα ποσοστά είναι σημαντικά χαμηλότερα.

Περίπου αντίστοιχα με τα παραπάνω είναι τα ποσοστά που παίρνει η θετική απάντηση στην τέταρτη πρόταση που δηλώνει πως αν το P_4 αν αντιδράσει με οξυγόνο θα δώσει μόνο οξείδιο του φωσφόρου. Μεγάλο ενδιαφέρον αποτελεί η εξέταση του συνόλου των μαθητών που έδωσαν απάντηση θετική και στις τρεις προτάσεις που αληθεύουν για το τετρατομικό φωσφόρο. Εκείνοι που συνδύασαν και τις τρεις σωστές απαντήσεις είναι μόλις το 5% των μαθητών. Επίσης το ποσοστό των μαθητών που δεν απάντησαν τίποτα είναι το 4,7% επί του συνόλου των ερωτηματολογίων.

Εντυπωσιακό είναι και το γεγονός ότι ένα μεγάλο ποσοστό (περίπου 25%) πιστεύουν ότι το P_4 αν αντιδράσει με οξυγόνο θα δώσει διάφορα προϊόντα. Αυτό μπορεί

να σχετίζεται με τη γενική εικόνα των χημικών εξισώσεων που παρουσιάζονται και όπου η παρουσίαση γίνεται με τη βάση των Α και Β ως αντιδρώντων και των Γ και Δ ως προϊόντων. Προφανώς λοιπόν στο μυαλό των παιδιών δημιουργείται η ιδέα πως θα πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον δύο αντιδρώντα και τουλάχιστον δύο προϊόντα και κατά συνέπεια η αναφορά σε ένα και μοναδικό προϊόν δεν τους βρίσκει σύμφωνους.

Ένα σημείο το οποίο ξεφεύγει από κάθε δυνατότητα ανάλυσης είναι το εξαιρετικά μεγάλο ποσοστό μαθητών (που φτάνει το 15%) οι οποίοι πιστεύουν ότι το P₄ δεν αντιστοιχεί στο στοιχείο «φωσφόρος» αλλά σε ένα νέο στοιχείο. Υπάρχουν πάντοτε και μαθητές που είτε βρίσκονται σε σύγχυση είτε δεν έχουν καταλάβει το νόημα της ερώτησης, είτε, παρόλη την προσπάθεια της ερευνητικής ομάδας, έδωσαν τυχαίες απαντήσεις σε κάποια ερωτήματα. Για παράδειγμα, στη συγκεκριμένη ερώτηση υπάρχουν αρκετά άτομα που απάντησαν θετικά στην πρώτη και την πέμπτη πρόταση, δέχονται δηλαδή ότι το χημικό είδος P₄ αποτελείται από άτομα φωσφόρου αλλά είναι και νέο στοιχείο. Εδώ μπορεί και η έννοια της ατομικότητας να μην «πέρασε» στο γνωστικό τους υπόβαθρο. Το ποσοστό των μαθητών στην περίπτωση αυτή φτάνει το 7%, κάτι ιδιαίτερα σημαντικό που υποδεικνύει ότι η αντίληψη περί μορίων βρίσκεται σε πρώιμο ακόμη στάδιο στην ηλικία αυτή των Ελλήνων μαθητών. Επίσης ένα ποσοστό 3,5% έδωσε ταυτόχρονα τις απαντήσεις 3 και 4, δηλαδή ότι το P₄ αν αντιδράσει με οξυγόνο θα δώσει διάφορα προϊόντα και το P₄ αν αντιδράσει με οξυγόνο θα δώσει μόνο οξείδιο του φωσφόρου.

Η έννοια του ατόμου, όπως θα δούμε αμέσως παρακάτω, αποτελεί τη βάση της ατομικής θεωρίας.

- *Ατομο είναι το μικρότερο σωματίδιο ενός στοιχείου, που μπορεί να πάρει μέρος στο σχηματισμό χημικών ενώσεων.*

Τα μόρια των χημικών στοιχείων δεν αποτελούνται πάντοτε από τον ίδιο αριθμό ατόμων. Έτσι υπάρχουν στοιχεία **μονοατομικά**, όπως είναι τα ευγενή αέρια, π.χ. ήλιο (He), στοιχεία **διατομικά**, όπως είναι το οξυγόνο (O₂), το υδρογόνο (H₂), ή ακόμα και **τριατομικά**, όπως είναι το όζον (O₃).

- *Ο αριθμός που δείχνει από πόσα άτομα συγκροτείται το μόριο ενός στοιχείου ονομάζεται ατομικότητα στοιχείου*

Η ατομικότητα του στοιχείου αναγράφεται ως δείκτης στο σύμβολο του στοιχείου. Παρακάτω δίνεται πίνακας με τις ατομικότητες των σημαντικότερων στοιχείων.

• Το άτομο είναι ένα απειροελάχιστο σωματίδιο, με μέγεθος που ξεπερνά τα όρια της φαντασίας μας. Ωστόσο, νέες τεχνικές στην μικροσκοπία επιτρέπουν την παρατήρηση του και τον προσδιορισμό του μεγέθους του.

Εικόνα 1. Απόσπασμα από το βιβλίο Χημείας της Α' Λυκείου όπου περιγράφεται η έννοια της ατομικότητας.

Ερώτηση 2

Είναι μια ερώτηση που σχετίζεται με έννοιες του μικρόκοσμου και συγκεκριμένα με τις φυσικές ιδιότητες των μορίων.

Πίνακας 2. Ποσοστό (%) ορθών απαντήσεων στην ερώτηση 2 ανά κατηγορία σχολείων.

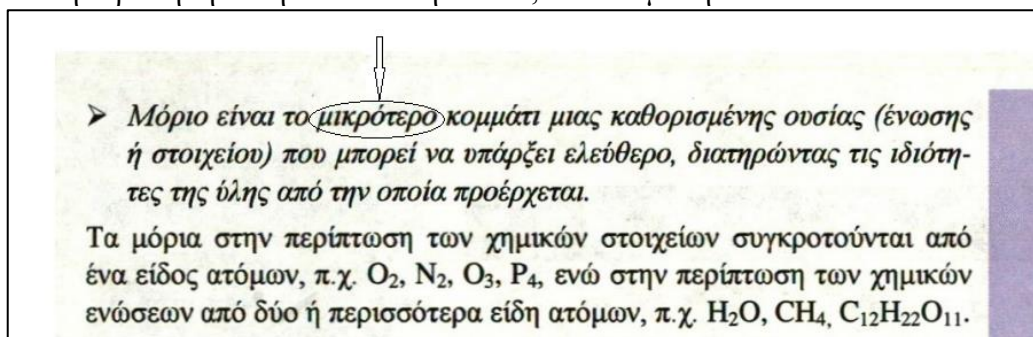
Κατηγορίες σχολείων - μαθητών	Απαντήσεις (%)			
	1	2	3	4
Σύνολο	28,1	26,3	45,4	54,7
Θεσσαλονίκη	30,9	26,5	43,6	52,6
μικρά αστικά κέντρα	24,4	25,7	43,0	56,5

μη αστικά κέντρα	27,2	28,8	48,8	53,7
ειδικές κατηγορίες σχολείων	28,3	23,0	52,4	59,3

Από τις λανθασμένες απαντήσεις που βρίσκονται κοντά στο 60% (στην απάντηση 4) προκύπτει ότι γενικά έννοιες που δεν μπορούν οι μαθητές να έχουν οπτική επαφή και σε θέματα που εντοπίζονται στο μικρόκοσμο τους προκαλούν σύγχυση. Αξιοσημείωτο είναι ότι ένα ποσοστό που φτάνει το 28% έδωσε ως απάντηση ότι το μόριο της ζάχαρης «αποτελεί τον μικρότερο κόκκο ζάχαρης που μπορεί να υπάρξει». Στην περίπτωση αυτή μάλλον πρόκειται για ένα χαρακτηριστικό φαινόμενο αναγωγής από γνωστά στοιχεία και προηγούμενη γνώση.

Η ορθή τρίτη απάντηση έχει μεγάλο μερίδιο στις προτιμήσεις των μαθητών και συγκεκριμένα φτάνει το 52 % επειδή σχετίζεται με μακροσκοπική ιδιότητα του μορίου. Το μεγάλο ποσοστό που έλαβε η απάντηση 1, δηλαδή ότι αποτελεί τον μικρότερο κόκκο ζάχαρης που μπορεί να υπάρξει, οφείλεται στον ορισμό της έννοιας του μορίου που αναγράφεται στο σχολικό βιβλίο. Εκεί το μόριο χαρακτηρίζεται ως το «μικρότερο» κομμάτι μιας καθορισμένης ουσίας.

Στην ερώτηση αυτή δεν απάντησε το 3,2% των μαθητών.



Εικόνα 2. Απόσπασμα από το βιβλίο Χημείας της Α' Λυκείου όπου περιγράφεται ο ορισμός του μορίου.

Ερώτηση 3

Πίνακας 3. Ποσοστό (%) ορθών απαντήσεων στην ερώτηση 3 ανά κατηγορία σχολείων.

Κατηγορίες σχολείων- μαθητών	Απαντήσεις (%)					Σ*
	1	2	3	4	5	
Σύνολο	36,7	24,3	15,6	21,1	24,2	0,6
Θεσσαλονίκη	35,7	22,3	15,0	21,4	25,2	0,5
μικρά αστικά κέντρα	36,3	26,6	17,2	21,3	22,0	0
μη αστικά κέντρα	36,5	24,0	14,9	24,5	25,5	0,3
ειδικές κατηγορίες σχολείων	41,2	26,2	14,5	22,5	24,0	2,1

* Το ποσοστό των μαθητών που απάντησαν και τις 3 ορθές απαντήσεις.

Πρόκειται για μια τυπική ερώτηση του τύπου σωστό - λάθος όπου υπάρχει το πρόβλημα της κατανόησης από μέρους των μαθητών της διαδικασίας διάλυσης μιας ουσίας, στη συγκεκριμένη περίπτωση ζάχαρης στο νερό. Η διάλυση είναι ένα φαινόμενο που δημιουργεί εναλλακτικές ιδέες. Οι μαθητές εστιάζουν την προσοχή τους στις μεταβολές που γίνονται άμεσα αντιληπτές μέσω των αισθήσεων και ιδιαίτερα στις

μεταβολές του ενός μόνο συστατικού που αποτελεί το φορέα των φαινομενολογικών μεταβολών π.χ στην «εξαφάνιση» της ζάχαρης μέσα στο νερό. Το πρόβλημα αυτό ανάγεται στο βασικότερο πρόβλημα της διάκρισης μεταξύ φυσικών και χημικών φαινομένων, το οποίο είναι σημαντικό και όχι μόνο για το Ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα.

Στην περίπτωση αυτή φαίνεται ότι γενικά δεν έχει γίνει κατανοητό ως φυσικό φαινόμενο καθώς επίσης και το ότι η διάλυση βασίζεται σε μια συμπεριφορά του καθενός από τα μόρια της ζάχαρης. Η καθεμιά απάντηση ξεχωριστά έλαβε λιγότερο του 1/3 των προτιμήσεων των μαθητών ενώ ο συνδυασμός τους θεωρήθηκε σωστός από ένα πολύ μικρό ποσοστό (κυμαίνεται από μηδέν στα μικρά αστικά κέντρα και φτάνει στο 2,1% στην κατηγορία των «ειδικών» σχολείων).

Αντίστοιχα, η περιφραστική περιγραφή της τρίτης απάντησης ουσιαστικά υποδεικνύει ένα φυσικό φαινόμενο, αλλά δεν γίνεται αντιληπτή ως τέτοια αφού λιγότερο από το 20% των μαθητών την αποδέχονται.

Περίπου το 25% των μαθητών πιστεύει ότι κάποιο χημικό φαινόμενο συμβαίνει κατά τη διάλυση αφού επιλέγει να απαντήσει ότι τα μόρια της ζάχαρης «χάνονται στο διάλυμα» και ότι «αντιδρούν με το νερό και παράγονται νέα προϊόντα. Ένα ποσοστό περίπου 16% θεωρεί ότι η ζάχαρη απλώς χάνεται παροδικά και θα επανεμφανιστεί μόλις εξατμιστεί όλο το νερό.

Ερώτηση 4

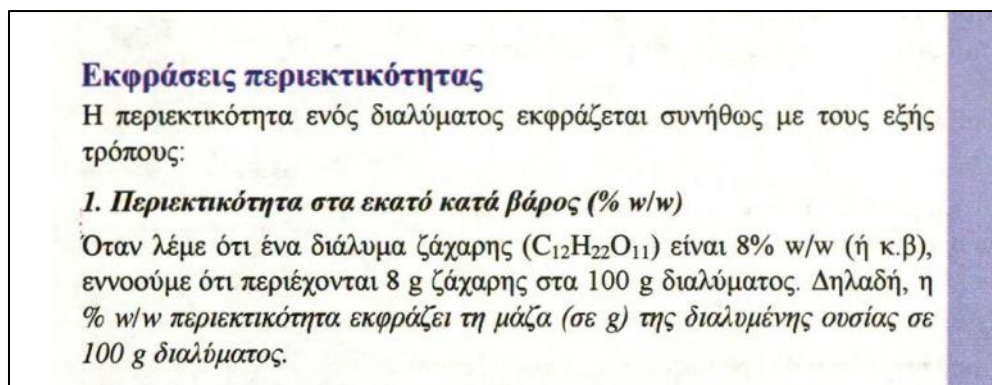
Πίνακας 4. Ποσοστό (%) ορθών απαντήσεων στην ερώτηση 4 ανά κατηγορία σχολείων.

Κατηγορίες σχολείων- μαθητών	Απαντήσεις (%)							Σ*
	1	2	3	4	5	6	7	
Σύνολο	15,3	8,4	55,9	25,9	11,2	18,2	11,7	4,6
Θεσσαλονίκη	13,9	7,0	56,0	22,5	8,3	14,5	9,5	2,3
μικρά αστικά κέντρα	20,2	9,7	55,2	35,2	13,4	20,2	16,0	5,5
μη αστικά κέντρα	13,6	12,0	51,5	24,3	13,0	25,9	10,7	4,5
ειδικές κατηγορίες σχολείων	10,7	4,3	64,2	17,7	13,4	13,4	10,7	1,6

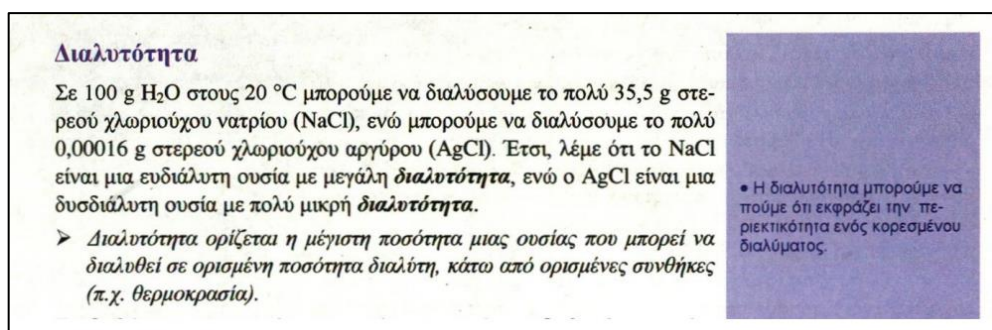
* Το ποσοστό των μαθητών που απάντησαν και τις 3 ορθές απαντήσεις.

Η ερώτηση σχετίζεται με την διδασκαλία των εννοιών της διαλυτότητας και της περιεκτικότητας ενός διαλύματος. Στην ερώτηση αυτή δεν απάντησε το 3% των μαθητών. Τα μεγαλύτερα ποσοστά (που ξεπερνούν το 60%) έχει η ορθή απάντηση 3. Η επίδοση αυτή των μαθητών είναι αναμενόμενη γιατί είναι απόρροια του ορισμού της διαλυτότητας. Οι άλλες δυο ορθές απαντήσεις δεν έχουν και πολύ υψηλά ποσοστά και αυτό ίσως οφείλεται στο ότι οι μαθητές θεώρησαν ότι υπήρχε μόνο μια ορθή απάντηση.

Σημαντικά είναι τα ποσοστά των μαθητών που επέλεξαν την απάντηση 6. Φαίνεται να μπερδεύουν την διαλυτότητα με την % κατα βάρος (% w/w) περιεκτικότητα του διαλύματος. Αντιμετωπίζουν την διαλυτότητα σα μια τυχαία περιεκτικότητα ενός διαλύματος και όχι σαν μια έκφραση της περιεκτικότητας του κορεσμένου διαλύματος συγκεκριμένα. Ο συσχετισμός αυτός δικαιολογείται σε ένα βαθμό από τους ορισμούς των δυο εννοιών στο σχολικό βιβλίο. Στην έννοια της διαλυτότητας δεν αναφέρεται, όπως είναι λογικό, κάποια εκατοστιαία αναλογία.



Εικόνα 3. Απόσπασμα από το βιβλίο Χημείας της Α' Λυκείου όπου δίνεται ο ορισμός της περιεκτικότητας στα εκατό κατά βάρος .



Εικόνα 4. Απόσπασμα από το βιβλίο Χημείας της Α' Λυκείου όπου δίνεται ο ορισμός της διαλυτότητας.

Ερώτηση 5

Πίνακας 5. Ποσοστό (%) ορθών απαντήσεων στην ερώτηση 5 ανά κατηγορία σχολείων.

Κατηγορίες σχολείων- μαθητών	Απαντήσεις (%)			
	1	2	3	4
Σύνολο	10,0	35,3	40,0	12,2
Θεσσαλονίκη	10,7	35,6	41,0	9,5
μικρά αστικά κέντρα	10,3	30,8	42,0	15,7
μη αστικά κέντρα	12,0	40,8	33,7	12,0
ειδικές κατηγορίες σχολείων	3,2	35,8	42,3	10,7

Η ορθή απάντηση είναι, φυσικά, το σύνολο των ηλεκτρονίων των δύο ατόμων. Ωστόσο αρκετοί από τους μαθητές, ακόμη κι αν έχουν υπόψη τους την απάντηση αυτή παρασύρονται από την παρόμοια έκφραση μιας άλλης προτεινόμενης απάντησης που αναφέρεται μόνο στα ηλεκτρόνια σθένους. Συσχετίζουν προφανώς το γεγονός ότι τονίζεται στο μάθημα η σημασία των ηλεκτρονίων σθένους στη Χημεία και τη χημική συμπεριφορά των στοιχείων και δεν εξετάζουν τις υπόλοιπες απαντήσεις πριν καταλήξουν σ' αυτήν που θεωρούν ορθή.

Ωστόσο ένα ποσοστό 10% θεωρούν ότι μεταξύ των ατόμων ενός μορίου οξυγόνου δεν υπάρχει τίποτε (το κενό). Πιθανώς αυτό να οφείλεται σε παρανόηση που προκύπτει

από επισημάνσεις που γίνονται στο μάθημα με στόχο την αποφυγή άλλων εσφαλμένων αντιλήψεων. Για παράδειγμα είναι πολύ συχνή η προσπάθεια των δασκάλων να δείξουν ότι δεν υπάρχει κάτι άλλο μεταξύ των ατόμων που έχουν σχηματίσει ένα δεσμό, προσπαθώντας να υπερπηδήσουν το πρόβλημα που φαίνεται να δημιουργεί η έκφραση που απαντάται στο σύνολο σχεδόν των διδακτικών βιβλίων ότι «ο χημικός δεσμός είναι κάτι σαν μια κόλλα που κρατάει ενωμένα τα άτομα».

Η ύπαρξη κάποιου είδους ουσίας (συνήθως αέρας) ανάμεσα στα μόρια είναι μια συνήθης παρανόηση και αναφέρεται πολύ συχνά στη βιβλιογραφία.

Ερώτηση 6

Στην ερώτηση αυτή διερευνάται η αλήθεια μερικών προτάσεων σχετικά με το μόριο του οξυγόνου. Οι προτάσεις αυτές σχετίζονται με τη δομή στο χώρο του μορίου καθώς και με το χημικό δεσμό που υπάρχει μεταξύ των δύο ατόμων.

Πίνακας 6. Ποσοστό (%) ορθών απαντήσεων στην ερώτηση 6 ανά κατηγορία σχολείων.

Κατηγορίες σχολείων- μαθητών	Απαντήσεις (%)			
	1	2	3	4
Σύνολο	32,3	20,3	36,3	10,1
Θεσσαλονίκη	36,8	19,9	33,5	7,4
μικρά αστικά κέντρα	30,5	20,5	36,6	13,4
μη αστικά κέντρα	36,5	21,0	36,3	14,0
ειδικές κατηγορίες σχολείων	30,0	19,8	45,5	5,4

Στο ερώτημα δεν απάντησε το 5,4% του συνόλου, κάτι πολύ θετικό δεδομένης της συνθετότητας του ερωτήματος. Την ορθή απάντηση έδωσε το 35% των μαθητών.

Οι λανθασμένες απαντήσεις σχετίζονται με τον τρόπο που επιχειρείται να διδαχθεί η συγκεκριμένη ενότητα. Όπως προαναφέρθηκε, υπάρχουν πολλές ενδείξεις στα διδακτικά βιβλία για το ότι τα άτομα βρίσκονται σε επαφή όταν αλληλεπιδρούν. Κατά συνέπεια το 36% θεωρεί ότι τα άτομα που σχηματίζουν δεσμό εφάπτονται βρίσκονται στη μέση και αναμενόμενη κατάσταση για το συγκεκριμένο τμήμα της γνώσης της Χημείας. Σημαντικό είναι ότι το 10% του συνόλου πιστεύουν ότι οι πυρήνες των ατόμων βρίσκονται σε επαφή, κάτι που δεν δηλώνεται με κανένα έμμεσο τρόπο πουθενά. Προφανώς πρόκειται για παρανόηση της έννοιας και του ρόλου του πυρήνα σε ένα άτομο. Πιθανόν να έχει γίνει παρανόηση με την πληροφορία ότι το σύνολο σχεδόν της μάζας του ατόμου βρίσκεται συγκεντρωμένο στον πυρήνα του.

Τέλος, η περίφημη «κόλλα» που συγκρατεί τα άτομα ενός δεσμού δεν μπορούσε παρά να έχει λάβει μέρος της προτίμησης των μαθητών. Απ' αυτούς το 20% έχουν αυτή τη γνώμη και τη μοιράζονται με πάρα πολλά παιδιά αντίστοιχης ηλικίας σ' όλο τον κόσμο. Η απάντηση αυτή ήταν αναμενόμενη γιατί στο σχολικό βιβλίο της Α' τάξης του λυκείου χρησιμοποιείται η λέξη «κόλλα» για να περιγράψει τον χημικό δεσμό. Είναι μια χαρακτηριστική περίπτωση όπου η καθημερινή γλώσσα αποτελεί αιτία για την δημιουργία εναλλακτικών αντιλήψεων.

Το ποσοστό των μαθητών που απάντησαν το ερώτημα 3 της προηγούμενης ερώτησης (ότι δηλαδή μεταξύ των ατόμων του O στο μόριο του O₂ υπάρχουν τα ηλεκτρόνια σθένους) και ταυτόχρονα το ερώτημα 3 της παρούσας ερώτησης είναι 15%. Αυτό δείχνει ότι υπάρχει ένα σημαντικό ποσοστό μαθητών που στο γνωστικό τους

υπόβαθρο έχει περάσει μόνο η σημασία των ηλεκτρονίων σθένους και αγνοούν τα υπόλοιπα ηλεκτρόνια.

2.3 Γενικά για το χημικό δεσμό - Παράγοντες που καθορίζουν τη χημική συμπεριφορά του ατόμου. Είδη χημικών δεσμών (ιοντικός - ομοιοπολικός)

Τι είναι ο χημικός δεσμός; Πότε και γιατί δημιουργείται;

Το μεγαλύτερο μέρος, αν όχι ολόκληρο, του πλούτου του κόσμου που μας περιβάλλει πηγάζει από τις ενώσεις που σχηματίζονται με τη συνένωση των στοιχείων του περιοδικού πίνακα. Από τα εκατό περίπου στοιχεία προκύπτουν εκατομμύρια διαφορετικοί συνδυασμοί (χημικές ενώσεις), όπως από τους λίγους φθόγγους μιας γλώσσας παράγονται άπειρες λέξεις. Οι διασυνδέσεις αυτές των ατόμων προς σχηματισμό ενώσεων γίνονται μέσω των χημικών δεσμών. **Ο χημικός δεσμός** δηλαδή, με απλά λόγια, είναι η «κόλλα» που δένει **τα άτομα** (ή άλλες δομικές μονάδες της ύλης, π.χ. ιόντα) **προς σχηματισμό ενώσεων** ή ακόμα άλλων ομάδων ατόμων, όπως είναι τα πολυατομικά στοιχεία π.χ. S₈.

• Περίπου 600 000 χιλιάδες ενώσεις παρασκευάζονται κάθε χρόνο.

• Χημικός δεσμός είναι η δύναμη που συγκρατεί τα άτομα (ή άλλες δομικές μονάδες της ύλης, π.χ. ιόντα) ενωμένα μεταξύ τους.

Εικόνα 5. Απόσπασμα από το 2^ο κεφάλαιο του βιβλίου Χημείας της Α τάξης του Λυκείου όπου αναφέρεται η λέξη «κόλλα» για να περιγράψει τον χημικό δεσμό.

Ερώτηση 7

Πίνακας 7. Ποσοστό (%) ορθών απαντήσεων στην ερώτηση 7 ανά κατηγορία σχολείων.

Κατηγορίες σχολείων- μαθητών	Απαντήσεις (%)					*
	1	2	3	4	5	
Σύνολο	15,3	43,2	14,9	16,7	13,5	67,8
Θεσσαλονίκη	13,3	46,3	12,0	16,6	13,1	70,8
μικρά αστικά κέντρα	17,4	38,5	16,0	17,8	16,5	68,6
μη αστικά κέντρα	16,5	40,2	23,0	15,2	7,8	57,9
ειδικές κατηγορίες σχολείων	15,5	48,1	8,5	17,1	17,1	71,1

* Το ποσοστό των μαθητών που απάντησαν σε τουλάχιστον μια από τις σωστές απαντήσεις.

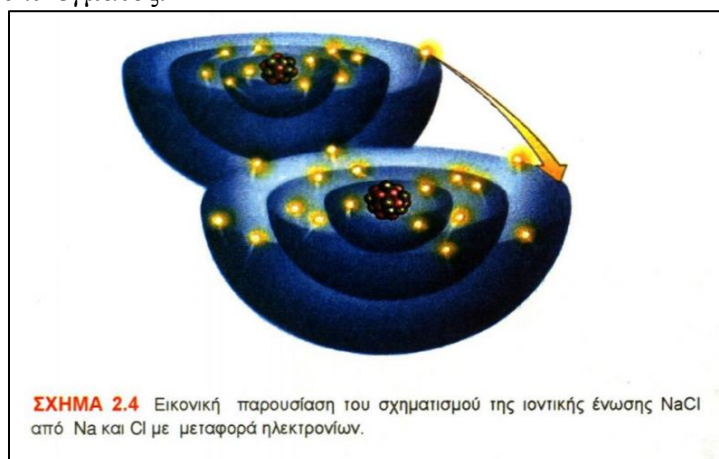
Η ερώτηση σχετίζεται με την διδασκαλία που αφορά τον ιοντικό δεσμό. Η διδασκαλία αυτή κρίνεται από πολλούς ως ελλιπής και ασυνεχής ως προς το αντίστοιχο κομμάτι που πραγματεύεται τον ομοιοπολικό δεσμό, παρόλο που κι αυτός δεν πετυχαίνει να γίνει τμήμα του γνωστικού υποβάθρου των μαθητών. Η τυπικά ορθή απάντηση 5 επιλέχτηκε από ένα ποσοστό που κυμαίνεται από το 13% του συνόλου των μαθητών. Το μεγαλύτερο ποσοστό (που πλησιάζει το 45%) των μαθητών επέλεξαν την απάντηση 2.

Ένα ποσοστό μαθητών που κυμαίνεται από 13-23% δεν έχουν κατανοήσει τον τρόπο με τον οποίο η συμβολική γλώσσα της Χημείας περιγράφει τους ιοντικούς δεσμούς και θεωρεί ότι στο αλάτι υπάρχουν οντότητες που πρέπει να παρασταθούν ως Na-Cl, κάτι που ο ενήλικος χημικός απορρίπτει επειδή η παρουσία της παύλας συνεπάγεται ένα ζευγάρι ηλεκτρονίων μεταξύ των δύο ατόμων και άρα παραπέμπει σε ομοιοπολικό δεσμό.

Αλλά και το σχολικό βιβλίο δεν βοηθά στην κατανόηση του ιοντικού δεσμού όπως φαίνεται στις εικόνες 6, 7 και 8. Παρόλο που μέσα στο κείμενο γίνεται αναφορά στον σχηματισμό ιόντων, στις εικόνες και στα σχήματα του βιβλίου αυτό δεν είναι εμφανές.

Οι περισσότεροι μαθητές έχουν αντιληφθεί πάντως πως στο αλάτι υπάρχουν ιόντα και επιλέγουν μία από τις διαθέσιμες απαντήσεις που σχετίζονται με ιόντα, χωρίς πάντως να εκτιμήσουν την αναλυτική περιγραφή της ορθής απάντησης. Πιθανόν η συντομία των απαντήσεων αυτών σε συνδυασμό με το εντελώς ομόηχό τους έχει κατευθύνει λάθος αρκετά από τα παιδιά.

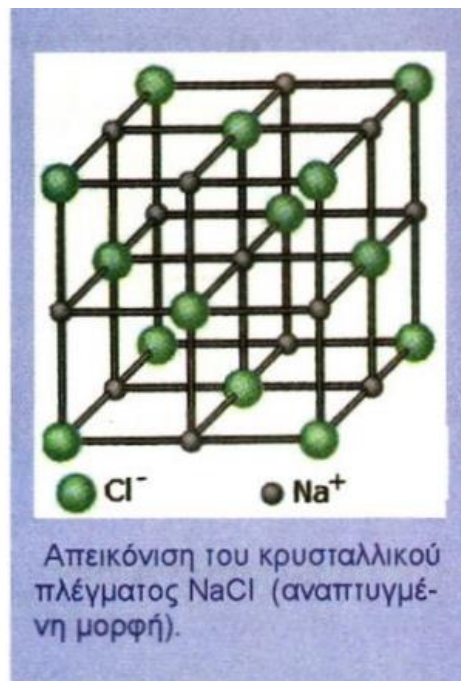
Υπάρχει μια πληθώρα εργασιών που αναφέρονται στις εσφαλμένες αντιλήψεις παιδιών σχετικά με τον ορισμό και την κατηγοριοποίηση των δεσμών στις χημικές ενώσεις καθώς και των εννοιών που σχετίζονται με το σχηματισμό του χημικού δεσμού. Έρευνα του Taber έδειξε ότι μαθητές ηλικίας 17-19 ετών πιστεύουν ότι οι ιοντικές ενώσεις υπάρχουν ως διακριτά μόρια όπως οι ομοιοπολικές ενώσεις. Θεωρούν ότι το άτομο του Na μπορεί να δώσει ένα ηλεκτρόνιο, έτσι μπορεί να κάνει μόνο ένα ιοντικό δεσμό. Το ιόν Na που σχηματίζεται συνδέεται μόνο με το ιόν Cl που παράγεται προσλαμβάνοντας το ηλεκτρόνιο. Συνεπώς οι μαθητές είναι δύσκολο να καταλάβουν ή να αναγνωρίσουν τη φύση του ιοντικού πλέγματος.



Εικόνα 6. Απόσπασμα από το βιβλίο Χημείας της Α' Λυκείου όπου περιγράφεται ο σχηματισμός του NaCl.



Εικόνα 7. Απόσπασμα από το βιβλίο Χημείας της Α' Λυκείου όπου δίνεται σχηματικά ο κρύσταλλος του NaCl.



Εικόνα 8. Απόσπασμα από το βιβλίο Χημείας της Α' Λυκείου όπου απεικονίζεται το κρυσταλλικό πλέγμα του NaCl με τη χρήση σφαιρών και ράβδων.

Συμπεράσματα - Προτάσεις

Οι μαθητές αντιμετωπίζουν δυσκολίες με τη μάθηση της Χημείας. Το γεγονός αυτό έχει διεθνώς τεκμηριωθεί σε πολλές μελέτες και έχει αποδοθεί σε ποικίλους παράγοντες, όπως οι αφηρημένες έννοιες που περιλαμβάνει το αντικείμενο της διδασκαλίας, η μικρή εμπειρία των μαθητών με τη γλώσσα της Χημείας και τα διαφορετικά επίπεδα αναπαραστάσεων που χρησιμοποιούν οι χημικοί.

Στην παρούσα εργασία ελέγχθηκαν οι γνώσεις των μαθητών σχετικά με τις έννοιες του μορίου και του χημικού δεσμού με 7 ερωτήσεις. Οι απαντήσεις τους στις δείχνουν ότι οι αντιλήψεις των μαθητών διαφέρουν σε μεγάλο βαθμό από τις αντίστοιχες επιστημονικές έννοιες.

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν είναι:

- Το 12% των ερωτηματολογίων απορρίφθηκαν.
- Το συνολικό ποσοστό ορθών απαντήσεων θεωρείται μικρό. Στην πλειοψηφία των ερωτημάτων δεν ξεπερνάει το 50%. Στην περίπτωση των ερωτημάτων με πολλές ορθές απαντήσεις, η αυστηρή αξιολόγηση δίνει εξαιρετικά μικρά ποσοστά συνολικής επιτυχίας (της τάξης του 5%).
- Σε κάθε ερώτημα υπάρχει πάντα ένα ποσοστό τουλάχιστον 5% που δεν δίνει απάντηση.
- Ο δάσκαλος παίζει σημαντικό ρόλο στην εκπαιδευτική διαδικασία. Υπάρχουν σχολεία, όπως π.χ. το ΓΕΛ Κομοτινής, στα οποία οι επιδόσεις των μαθητών είναι σημαντικά υψηλότερες σε σχέση με τα υπόλοιπα (ένα μεγάλο ποσοστό των μαθητών του σχολείου αυτού ακολούθησαν θετική κατεύθυνση).

- Το εκπαιδευτικό σύστημα και το διδακτικό βιβλίο παίζουν ρόλο στη δημιουργία, τη συντήρηση λανθασμένων αντιλήψεων ή τη διαμόρφωση νέων όπως στην περίπτωση της διδασκαλίας της έννοιας του χημικού δεσμού ειδικά μέσω των μη επιτυχημένων παραδειγμάτων και εικονικών παραστάσεων που δίνονται στο βοηθητικό ή επεξηγηματικό μέρος του συγγράμματος.
- Τέλος, οι κατά καιρούς ενημερωτικές εγκύκλιοι του Υπουργείου δημιουργούν μια κατάσταση χαοτική όσον αφορά τον προγραμματισμό των καθηγητών καθώς και το τελικό σύνολο της γνώσης που αυτοί πρέπει να διδάξουν στα παιδιά.

Είναι πολύ δύσκολο, για τους εκπαιδευτικούς να βοηθήσουν τους μαθητές, όταν οι ίδιοι έχουν βαθιά ριζωμένες συνήθειες. Δεν μπορούν να αντιληφθούν τη σύγχυση που μπορούν να προκαλέσουν στους μαθητές όταν χρησιμοποιούν αυθόρμητα την ίδια λέξη για εντελώς διαφορετικές νοητικές αναπαραστάσεις όπως π.χ. *το οξυγόνο* για να αναφέρονται στην ουσία, ή στα μόριά της (και μερικές φορές στα άτομά της). Οι ορισμοί θεμελιωδών εννοιών όπως: άτομο, μόριο, χημικό στοιχείο και χημική ένωση πρέπει να είναι ταυτόχρονα ακριβείς και αρκετά συνοπτικοί για να έχουν νόημα για τους μαθητές. Στην πράξη, παρόλο που οι ορισμοί μπορεί να μαθαίνονται πρόθυμα με αποστήθιση (μηχανικά – παπαγαλία) αποκτούν νόημα μόνον όταν η έννοια γίνει κατανοητή.

Η διάκριση μεταξύ ενός χημικού στοιχείου και μιας χημικής ένωσης διδάσκεται αρχικά σε μακροσκοπικό επίπεδο με εκφράσεις όπως: το στοιχείο δεν μπορεί να διασπαστεί με συνήθειες χημικές διεργασίες, ενώ η ένωση μπορεί. Οι σχετικές εργαστηριακές δραστηριότητες που αναφέρονται στη βιβλιογραφία είναι ασαφείς και μπορεί να οδηγήσουν σε παρανοήσεις. Ως εκ τούτου, προτείνεται να γίνει η διάκριση με τη βοήθεια μοριακών μοντέλων που αναπαριστούν χημικά στοιχεία και χημικές ενώσεις.

Για την βελτίωση της διδασκαλίας της Χημείας προτείνονται:

- Η απόσυρση ή η τροποποίηση όρων και απεικονίσεων που δημιουργούν παρανοήσεις στους μαθητές.
- Να γίνει ανάπτυξη και χρήση της θεωρίας Lewis στο σχολικό εγχειρίδιο για την διδασκαλία του ομοιοπολικού δεσμού.
- Το βοηθητικό ή επεξηγηματικό μέρος του συγγράμματος να τοποθετηθεί στο τέλος του κάθε κεφαλαίου.
- Η διδασκαλία της Χημείας πρέπει να έχει σαφή εργαστηριακό προσανατολισμό. Είναι απαραίτητος ο χαρακτηρισμός του μαθήματος από το Υπουργείο Παιδείας ως εργαστηριακό ώστε να εξασφαλιστεί η δυνατότητα εκτελέσεως εργαστηριακών ασκήσεων σε ασφαλείς συνθήκες.
- Τα εποπτικά μέσα είναι επίσης σημαντικά για τη διδασκαλία. Η χρήση όμως εποπτικών μέσων διδασκαλίας και μάθησης πρέπει να γίνεται με σχεδιασμό και προετοιμασία, γιατί στην αντίθετη περίπτωση τα θετικά αποτελέσματα που προκύπτουν είναι ελάχιστα.
- Πολλά στοιχεία των αναλυτικών προγραμμάτων δεν υλοποιούνται στην τάξη. Η ίδια η Πολιτεία με τις οδηγίες της ανεπίσημα αναιρεί κάποια τμήματα της σχολικής ύλης. Θα πρέπει να γίνει προσεκτικότερος σχεδιασμός των αναλυτικών προγραμμάτων.