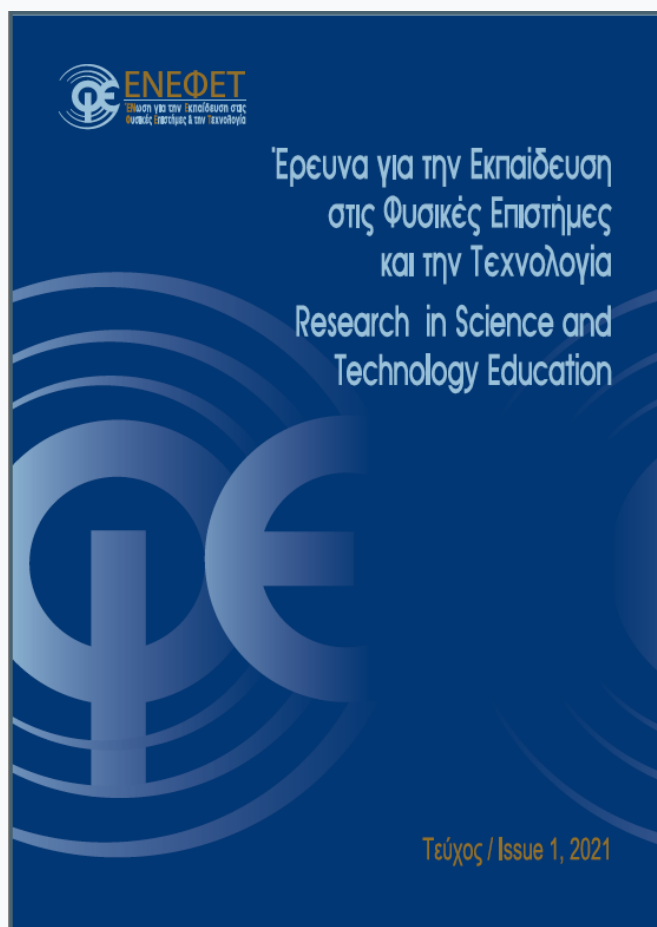


## Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία

Τόμ. 1, Αρ. 1 (2021)

Ειδικό Τεύχος



### Διερεύνηση Μαθησιακών Διεργασιών και Ανάπτυξη Μεθόδων Διδασκαλίας και Αξιολόγησης

Χρύσα Τζουγκράκη

doi: [10.12681/riste.27273](https://doi.org/10.12681/riste.27273)

#### Βιβλιογραφική αναφορά:

Τζουγκράκη Χ. (2021). Διερεύνηση Μαθησιακών Διεργασιών και Ανάπτυξη Μεθόδων Διδασκαλίας και Αξιολόγησης. *Έρευνα για την Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες και την Τεχνολογία*, 1(1), 133–166.  
<https://doi.org/10.12681/riste.27273>

# Διερεύνηση Μαθησιακών Διεργασιών και Ανάπτυξη Μεθόδων Διδασκαλίας και Αξιολόγησης<sup>1</sup>

**Χρύσα Τζουγκράκη**

Ομότιμη Καθηγήτρια, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών  
*tzougraki@chem.uoa.gr*

## Περίληψη

Στην εργασία αυτή περιγράφονται τα ερευνητικά αποτελέσματα τριών θεματικών ενοτήτων που αφορούν στο τρίπτυχο Μαθησιακές Διεργασίες - Μέθοδοι Διδασκαλίας - Μέθοδοι Αξιολόγησης. Στην πρώτη ενότητα διερευνήθηκε με το εργαλείο VACT η μετάβαση ομάδων διδασκόμενων διαφορετικής εμπειρίας από τη χρήση οπτικών στην υιοθέτηση αναλυτικών στρατηγικών κατά την επίλυση προβλημάτων Οργανικής Χημείας. Διερευνήθηκαν, επίσης, τα χαρακτηριστικά των μαθητών που προβλέπουν τη χρήση αυτών των στρατηγικών. Στη δεύτερη ενότητα περιγράφεται η ανάπτυξη και η εφαρμογή μιας συστημικής διδακτικής μεθόδου για τη διδασκαλία και αξιολόγηση στο πεδίο της Οργανικής Χημείας, καθώς και η ανάπτυξη συστημικών ερωτήσεων με τα κατάλληλα χαρακτηριστικά για τη διερεύνηση της συστημικής σκέψης. Στην τρίτη θεματική ενότητα διερευνήθηκαν τα απαραίτητα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν οι χημικές αναπαραστάσεις ώστε να διευκολύνεται η μάθηση με κατανόηση. Προτάθηκαν κριτήρια αξιολόγησης, με τα οποία αξιολογήθηκαν και οι αναπαραστάσεις σχολικού βιβλίου Β τάξης λυκείου. Εξετάσθηκε, επίσης, η ικανότητα μετάφρασης χημικών αναπαραστάσεων Ελλήνων μαθητών και φοιτητών.

**Λέξεις κλειδιά:** στρατηγικές επίλυσης προβλημάτων, μέθοδος SATL, SAQ, συστημική σκέψη, χημικές αναπαραστάσεις, αξιολόγηση.

## Abstract

This paper describes the research results of three thematic modules related to the triptych Learning Processes - Teaching Methods - Assessment Methods. In the first module, the transition of groups of

---

<sup>1</sup> Αφιερώνεται στη μνήμη της Άντας Λυμπεροπούλου - Καραλιώτα, πρωτοεργάτριας και στήριγμα του ΔιΧηNET.



students of different experiences from the use of visual to the adoption of analytical strategies when solving Organic Chemistry problems was investigated using the VACT tool. The characteristics of students anticipating the use of these strategies were also investigated. The second module describes the development and application of a systemic teaching method for teaching and assessment in the field of Organic Chemistry, as well as the development of systemic questions for exploring systems thinking. In the third module, the necessary characteristics that chemical representations must have to facilitate comprehension learning were investigated. Evaluation criteria were proposed, by which the representations of a high school textbook were evaluated. The Greek pupils and students' ability to translate chemical representations was also examined.

**Keywords:** solving problems strategies, SATL method, SAQ, systems thinking, chemical representations, assessment.

## Εισαγωγή

Η έρευνα σε θέματα Διδακτικής της Χημείας στο Τμήμα Χημείας του Ε.Κ.Π.Α. αναπτύχθηκε παράλληλα με τη δημιουργία και την πορεία εξέλιξης του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Διδακτική της Χημείας και Νέες Εκπαιδευτικές Τεχνολογίες» (ΔιΧηNET), το οποίο ιδρύθηκε το 1998 από τα Τμήματα Χημείας των Πανεπιστημίων Ε.Κ.Π.Α., Α.Π.Θ. και Ιωαννίνων και τη Σχολή Χημικών Μηχανικών του Ε.Μ.Π.

Οι περισσότεροι/ρες συμμετέχοντες/χουσες στη δημιουργία του Π.Μ.Σ. είχαν μία διεθνώς αναγνωρισμένη ερευνητική δραστηριότητα σε αντικείμενα της Χημείας και έντονο ενδιαφέρον για τη Χημική Εκπαίδευση σε όλες τις βαθμίδες, αλλά ο Καθηγητής κ. Γεώργιος Τσαπαρλής ήταν αυτός που διέθετε ερευνητική εμπειρία στο αντικείμενο της Διδακτικής της Χημείας. Ο κ. Τσαπαρλής και οι διδάκτορες του ανέλαβαν τη διδασκαλία του αντικειμένου της Διδακτικής της Χημείας για πολλά χρόνια, ενώ στη συνέχεια συμμετείχαν και διδάσκοντες/σκουσες που εκπόνησαν διδακτορική διατριβή στα πλαίσια του ΔιΧηNET.

Τα υπόλοιπα μέλη Δ.Ε.Π. δραστηριοποιούμενα αρχικώς στη διδασκαλία, έρευνα και ανάπτυξη σε θέματα διδακτικής μεθοδολογίας και εφαρμογής των νέων εκπαιδευτικών τεχνολογιών στη διδασκαλία της Χημείας, εκδήλωσαν γρήγορα τη πρόθεση ενασχόλησης τους με θέματα Διδακτικής της Χημείας σε μια προσπάθεια διάχυσης της θεωρίας και της μεθοδολογίας της Διδακτικής με το θετικό τρόπο σκέψης, τη μεθοδολογία έρευνας και τον ορθολογισμό των θετικών επιστημών.

Στα χρόνια που ακολούθησαν παρήχθη ένας μεγάλος όγκος ερευνητικού έργου, δημοσιεύσεων σε διεθνή περιοδικά και ανακοινώσεων σε συνέδρια, σε ένα ευρύ φάσμα σχετικών με τη Χημική Εκπαίδευση αντικειμένων. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι στα πλαίσια του ΔιΧηNET έχουν εκπονηθεί μέχρι σήμερα περισσότερες από 400 διπλωματικές εργασίες, έχουν δημοσιευθεί περισσότερες από 35 δημοσιεύσεις σε διεθνή περιοδικά και περισσότερες από 220 ανακοινώσεις σε ελληνικά και διεθνή συνέδρια.



Έχουν, επίσης, εκπονηθεί περισσότερες από 15 διδακτορικές διατριβές στο αντικείμενο της Διδακτικής στα συμμετέχοντα Τμήματα.

Η συμμετοχή μου στον διοικητικό και διδακτικό πυρήνα του ΔιΧηNET και η αυτονόητη ανάγκη σύνδεσης της διδασκαλίας με την έρευνα είχε ως αποτέλεσμα τον αναπροσανατολισμό της ερευνητικής μου δραστηριότητας. Έτσι, μετά την εικοσαετή ερευνητική μου πορεία στην Οργανική Χημεία, ασχολήθηκα με έρευνα σε θέματα Διδακτικής της Χημείας, έχοντας πάντα στο πλευρό μου άξιους φοιτητές και εξαιρετικούς συνεργάτες. Στα είκοσι χρόνια που ακολούθησαν παρήχθη ερευνητικό έργο και δημοσιεύσεις σε ποικίλα θέματα στα πλαίσια της εκπόνησης διπλωματικών εργασιών και διδακτορικών διατριβών, στο σχεδιασμό και διαμόρφωση των οποίων συμμετείχαν ενεργά και οι μεταπτυχιακοί φοιτητές και φοιτήτριες. Έτσι, θεωρώ ότι τα όποια επιτυχημένα αποτελέσματα αυτής της ερευνητικής δραστηριότητας είναι αποτέλεσμα μιας συλλογικής προσπάθειας στα πλαίσια της οποίας δίδαξα και διδάχτηκα από τους/τις φοιτητές/τριες μου και τους/τις συνεργάτες/τιδες μου.

Καθώς στα πλαίσια της παρούσας δημοσίευσης είναι προφανές ότι δεν είναι δυνατόν να αναφερθούν όλα τα ερευνητικά αποτελέσματα που επιτεύχθηκαν σε αυτά τα χρόνια, θα περιοριστώ σε αυτά τα οποία θεωρώ ότι εντάσσονται σε ένα τρίπτυχο θεμάτων που απασχολούν περισσότερο τους εκπαιδευτικούς όλων των βαθμίδων και συγκεκριμένα: «Μαθησιακές Διεργασίες» - «Μέθοδοι Διδασκαλίας» - «Μέθοδοι Αξιολόγησης».

## **Διερεύνηση της μετάβασης από τη χρήση οπτικών στην υιοθέτηση αναλυτικών στρατηγικών κατά την επίλυση προβλημάτων Χημείας**

Η έρευνα τα τελευταία χρόνια έχει αναδείξει τον εξαιρετικά σημαντικό ρόλο της οπτικοχωρικής σκέψης στις Φυσικές Επιστήμες, στην Τεχνολογία, στη Μηχανική, και στα Μαθηματικά (επιστήμες STEM). Ο όρος οπτικοχωρική σκέψη (visual-spatial thinking) ή νόηση (cognition) ή νοημοσύνη (intelligence) χρησιμοποιείται στη βιβλιογραφία παράλληλα με τους όρους οπτική σκέψη (visual thinking) και χωρική σκέψη (spatial thinking) και περιλαμβάνει την παρατήρηση (vision) και την απεικόνιση (imagery). Η παρατήρηση αναφέρεται στη διαδικασία χρήσης της όρασης προκειμένου να γνωρίσουμε, να εντοπίσουμε, να αντιληφθούμε τα αντικείμενα και για να προσανατολιστούμε στο χώρο, ενώ η απεικόνιση αφορά στη διαμόρφωση, την εξέταση, τον μετασχηματισμό και τη συντήρηση των προσλαμβανόμενων εικόνων απουσία κάποιου οπτικού ερεθίσματος (Mathewson, 1999).

Κατά την επίλυση προβλημάτων φυσικών επιστημών, και ιδιαιτέρως της Χημείας, ένα είδος στρατηγικών που χρησιμοποιούνται είναι οι οπτικές ή οπτικοχωρικές (spatial-imagistic) στρατηγικές, οι οποίες στηρίζονται στην οπτικοχωρική σκέψη, δηλαδή στην κατασκευή μιας εσωτερικής οπτικοχωρικής αναπαράστασης ενός μορίου ή μίας κατάστασης που δίνεται στο πρόβλημα και εμπεριέχουν νοητικές διεργασίες από τις οποίες απορρέει η λύση του προβλήματος. Ένα διαφορετικό είδος στρατηγικών είναι οι αναλυτικές στρατηγικές (spatial-

analytic). Οι αναλυτικές στρατηγικές εμπεριέχουν κανόνες και ευρετικούς συλλογισμούς, οι οποίοι εφαρμόζονται σε χωρικές πληροφορίες που προκύπτουν από ένα διάγραμμα ή από την εκφώνηση ενός προβλήματος (Hegarty et al., 2013). Η εφαρμογή των αναλυτικών στρατηγικών έχει συνδεθεί με την απόκτηση εμπειρίας και την αλλαγή στα νοητικά μοντέλα των διδασκομένων (Hegarty et al., 2013; Stieff, 2011; Stieff, 2007). Έτσι, ιδιαίτερο ερευνητικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η μετάβαση των διδασκομένων - λυτών προβλημάτων Οργανικής Χημείας από τη χρήση οπτικών στην υιοθέτηση αναλυτικών στρατηγικών.

Σύμφωνα με τη θεωρία πλαίσιο (framework theory) (Vosniadou & Skopeliti, 2014), η μάθηση των Φυσικών Επιστημών απαιτεί θεμελιώδεις εννοιολογικές αλλαγές στις οντολογικές και επιστημολογικές δεσμεύσεις των μαθητών, καθώς και στις αναπαραστάσεις τους. Επομένως, η γνώση των νοητικών μοντέλων των διδασκομένων είναι κεφαλαιώδους σημασίας για το σχεδιασμό των αναλυτικών προγραμμάτων και των τρόπων διδασκαλίας, καθώς, κατά τη μαθησιακή διαδικασία, στόχος είναι τα νοητικά μοντέλα να αναδομούνται έτσι ώστε η επιστημονική γνώση να ενισχύεται έναντι της διαισθητικής αντίληψης (Βοσνιάδου, 2001).

Σε αυτά τα πλαίσια προχωρήσαμε σε ένα ερευνητικό πρόγραμμα που αφορά στη διερεύνηση της χρήσης οπτικών (ή οπτικοχωρικών) και αναλυτικών στρατηγικών κατά την επίλυση προβλημάτων Οργανικής Χημείας από διδασκόμενους - λύτες διαφορετικών επιπέδων εμπειρίας (Βλαχολιά, 2017; Βλαχολιά κ.ά., 2017, 2019; Vlacholia et al., 2017).

Η έρευνα σχετικά με τις στρατηγικές που υιοθετούνται κατά την επίλυση προβλημάτων μοριακής δομής οργανικών ενώσεων έχει δείξει ότι οι άπειροι λύτες, όπως είναι οι μαθητές, αλλά συχνά και οι φοιτητές, αρχικά χρησιμοποιούν οπτικοχωρικές στρατηγικές και στη συνέχεια υιοθετούν αναλυτικές στρατηγικές καθώς αποκτούν όλο και περισσότερη εμπειρία σε ένα αντικείμενο. Αντίθετα, οι έμπειροι λύτες, ανάλογα με τη φύση του προβλήματος, χρησιμοποιούν ένα εύρος οπτικοχωρικών και αναλυτικών στρατηγικών με προτίμηση στις αναλυτικές στρατηγικές (Stieff, 2007; Stieff and Raje, 2010).

Στις παραπάνω έρευνες χρησιμοποιείται μια ποικιλία μεθόδων που επιτρέπουν την εξαγωγή συμπερασμάτων για τα είδη των στρατηγικών που χρησιμοποιούν οι λύτες κατά την επίλυση προβλημάτων Οργανικής Χημείας, αλλά δεν επιτυγχάνουν να ανιχνεύσουν άμεσα και γρήγορα τη μετάβαση των λυτών από τη χρήση οπτικών στρατηγικών στη χρήση αναλυτικών στρατηγικών. Αυτό μας ώθησε στην ανάπτυξη, την εφαρμογή και την αξιολόγηση του εργαλείου VACT (Visual Analytic Chemistry Task), το οποίο είναι κατάλληλο για τη διερεύνηση της μετάβασης αυτής κατά την επίλυση προβλημάτων μοριακής δομής οργανικών ενώσεων (Βλαχολιά, 2017; Vlacholia et al., 2017).

Για τη διερεύνηση των χρησιμοποιούμενων στρατηγικών το VACT αποτελείται από δύο (2) υποκλίμακες. Η υποκλίμακα I περιέχει εννέα (9) «συνεπή» ερωτήματα, τα οποία μπορούν να επιλυθούν με την εφαρμογή οπτικών στρατηγικών, και κατανέμονται: στην κατηγορία «Φαινομενικότητα +/Πραγματικότητα +», όπου το κάθε ερώτημα φαίνεται να είναι και είναι όντως σωστό (α' κατηγορία), και στην κατηγορία «Φαινομενικότητα -/Πραγματικότητα -», όπου το κάθε ερώτημα δε φαίνεται να είναι και δεν είναι όντως σωστό (β' κατηγορία). Η υποκλίμακα II περιέχει δέκα (10) «ασυνεπή» ερωτήματα, τα



οποία δεν μπορούν να επιλυθούν με την εφαρμογή οπτικών στρατηγικών και για την επίλυσή τους απαιτείται γνώση Χημείας και υιοθέτηση αναλυτικών στρατηγικών και κατανέμονται στην κατηγορία «Φαινομενικότητα +/Πραγματικότητα -», όπου το κάθε ερώτημα φαίνεται να είναι, αλλά δεν είναι σωστό (γ' κατηγορία) και στην κατηγορία «Φαινομενικότητα -/Πραγματικότητα +», όπου το κάθε ερώτημα δε φαίνεται να είναι και εντούτοις είναι σωστό (δ' κατηγορία). Η υψηλότερη επίδοση των λυτών στα ερωτήματα της υποκλίμακας I σε σχέση με αυτά της υποκλίμακας II θα υποδηλώνει τη χρήση οπτικών στρατηγικών. Αντίθετα, η ικανότητα των λυτών να επιλύουν τα ερωτήματα και των δύο υποκλιμάκων θα υποδεικνύει ότι οι λύτες έχουν πραγματοποιήσει τη μετάβαση από τη χρήση οπτικών στην υιοθέτηση αναλυτικών στρατηγικών. Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται ενδεικτικά ερωτήματα από κάθε υποκλίμακα.



**Πίνακας 1:** Ενδεικτικά ερωτήματα από κάθε κατηγορία των υποκλιμάκων I και II του VACT

Υποκλίμακα	I	<p><b>Κατηγορία (α)</b></p> <p>Οι δύο παρακάτω τύποι δείχνουν το ίδιο μόριο. <span style="float: right;">Σωστό <input type="checkbox"/> Λάθος <input type="checkbox"/></span></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"><div style="text-align: center;"><math>\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3</math></div><div style="text-align: center;"><math>\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3</math></div></div>
		<p><b>Κατηγορία (β)</b></p> <p>Οι δύο παρακάτω τύποι δείχνουν το ίδιο μόριο. <span style="float: right;">Σωστό <input type="checkbox"/> Λάθος <input type="checkbox"/></span></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"><div style="text-align: center;"><math>\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3</math></div><div style="text-align: center;"><math>\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_3</math></div></div>
	II	<p><b>Κατηγορία (γ)</b></p> <p>Οι δύο παρακάτω τύποι δείχνουν το ίδιο μόριο. <span style="float: right;">Σωστό <input type="checkbox"/> Λάθος <input type="checkbox"/></span></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"><div style="text-align: center;"><math>\text{CH}_3-\text{CH}_2\text{O}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3</math></div><div style="text-align: center;"><math>\text{CH}_3-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2\text{O}-\text{CH}_3</math></div></div>
		<p><b>Κατηγορία (δ)</b></p> <p>Οι δύο παρακάτω τύποι δείχνουν το ίδιο μόριο. <span style="float: right;">Σωστό <input type="checkbox"/> Λάθος <input type="checkbox"/></span></p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"><div style="text-align: center;"><math>\text{CH}_3-\text{CH}_2\text{O}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3</math></div><div style="text-align: center;"><math>\text{CH}_3-\underset{\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_3</math></div></div>

Προκειμένου να διερευνήσουμε την ικανότητα των λυτών να αγνοούν την διαισθητική απάντηση, η οποία επιβάλλεται ισχυρά από την οπτική παρατήρηση, τα πέντε (5) ερωτήματα της κατηγορίας (γ) σχεδιάστηκαν ώστε να έχουν ισχυρότερη επίδραση στο να παρασύρουν τον λύτη προς την κατεύθυνση της λανθασμένης απάντησης σε σχέση με την επίδραση των πέντε (5) ερωτημάτων της κατηγορίας (δ).



Αρχικά, το VACT χορηγήθηκε πιλοτικά προκειμένου να γίνει ο έλεγχος του περιεχομένου και της δομής του. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το εργαλείο διαθέτει καλά ψυχομετρικά χαρακτηριστικά, είναι κατάλληλο για τη διερεύνηση τη μετάβασης από τη χρήση οπτικών στη χρήση αναλυτικών στρατηγικών και, συνεπώς, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διερεύνηση εννοιολογικών αλλαγών στο πεδίο της μοριακής δομής οργανικών ενώσεων (Βλαχολιά, 2017; Vlacholia et al., 2017) και έχει χρησιμοποιηθεί και από ξένους ερευνητές.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, η εφαρμογή των αναλυτικών στρατηγικών έχει συνδεθεί με την απόκτηση εμπειρίας και την αλλαγή στα νοητικά μοντέλα των διδασκομένων. Προκειμένου να διερευνήσουμε εκτενέστερα την άποψη αυτή (Βλαχολιά, 2017; Βλαχολιά κ.ά., 2017; Vlacholia et al. 2017), το VACT χορηγήθηκε σε 4 ομάδες διαφορετικού επιπέδου γνώσεων Οργανικής Χημείας, και συγκεκριμένα:

- 1η ομάδα: 127 μαθητές/τριες (56α/71γ), Β' τάξης Πρότυπων Πειραματικών Λυκείων
- 2η και 3η ομάδα: 71 πρωτοετείς φοιτητές/τριες (18α/53γ) και 61 τριτοετείς (24α/34γ) αντιστοίχως, του Τμήματος Χημείας του Ε.Κ.Π.Α.
- 4η ομάδα: 26 εκπαιδευτικοί, χημικοί (10α/16γ) που δίδασκαν το μάθημα της Χημείας.

Στους μαθητές χορηγήθηκαν, επίσης, η δοκιμασία γνώσεων «Βασικών Εννοιών Χημείας» (BCCI) (Salta et al., 2016) που μετράει τον βαθμό κατανόησης βασικών εννοιών Χημείας μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, καθώς και δύο δοκιμασίες μέτρησης της οπτικοχωρικής ικανότητας, τη Δοκιμασία Οπτικοποίησης Νοητικών Περιστροφών (ROT ή PVRT) (Bodner & Guay, 1997) και τη Δοκιμασία Raven (Raven et al., 1998), με στόχο να διερευνηθεί ο βαθμός στον οποίο ορισμένα ατομικά χαρακτηριστικά μαθητών μπορούν να προβλέψουν την επίδοσή τους σε προβλήματα που για την επίλυσή τους δύνανται να εφαρμόσουν οπτικές στρατηγικές ή απαιτείται η εφαρμογή αναλυτικών στρατηγικών σε συνθήκες επίδρασης διαισθητικής απάντησης ή μη. Στη διερεύνηση περιλήφθηκαν, επίσης, το φύλο τους, η κατεύθυνση προσανατολισμού τους (θετικές ή ανθρωπιστικές επιστήμες), ο βαθμός εισαγωγής τους στα Μαθηματικά και ο συνολικός βαθμός εισαγωγής τους στο σχολείο (Βλαχολιά, 2017; Βλαχολιά κ.ά., 2019; Vlacholia et al., 2018).

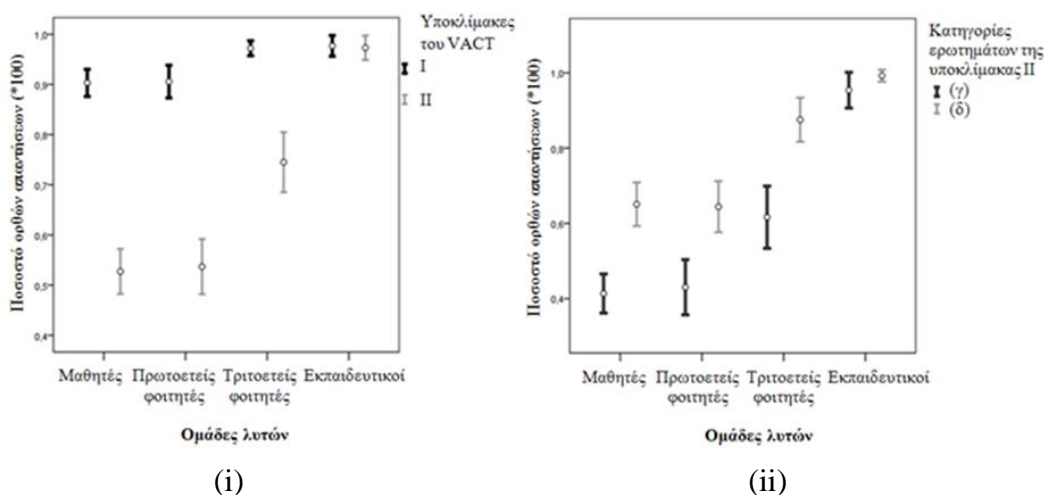
Σε ότι αφορά στη διερεύνηση της υιοθέτησης οπτικών ή αναλυτικών στρατηγικών στην επίλυση προβλημάτων από ομάδες με διαφορετική εμπειρία, τα αποτελέσματα της μονοπαραγοντικής ανάλυσης διακύμανσης έδειξαν ότι η επίδοση των λυτών τόσο στα ερωτήματα των υποκλιμάκων I και II [σχήμα 1 (i)], όσο και στα ερωτήματα των κατηγοριών (γ) και (δ) της υποκλίμακας II [σχήμα 1 (ii)], επηρεάστηκε από την ομάδα στην οποία ανήκαν. Η επίδοση των εκπαιδευτικών δεν διαφοροποιήθηκε μεταξύ των υποκλιμάκων I και II, ούτε μεταξύ των κατηγοριών (γ) και (δ), υποδεικνύοντας ότι οι εκπαιδευτικοί είναι οι μόνοι που είχαν εφαρμόσει αναλυτικούς συλλογισμούς και είχαν την ικανότητα να αγνοήσουν τη διαισθητική απάντηση, ακόμα και όταν αυτή ήταν ισχυρή (κατηγορία γ). Αντίθετα, οι υπόλοιπες τρεις ομάδες έδειξαν να παρασύρονται προς τη λανθασμένη απάντηση και μάλιστα το φαινόμενο αυτό ήταν πιο έντονο όσο το ερέθισμα της



διαισθητικής απάντησης ήταν ισχυρότερο (Βλαχολιά, 2017; Βλαχολιά κ.ά., 2017; Vlacholia et al., 2017).

Τα αποτελέσματα της βηματικής πολλαπλής παλινδρόμησης έδειξαν ότι από τα χαρακτηριστικά των μαθητών που μελετήθηκαν εκείνο που παίζει σημαντικότερο ρόλο τόσο στην ερμηνεία της «συνεπούς» υποκλίμακας I, όσο και της κατηγορίας (δ) των «ασυνεπών» ερωτημάτων του VACT είναι η επίδοση των μαθητών στη δοκιμασία βασικών γνώσεων Χημείας (BCCI). Η οπτικοχωρική ικανότητα συνεισφέρει, επίσης, σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο στην πρόβλεψη της «συνεπούς» υποκλίμακας I. Ο συνολικός βαθμός εισαγωγής στο σχολείο και ο βαθμός εισαγωγής στα Μαθηματικά είναι τα μόνα χαρακτηριστικά που συνεισφέρουν στην πρόβλεψη της «συνεπούς» υποκλίμακας I και της κατηγορίας (γ) των «ασυνεπών» ερωτημάτων του VACT, αντίστοιχα, σε στατιστικά σημαντικό επίπεδο. (Βλαχολιά, 2017; Βλαχολιά κ.ά., 2019).

**Σχήμα 1:** Διαγράμματα σφαλμάτων των ποσοστών των σωστών απαντήσεων (95% CIs) (i) στις υποκλίμακες I και II του VACT και (ii) στις κατηγορίες των ερωτημάτων (γ) και (δ)



Από τα αποτελέσματα της έρευνας συνάγεται ότι τα προβλήματα που μπορούν να επιλυθούν με την εφαρμογή οπτικών στρατηγικών αντιμετωπίζονται εύκολα από όλους τους λύτες ανεξάρτητα από την εμπειρία τους στην επίλυση τέτοιων προβλημάτων. Αντίθετα, τα προβλήματα που απαιτούν γνώσεις Χημείας και εφαρμογή αναλυτικών στρατηγικών επιλύονται με μεγαλύτερη ευκολία από τους λύτες με μεγαλύτερη εμπειρία στην Οργανική Χημεία σε σχέση με τους άπειρους λύτες στο πεδίο αυτό. Οι μαθητές, δηλαδή, αν και διδάσκονται κυρίως αναλυτικές στρατηγικές, φαίνεται να μην τις υιοθετούν. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε συμφωνία με ερευνητικά δεδομένα στο πεδίο της Χημείας (Stieff, 2007), αλλά και άλλων επιστημών όπως της Γεωμετρίας (Kospentaris



et al., 2016) και επιβεβαιώνουν την άποψη ότι η απόκτηση εμπειρίας στη Χημεία απαιτεί σημαντικές εννοιολογικές αλλαγές (Vosniadou & Skopeliti, 2014), οι οποίες μεταξύ άλλων περιλαμβάνουν μια αλλαγή, από την εξάρτηση της οπτικοχωρικής σκέψης στην εφαρμογή αναλυτικών στρατηγικών.

Τέλος, ένα νέο και σημαντικό εύρημα της έρευνας αυτής είναι η επίδραση της διαισθητικής απάντησης όταν αυτή επιβάλλεται ισχυρά από την οπτική παρατήρηση. Η αδυναμία όλων των λυτών, με εξαίρεση την πιο έμπειρη ομάδα των εκπαιδευτικών, να αγνοήσουν τη διαισθητική απάντηση συνιστά ένα σημείο στο οποίο πρέπει να επικεντρωθεί η διδασκαλία. Έτσι, θα ήταν χρήσιμο οι εκπαιδευτικοί να περιλαμβάνουν στη διδασκαλία και στο εκπαιδευτικό υλικό τους έκδηλα παραδείγματα όπου οι απαντήσεις που θα επιβάλλονται από την οπτική παρατήρηση θα είναι λανθασμένες και όπου μόνο η εφαρμογή αναλυτικών στρατηγικών θα μπορεί να οδηγήσει στην ορθή λύση, με στόχο οι διδασκόμενοι θα κατανοήσουν ότι η απευθείας εφαρμογή μιας οπτικής στρατηγικής είναι δυνατόν να τους οδηγήσει σε λανθασμένη απάντηση.

Από τα χαρακτηριστικά των μαθητών που επηρεάζουν την επίδοσή τους, η οπτικοχωρική ικανότητα, είναι αυτή που μπορεί να καλλιεργηθεί στους μαθητές και να συμβάλει στην επιτυχία τους στην Οργανική Χημεία. Κάτι τέτοιο είναι σε συμφωνία με τη βιβλιογραφία που αναφέρει ότι η εξάσκηση στις οπτικές στρατηγικές συνδέεται με την επιτυχία των διδασκομένων στις επιστήμες STEM γενικά (Newcombe, 2013; Stieff and Uttal, 2015), αλλά και ειδικότερα στη Χημεία (Stull et al., 2016). Από την άλλη πλευρά, η βιβλιογραφία (Hegarty et al., 2013; Stieff, 2007) έχει αναδείξει ότι η επίτευξη της εμπειρίας συνδέεται με την ανάπτυξη αναλυτικών στρατηγικών. Συνεπώς, η βέλτιστη προσέγγιση για τη διδασκαλία της Χημείας θα πρέπει να περιλαμβάνει έναν συνδυασμό εξάσκησης στη χρήση τόσο οπτικών όσο και αναλυτικών στρατηγικών (Stull and Hegarty, 2016).

Με στόχο την ενίσχυση της μετάβασης των μαθητών από τη χρήση οπτικών στη χρήση αναλυτικών στρατηγικών και άρα την αναδόμηση των νοητικών τους μοντέλων, προχωρήσαμε στη δημιουργία υλικού εξάσκησης στη χρήση οπτικών και αναλυτικών στρατηγικών για την επίλυση προβλημάτων Οργανικής Χημείας για μαθητές Β' τάξης ΓΕΛ. (Βλαχολιά, 2017; Βλαχολιά & Τζουγκράκη, 2017). Το υλικό εξάσκησης περιέχει συνολικά 100 ερωτήσεις – δραστηριότητες από τις οποίες οι 50 αφορούν στην εξάσκηση των μαθητών στις οπτικοχωρικές στρατηγικές και οι υπόλοιπες στις αναλυτικές στρατηγικές. Οι ερωτήσεις αφορούν στις δισδιάστατες δομές οργανικών μορίων με τις οποίες έρχονται σε επαφή οι μαθητές. Μετά την αξιολόγησή του υλικού, αναπτύχθηκε ένα γνωστικό εργαλείο σχεδιασμού και χειρισμού συντακτικών τύπων με τη μορφή του εξειδικευμένου διαδικτυακού λογισμικού 2DrawChemQuiz (Χαριστός κ.ά. 2017). Η αναλυτική περιγραφή του υλικού εξάσκησης και του λογισμικού 2DrawChemQuiz δίνεται στις (Βλαχολιά, 2017; Χαριστός κ.ά., 2017). Η περαιτέρω αξιολόγησή του, σε συνδυασμό με το εργαλείο VACT, βρίσκεται σε εξέλιξη.



## Εφαρμογή και Αξιολόγηση της Συστημικής Προσέγγισης στη Διδασκαλία και Μάθηση

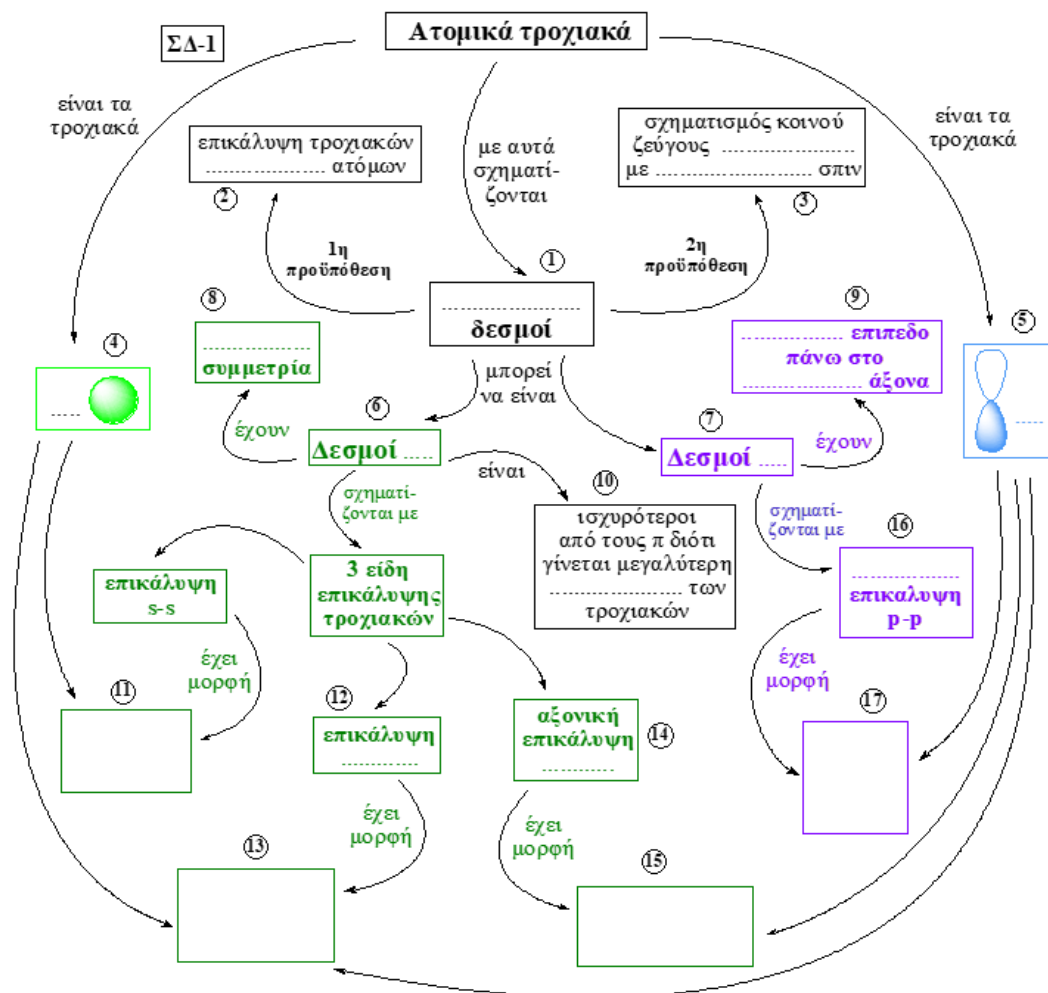
### Το διδακτικό μοντέλο SATL

Η δεύτερη ερευνητική ενότητα αφορά στην εφαρμογή και αξιολόγηση του διδακτικού μοντέλου «Συστημική Προσέγγιση στη Διδασκαλία και Μάθηση», ΣΠΔΜ, (Systemic Approach to Teaching and learning, SATL), το οποίο αναπτύχθηκε από τους (Fahmy & Lagowski, 2003; Fahmy, 2017) και έχει ως πρωταρχικό στόχο την επίτευξη από τους μαθητές της σε βάθος μάθησης ή της νοηματικής μάθησης με κατανόηση (dear or meaningful learning). Επιστημολογικά μπορεί να θεωρηθεί ως μια υβριδική διδακτική - μαθησιακή προσέγγιση, η οποία συνδυάζει και χρησιμοποιεί ιδέες και στοιχεία της συστημικής ή του συστημικού κινήματος (systemics or systems movement) και του εποικοδομητισμού (constructivism) προσαρμοσμένα σε διαδικασίες χαρτογράφησης εννοιών (concept mapping). Ο όρος «συστημική» είναι ένας ευρύς όρος που περιλαμβάνει μια ποικιλία συστημικών προσεγγίσεων, οι περισσότερες από τις οποίες εμπεριέχουν όχι μόνο μια θεωρία, αλλά και έναν τρόπο σκέψης (συστημική σκέψη), (Schwaninger, 2006). Σύμφωνα με το μοντέλο DSRP (Distinction, System, Relationship, Perspective) (Cabrera et al., 2008), η συστημική σκέψη φαίνεται να σχετίζεται εγγενώς με την ικανότητα ανάλυσης ενός συστήματος στα θεμελιώδη συστατικά του στοιχεία/υποσυστήματα και σύνθεσης αυτών των στοιχείων σε μία ολότητα που έχει νόημα.

Η βασική διαφοροποίηση της μεθόδου SATL σε σχέση με μία παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση είναι αφενός η ενσωμάτωση στη διδασκαλία τεχνικών κυκλικής χαρτογράφησης των εννοιών και αφετέρου η αναπαράσταση και μελέτη των εννοιών και των μεταξύ τους σχέσεων ως ένα «κλειστό» και βαθμιαία αναπτυσσόμενο σύστημα (concept cluster). Η οπτική αναπαράσταση ενός τέτοιου εννοιολογικού συστήματος ονομάζεται Συστημικό Διάγραμμα (ΣΔ) και αποτελεί το βασικό διδακτικό εργαλείο αυτού του μοντέλου (Fahmy & Lagowski, 2003).

Παράδειγμα ενός τέτοιου διαγράμματος για τη διδασκαλία του χημικού δεσμού δίνεται στο σχήμα 2 (Βαχλιώτης, 2012; Βαχλιώτης κ.ά., 2015). Οι μαθητές, αφού διδαχθούν τη σχετική ύλη για την ενότητα Χημικός δεσμός - Θεωρία δεσμού σθένους (Γ' Λυκείου) ξεκινώντας από αυτό το αρχικό διάγραμμα, που περιέχει προηγούμενες γνώσεις τους, συμπληρώνουν διαδοχικά σε συνεργασία με τον διδάσκοντα τα δεκαεπτά αριθμημένα κενά ή ημισυμπληρωμένα πλαίσια του αρχικού ΣΔ., με την πρόοδο της διδασκαλίας.

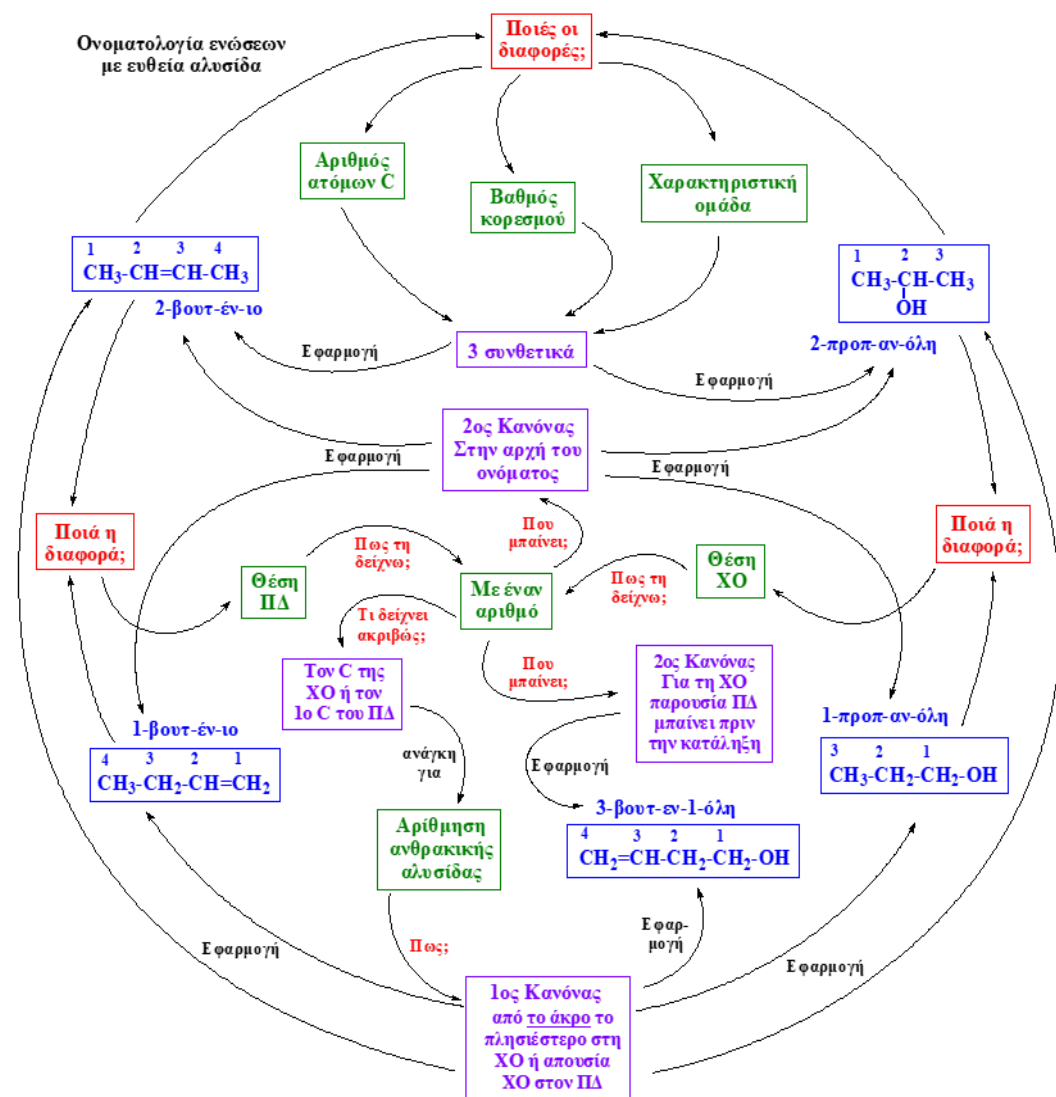
**Σχήμα 2:** Το αρχικό συστημικό διάγραμμα (ΣΔ-1) για την εισαγωγή στη διδασκαλία του χημικού δεσμού



Η ερευνητική μας ομάδα πρότεινε μια διαφορετική μεθοδολογία δημιουργίας των συστημικών διαγραμμάτων και συγκεκριμένα την εξ αρχής ανάπτυξη ενός συστημικού διαγράμματος. Σύμφωνα με αυτήν, ο διδάσκων υποβάλει τις κατάλληλες ερωτήσεις, οι οποίες μπορούν να απαντηθούν με βάση την κοινή λογική ή/και με ανάκληση από τους μαθητές προϋπάρχουσας γνώσης και οι οποίες καθοδηγούν τους μαθητές να διερευνήσουν νέες σχέσεις μεταξύ των εννοιών. Αυτή η διαδικασία που εμπεριέχει στοιχεία καθοδηγούμενης διερεύνησης επιτρέπει στους μαθητές να συμμετέχουν πιο ενεργά στην ανάπτυξη του ΣΔ. Στο σχήμα 3 φαίνεται το τελικό ΣΔ για τη διδασκαλία της ονοματολογίας οργανικών ενώσεων με ευθεία

ανθρακική αλυσίδα. Αρχικά, παρουσιάστηκαν στους μαθητές μόνο οι συντακτικοί τύποι του 2-βουτενίου και της 2-προπανόλης και το διάγραμμα αναπτύχθηκε σταδιακά κατά τη διάρκεια της διδακτικής -μαθησιακής διαδικασίας, με τη βοήθεια των ερωτήσεων που υπέβαλε ο διδάσκων στους μαθητές (Βαχλιώτης, 2012; Βαχλιώτης κ.ά., 2015).

**Σχήμα 3:** Το τελικό συστημικό διάγραμμα για τη διδασκαλία της ονοματολογίας οργανικών ενώσεων με ευθεία ανθρακική αλυσίδα





## **Ανάπτυξη και εφαρμογή εργαλείων αξιολόγησης κατανόησης εννοιών και συστημικής σκέψης στο πλαίσιο της Οργανικής Χημείας**

Η ανάπτυξη έγκυρων και αξιόπιστων εργαλείων αξιολόγησης της κατανόησης επιστημονικών εννοιών από τους μαθητές απασχολεί σε μεγάλο βαθμό τους ερευνητές της εκπαίδευσης. Διάφορα σχήματα αξιολόγησης έχουν προταθεί για την αποτελεσματική εκτίμηση της ουσιαστικής κατανόησης των επιστημονικών εννοιών από τους μαθητές, όπως είναι οι εννοιολογικές ερωτήσεις (Robinson and Nurrenbern, 2009), ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής με επεξήγηση (knowledge integration) (Lee et al., 2011), κ. α. Επίσης, έχουν προταθεί διάφορες τεχνικές, όπως η χαρτογράφηση εννοιών (Novak et al., 2000), οι συνεντεύξεις (Southerland et al., 2000), οι λεκτικές αλληλεπιδράσεις (Hogan and Fisherkeller, 2000), οι ανοικτού τύπου ερωτήσεις (Nieswandt, & Bellomo, 2009).

Για τη μέτρηση της συστημικής σκέψης σε εμπειρικές μελέτες έχουν προταθεί διάφορα ερευνητικά εργαλεία (Ben-Zvi Assaraf and Orion, 2010; Brandstädter et al., 2012; Maani and Maharaj, 2004). Κατά την εφαρμογή των σχημάτων και τεχνικών αυτών έχουν προκύψει διάφορα προβλήματα σχετικά με την αποτελεσματικότητα και τις ψυχομετρικές ιδιότητες τους. Δύο σχήματα αξιολόγησης που φαίνεται να μην εμφανίζουν αρκετά από αυτά τα προβλήματα είναι οι Διπλές Εννοιολογικές Ερωτήσεις (ΔΕΕ) (Robinson & Nurrenbern, 2009) και οι Συστημικές Ερωτήσεις Αξιολόγησης (ΣΕΑ), (Systemic assessment questions, SAQ), που προτάθηκαν στα πλαίσια του μοντέλου SATL (Fahmy & Lagowski, 2007/2008).

Στις ΣΕΑ ζητείται, συνήθως, η σωστή ανάλυση, κατασκευή, ή συμπλήρωση ενός πρωτότυπου Συστημικού Διαγράμματος με μοναδικά χαρακτηριστικά. Οι μαθητές, δηλαδή, καλούνται να αναλύσουν το σύστημα στα συστατικά του στοιχεία (έννοιες και συνδέσεις) και να συνθέσουν αυτά τα στοιχεία σε αλληλοσυνδεδεμένα υποσυστήματα που συνιστούν μία συνεκτική ολότητα. Η ενασχόληση με αυτές τις ερωτήσεις οδηγεί τον μαθητή να σκεφτεί με ένα συστημικό τρόπο αναπτύσσοντας σημαντικές νοητικές δεξιότητες, όπως η ικανότητα να διαχωρίζει τις έννοιες, να υιοθετεί πολλαπλές προοπτικές, και να αναγνωρίζει σχέσεις προκειμένου να οργανώσει ένα σύστημα εννοιών.

Με στόχο την ανάπτυξη μεθόδων αξιολόγησης, η έρευνά μας επικεντρώθηκε στην ανάπτυξη και αξιολόγηση κατάλληλα σχεδιασμένων Συστημικών Ερωτήσεων Αξιολόγησης (ΣΕΑ): α) ως εργαλείων εκτίμησης του βαθμού κατανόησης εννοιών Οργανικής Χημείας από τους μαθητές Β' Λυκείου και ως εργαλείων ανίχνευσης της συστημικής τους σκέψης, β) στην ανάπτυξη και αξιολόγηση κατάλληλα σχεδιασμένων αντικειμενικών ερωτήσεων ως εργαλείων ανίχνευσης του βαθμού κατανόησης επιστημονικών εννοιών και γ) στην ανάπτυξη και εφαρμογή κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού για την εφαρμογή και αξιολόγηση του μοντέλου SATL.

Για την αξιολόγηση των παραπάνω σχημάτων ερωτήσεων πραγματοποιήσαμε δύο μελέτες (Vachliotis et al., 2011, 2014), τα ερωτηματολόγια των οποίων περιείχαν συστημικές ερωτήσεις που απαιτούν την ολοκλήρωση των ημιτελών και δομημένων



συστημικών διαγραμμάτων, και αντικειμενικές ερωτήσεις διαφόρων τύπων. Για το σχεδιασμό των ΣΕΑ χρησιμοποιήσαμε το τριγωνικό πλαίσιο αξιολόγησης που διατυπώθηκε από τους Pellegrino et al., 2001. Οι περισσότερες αντικειμενικές ερωτήσεις σχεδιάστηκαν για να συλλάβουν τουλάχιστον ένα χαρακτηριστικό της ουσιαστικής κατανόησης των μαθητών για συγκεκριμένες έννοιες Οργανικής Χημείας. Παραδείγματα αντικειμενικών ερωτήσεων και σχήματος ΣΕΑ δίδονται στα σχήματα 4 και 5, αντιστοίχως.

#### Σχήμα 4: Παράδειγμα αντικειμενικών ερωτήσεων

A1. Συμπλήρωσε τα κενά:

α) Οι οργανικές ενώσεις στις οποίες τα άτομα άνθρακα συνδέονται μεταξύ τους μόνο με απλούς δεσμούς λέγονται ..... Μια τέτοια ένωση, είναι η ένωση που έχει συντακτικό τύπο .....

β) Η συντακτική ισομέρεια διακρίνεται σε ισομέρεια ....., ισομέρεια ..... και ισομέρεια .....

γ) Ένα ισομερές θέσης της ένωσης  $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CCH}_3$  είναι η ένωση με συντακτικό τύπο .....

δ) Η ένωση  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  ονομάζεται 1-.....-.....-.....

A2. Επίλεξε τη σωστή απάντηση σε καθεμιά από τις δυο επόμενες προτάσεις:

α) Κατά την προσθήκη υδρογόνου στο ακετυλένιο προκύπτει:

i) το αιθάνιο ii) το αιθίνιο iii) η αιθανόλη iv) η αιθανάλη

β) Ποιος από τους παρακάτω όρους αφορά μια παρασκευή ενός αλκενίου;

i) πολυμερισμός ii) φωτοχημική αλογόνωση  
iii) αφυδάτωση αλκοόλης iv) καταλυτική υδρογόνωση αλκανίου

A3. Για δυο υδρογονάνθρακες X και Ψ γνωρίζουμε ότι:

- Και οι δυο αποχρωματίζουν διάλυμα βρωμίου σε τετραχλωράνθρακα.
- Μόνο ο υδρογονάνθρακας X αντιδρά με το νάτριο.
- Με προσθήκη υδρογόνου στους υδρογονάνθρακες X και Ψ προκύπτει το ίδιο προϊόν.

Με βάση τα παραπάνω, ποια από τις 4 επόμενες προτάσεις είναι σωστή;

- i) Ο υδρογονάνθρακας X είναι το αιθένιο και ο υδρογονάνθρακας Ψ είναι το αιθίνιο
- ii) Ο υδρογονάνθρακας X είναι το προπίνιο και ο υδρογονάνθρακας Ψ είναι το αιθένιο
- iii) Ο υδρογονάνθρακας X είναι το προπάνιο και ο υδρογονάνθρακας Ψ είναι το προπένιο



iv) Ο υδρογονάνθρακας X είναι το αιθίνιο και ο υδρογονάνθρακας Ψ είναι το αιθένιο

A4. Αντιστοιχίσε κάθε αντιδρών της στήλης A με ένα μόνο προϊόν της στήλης B:

Στήλη A

α.  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CH}_2$

β.  $\text{CH}_2=\text{CH}_2$

γ.  $\text{CH}_3\text{C}\equiv\text{CH}$

δ.  $\text{CH}\equiv\text{CH}$

ε.  $\text{CH}_4$

Στήλη B

i.  $\text{CH}_3\text{Cl}$

ii.  $\text{CH}_3\text{CH}=\text{O}$

iii.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$

iv.  $(-\text{CH}_2\text{CH}_2-)_n$

v.  $\text{CH}_3\text{CHCH}_3$

|  
OH

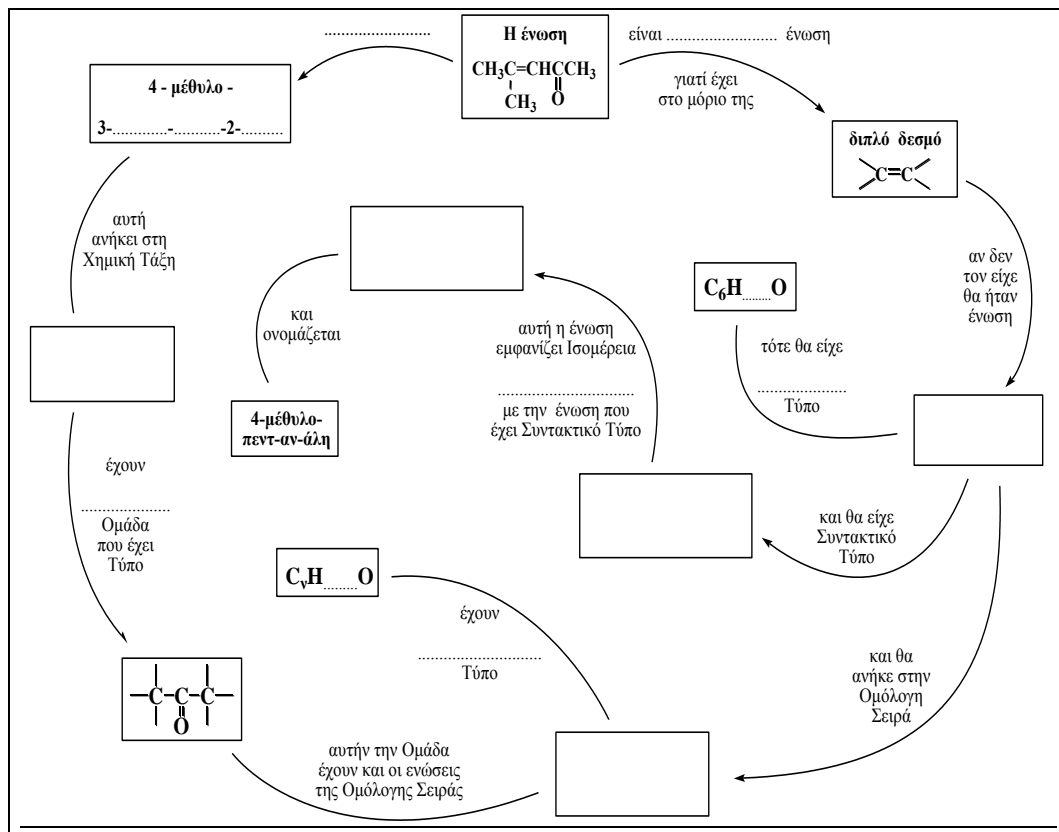
vi.  $\text{CH}_3\text{C}=\text{CH}_2$

#### Σχήμα 5: Παράδειγμα σχήματος ΣΕΑ

Στο παρακάτω διάγραμμα:

- α) Συμπλήρωσε σωστά τα κενά που υπάρχουν σε 8 πλαίσια.
- β) Συμπλήρωσε με τις κατάλληλες λέξεις/φράσεις τα 6 κενά που υπάρχουν πάνω στα βέλη.
- γ) Προσδιόρισε τη φορά που λείπει σε 5 βέλη.
- δ) Συμπλήρωσε δύο ακόμα σχέσεις (σχεδίασε 2 νέα βέλη που να συνδέουν πλαίσια που υπάρχουν στο διάγραμμα και γράψε πάνω στα βέλη αυτά τις κατάλληλες λέξεις/φράσεις που περιγράφουν τις σχέσεις αυτές).





Η εγκυρότητα και η αξιοπιστία των δύο προτεινόμενων σχημάτων αξιολόγησης ελέγχθηκε με μια ποικιλία δοκιμών και βρέθηκε ικανοποιητική. Τα ερωτηματολόγια της 1ης μελέτης χορηγήθηκαν σε 72 μαθητές, ενώ της 2ης σε 91 μαθητές της Β' Λυκείου δημοσίων σχολείων της Αττικής. Για τη βαθμολόγηση των ΣΕΑ, η κατανόηση της συστημικής σκέψης αποδόθηκε σε έξι επίπεδα δεξιοτήτων από το 0 έως το 5, τα οποία ορίστηκαν ως: «Χωρίς απάντηση ή άσχετη απάντηση», «Χωρίς σύνδεση των εννοιών του ΣΔ», «Μερική σύνδεση», «Πλήρης σύνδεση», «Σύνθετη σύνδεση», και «Σύστημα». Εφαρμόστηκε, επίσης, και το σύστημα βαθμολόγησης με απόδοση μίας μονάδα για κάθε σωστή απάντηση. Η στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων έδειξε ότι και το σχήμα ΣΕΑ και το σχήμα των αντικειμενικών ερωτήσεων έχουν αποδεκτές ψυχομετρικές ιδιότητες και είναι κατάλληλα να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία αξιολόγησης της κατανόησης από τους μαθητές και της ανίχνευσης δεξιοτήτων συστημικής σκέψης στο πεδίο της Οργανικής Χημείας. Παρατηρήθηκε, επίσης, ισχυρή συνάφεια μεταξύ των απαντήσεων των μαθητών στα δύο συστήματα αξιολόγησης (Βαχλιώτης, 2012; Vachliotis et al., 2011, 2014).



## **Αξιολόγηση της διδασκαλίας με το μοντέλο SATL**

Έχοντας ενδείξεις από τις προηγούμενες έρευνές μας (Vachliotis et al., 2011, 2014) ότι η συστημική σκέψη στο πεδίο της Οργανικής Χημείας σχετίζεται με την κατανόηση των σχετικών επιστημονικών εννοιών και θεωρώντας ότι το μοντέλο SATL συμβάλλει στην ανάπτυξη δεξιοτήτων συστημικής σκέψης από τους μαθητές, πραγματοποιήσαμε μια μελέτη για να διερευνήσουμε την επίδραση της εφαρμογής της διδακτικής προσέγγισης στην κατανόηση εννοιών οργανικής Χημείας από μαθητές της Β' Λυκείου.

Ακολουθήσαμε μια επέκταση του σχεδιασμού της μη ισοδύναμης ομάδας ελέγχου με τη χορήγηση δύο προ-ερωτηματολογίων και εφαρμόστηκαν οι απαραίτητες διαδικασίες για τη διαφύλαξη της εσωτερικής εγκυρότητας (Βαχλιώτης, 2012). Στην έρευνα συμμετείχαν 163 μαθητές/τριες Β' Λυκείου από οκτώ τμήματα δύο δημόσιων γενικών λυκείων της Αθήνας. Την πειραματική ομάδα αποτέλεσαν 79 μαθητές/τριες (37α/42γ) και την ομάδα ελέγχου οι υπόλοιποι 84 μαθητές/τριες (50α/34γ). Πριν από την έναρξη της διδασκαλίας, πραγματοποιήθηκε η διαγνωστική αξιολόγηση των μαθητών, με τη χορήγηση του πρώτου προ-ερωτηματολογίου, στην ύλη της Χημείας που είχαν διδαχθεί στην Α' λυκείου. Στη πρώτη φάση της διδασκαλίας, οι δύο ομάδες παρακολούθησαν το ίδιο σχέδιο μαθήματος, που είχε δημιουργηθεί για αυτόν τον σκοπό, με τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας. Η αξιολόγηση της επίδοσης των μαθητών για αυτήν τη διδακτική ενότητα πραγματοποιήθηκε με το δεύτερο προ-ερωτηματολόγιο, το οποίο περιείχε ερωτήσεις ανάκλησης γνώσεων και ερωτήσεις κατανόησης. Ακολουθώντας, στην ομάδα ελέγχου συνεχίστηκε η εφαρμογή της μετωπικής διδασκαλίας, ενώ στην πειραματική ομάδα εφαρμόστηκε η μέθοδος που προτείναμε (ΣΠΔΜ εμπλουτισμένη με στοιχεία διερεύνησης). Καθ' όλη τη διάρκεια της έρευνας υπήρξε φροντίδα οι μαθητές και των δύο ομάδων να εμπλέκονται στις ίδιες διδακτικές - μαθησιακές διαδικασίες ίδιας διάρκειας, ώστε η μόνη διαφοροποίηση να είναι στη διδακτική μέθοδο που ακολουθήθηκε. Μετά το πέρας της διδακτικής διαδικασίας, στους μαθητές και των δύο ομάδων χορηγήθηκε το μετά-ερωτηματολόγιο που περιείχε ερωτήσεις ανάκλησης γνώσεων και ερωτήσεις κατανόησης.

Τα αποτελέσματα της ανάλυσης των απαντήσεων των μαθητών έδειξαν ότι δεν υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά στις επιδόσεις των μαθητών των δύο ομάδων στα δύο προ-ερωτηματολόγια. Αντίθετα, η σύγκριση με τα αποτελέσματα του μετά-ερωτηματολογίου έδειξε μια στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στις δύο ομάδες, τόσο στις συνολικές βαθμολογίες όσο και στις βαθμολογίες των ερωτήσεων κατανόησης. Στις ερωτήσεις ανάκλησης, αν και οι επιδόσεις της πειραματικής ομάδας ήταν καλύτερες, η διαφορά των δύο ομάδων δεν ήταν στατιστικά σημαντική.

Τα αποτελέσματα αυτά υποστηρίζουν την υπόθεση ότι η εφαρμογή της μεθόδου SATL, εμπλουτισμένη με στοιχεία καθοδηγούμενης διερεύνησης, μπορεί να βελτιώσει σημαντικά τις επιδόσεις των μαθητών στην οργανική Χημεία και να ενισχύσει την κατανόηση των αντίστοιχων επιστημονικών εννοιών σε σχέση με μια παραδοσιακή διδακτική προσέγγιση.



## **Αποτίμηση της διδακτικής προσέγγισης SATL και προοπτικές**

Μια «υβριδική» διδακτική προσέγγιση που συνδυάζει την κυκλική χαρτογράφηση των επιστημονικών εννοιών με στοιχεία διερεύνησης θα μπορούσε να προσδώσει σε ένα κλασικό πρόγραμμα σπουδών μια πιο αποτελεσματική μαθησιακή προοπτική, καθώς τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν σημαντική συσχέτιση μεταξύ του βαθμού ανάπτυξης συστημικής σκέψης και της κατανόησης των επιστημονικών εννοιών από τους μαθητές. Επιπρόσθετα, το σχήμα αξιολόγησης ΣΕΑ που εξετάστηκε, θεωρητικά θεμελιωμένο σε ένα φορμαλιστικό εννοιολογικό μοντέλο για τη συστημική σκέψη και ανεπτυγμένο στη βάση ενός προτεινόμενου τριγωνικού πλαισίου αξιολόγησης, αποδείχθηκε χρήσιμο για την αξιολόγηση δεξιοτήτων συστημικής σκέψης στο πεδίο της Οργανικής Χημείας. Προς αυτήν την κατεύθυνση θα μπορούσαν να γίνουν περισσότερες διδακτικές εφαρμογές και σχετικές έρευνες. Για παράδειγμα, θα μπορούσε να εφαρμοστεί και να αξιολογηθεί το διδακτικό αυτό μοντέλο σε άλλες θεματικές ενότητες της Χημείας και στο πλαίσιο άλλων διδακτικών στρατηγικών και προσεγγίσεων (ομαδοσυνεργατική, project, κ.ά.). Η εφαρμογή και αξιολόγηση του διδακτικού μοντέλου σε άλλα επιστημονικά πεδία, π.χ. Φυσική, Βιολογία, θα είχε επίσης ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Αναγκαία, επίσης, είναι η προσπάθεια περαιτέρω ανάπτυξης και βελτίωσης του προτεινόμενου συστημικού σχήματος αξιολόγησης, καθώς και η περαιτέρω διερεύνηση της σχέσης ανάμεσα σε κατανόηση και ανάπτυξη της συστημικής σκέψης.

## **Χρήση και Μετάφραση Χημικών Αναπαραστάσεων**

### **Αναπαραστάσεις στα διδακτικά βιβλία Χημείας**

Η Χημεία μελετά φαινόμενα που δεν είναι διαθέσιμα για άμεση εμπειρία, όπως είναι η μοριακή δομή, η κίνηση και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ ατόμων, μορίων, ιόντων κ.λπ. Η κατανόηση της Χημείας βασίζεται στη νοηματοδότηση του αόρατου και ανέγγιχτου και στη δημιουργία νοητικών εικόνων για τα αντίστοιχα μοριακά φαινόμενα. Οι χημικοί προκειμένου να περιγράψουν, να εξηγήσουν, και να οπτικοποιήσουν τα χημικά φαινόμενα, ώστε να διευκολύνουν την επικοινωνία τους, έχουν επινοήσει εξειδικευμένα συμβολικά συστήματα (Hoffmann and Laszlo, 1991; Mathewson, 2005). Οι οπτικοποιήσεις αυτές καλούνται χημικές αναπαραστάσεις και ανάλογα με το είδος τους έχουν κατηγοριοποιηθεί στα παρακάτω τρία βασικά είδη (Gilbert and Treagust, 2009).

1. Οι μακροσκοπικές αναπαραστάσεις απεικονίζουν τα φαινόμενα σύμφωνα με την ανθρώπινη οπτική αντίληψη. Πρόκειται για άμεσες εμπειρίες από εργαστηριακά πειράματα ή από την καθημερινή ζωή και χρησιμοποιούνται για την παρατήρηση των χημικών φαινομένων.
2. Οι υπομικροσκοπικές αναπαραστάσεις απεικονίζουν τη δομή και την κίνηση των υπαρκτών, αλλά μικροσκοπικών σωματιδίων της ύλης (άτομα, μόρια, ιόντα, ηλεκτρόνια, κ.ά.), τα οποία δεν είναι δυνατόν να παρατηρηθούν δια της αισθητηριακής



οδού. Οι αναπαραστάσεις αυτές είναι σημαντικές γιατί είναι το μόνο είδος χημικής αναπαράστασης που μπορεί να απεικονίσει το σωματιδιακό μοντέλο της ύλης.

3. Οι συμβολικές αναπαραστάσεις περιλαμβάνουν τα σύμβολα, τα γράμματα, τους αριθμούς και τα σήματα που χρησιμοποιούνται για να αναπαρασταθούν τα άτομα, τα μόρια, τα ιόντα, οι ενώσεις και οι χημικές διαδικασίες. Χαρακτηριστικά παραδείγματα είναι τα χημικά σύμβολα των στοιχείων, οι χημικοί τύποι των ενώσεων, οι προβολές, οι χημικές και οι αλγεβρικές εξισώσεις, οι γραφικές παραστάσεις, κ.ά.

Οι χημικές αναπαραστάσεις είναι αναπόσπαστο μέρος κάθε διδακτικού υλικού, όπως σχολικά εγχειρίδια, εκπαιδευτικό λογισμικό πολυμέσων, κ.λπ. Ωστόσο, η απλή παρουσία τους δεν εξασφαλίζει την επαρκή υποστήριξη της κατανόησης των μαθητών. Οι καθηγητές, καθώς μπορούν να χρησιμοποιήσουν όλα τα επίπεδα ταυτοχρόνως, συνήθως, υποθέτουν ότι οι μαθητές κατανοούν το ρόλο του κάθε επιπέδου αναπαράστασης, καθώς και τις μεταξύ τους σχέσεις και μπορούν εύκολα να μεταφερθούν από το ένα επίπεδο στο άλλο (Kozma and Russell, 1997; Treagust et al., 2003). Εν τούτοις, η έρευνα έχει δείξει ότι όχι μόνο οι μαθητές, αλλά και οι προπτυχιακοί φοιτητές, έχουν αρκετές και ποικίλες δυσκολίες και παρανοήσεις σχετικά με τις χημικές αναπαραστάσεις (Akaygun, 2016; Keig and Rubba, 1993; Treagust et al., 2003; Zarkadis et al., 2017).

Η δική μας έρευνα σχετικά με τις αναπαραστάσεις πραγματοποιήθηκε σε δύο φάσεις. Στην 1η φάση διερευνήσαμε ποια είναι τα απαραίτητα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχουν οι χημικές αναπαραστάσεις ώστε να διευκολύνουν τη μάθηση με κατανόηση, καθώς και τον βαθμό στον οποίον οι αναπαραστάσεις των διδακτικών βιβλίων Χημείας συμβάλλουν στην κατανόηση των μαθητών.

Στη 2η φάση εξετάσαμε την ικανότητα των Ελλήνων μαθητών και φοιτητών να μεταφράζουν χημικές αναπαραστάσεις, καθώς και τα αίτια των δυσκολιών που αντιμετωπίζουν κατά τη μετάφραση.

Για την υλοποίηση της 1ης φάσης, πραγματοποιήσαμε μία λεπτομερή ανάλυση των χημικών αναπαραστάσεων που υπήρχαν σε πέντε βιβλία Χημείας, δύο (2) ελληνικά (Γεωργιάδου κ.ά., 2005; Λιοδάκης κ.ά., 2005) και τέσσερα (4) ξενόγλωσσα (Ebbing and Gammon, 1999; McMurty, 1996; Moore et al., 1998). Από αυτήν την ανάλυση, λαμβάνοντας υπόψη μας και τη βιβλιογραφία, προέκυψε η σειρά κριτηρίων (Πίνακας 2), τα οποία θεωρούμε ότι είναι κατάλληλα για την αξιολόγηση των χημικών αναπαραστάσεων που χρησιμοποιούνται στα σχολικά βιβλία (Γκίτζια, 2013; Gkitzia et al., 2011).

**Πίνακας 2:** Το μοντέλο ελέγχου των αναπαραστάσεων

<b>ΚΡΙΤΗΡΙΟ</b>	<b>ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ</b>
<i>K1:</i> Είδος Αναπαράστασης	Μακροσκοπική - Μικροσκοπική - Συμβολική - Πολλαπλή - Υβριδική - Μικτή
<i>K2:</i> Πολλαπλές Αναπαραστάσεις (Π.Α.)	Υπάρχουν - Δεν υπάρχουν



K3: Επισήμανση Αντιστοιχίας στις Πολλαπλές Αναπαραστάσεις.	Επαρκής - Ελλιπής - Δεν υπάρχει	
K4: Ερμηνεία Επιφανειακών Χαρακτηριστικών	Επαρκής - Ελλιπής - Δεν υπάρχει	
K5: Συνάφεια Κειμένου- Αναπαράστασης	Απόλυτη - Μερική - Δεν υπάρχει	
K6: Θέση Αναπαράστασης	Ενσωματωμένη στο κείμενο - Παράλληλα με το κείμενο, στο περιθώριο της σελίδας - Πριν ή μετά το κείμενο	
K7: Επικεφαλίδα ή Υπότιτλος	Κανονική - Επιμέρους - Εσωτερική	Σαφής - Σύντομη - Περιεκτική - Προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση
	Δεν υπάρχει	

Από την εφαρμογή του προτεινόμενου μοντέλου ανάλυσης σε ελληνικά σχολικά εγχειρίδια, προέκυψε ότι δεν χρησιμοποιούνται συχνά ταυτόχρονες πολλαπλές αναπαραστάσεις και στα τρία επίπεδα, αλλά στις περισσότερες περιπτώσεις οι έννοιες διδάσκονται στα δύο από τα τρία επίπεδα, με ιδιαίτερη έμφαση στο συμβολικό επίπεδο, λιγότερη στο μακροσκοπικό, και ακόμη λιγότερη στο υπομικροσκοπικό. Επίσης, συχνά δεν δηλώνεται με σαφήνεια η αντιστοιχία μεταξύ των επιφανειακών χαρακτηριστικών τους. Όσον αφορά στη συσχέτιση αυτών των αναπαραστάσεων με τις αντίστοιχες έννοιες που μελετώνται, διαπιστώθηκε ότι βρίσκονται σε κατάλληλη θέση στα περισσότερα εγχειρίδια και έχουν επικεφαλίδα ή υπότιτλο, όμως, δεν δηλώνεται πάντα με σαφήνεια η ερμηνεία των επιφανειακών τους χαρακτηριστικών, και γενικά, δεν γίνονται απευθείας παραπομπές στις αναπαραστάσεις. Συνεπώς, απαιτούνται από τους μαθητές νοητικές διεργασίες που είναι ιδιαίτερα απαιτητικές ώστε να συνδέσουν μόνοι τους τις αναπαραστάσεις με τις αντίστοιχες έννοιες και να τις ερμηνεύουν. Έτσι, είναι αμφίβολο εάν οι μαθητές καταλαβαίνουν το μήνυμα που μεταφέρουν οι αναπαραστάσεις και δεν τις θεωρούν απλές εικόνες που διακοσμούν το βιβλίο, ή εάν προσλαμβάνουν λάθος μήνυμα από αυτές (Γκίτζια, 2013; Gkitzia et al., 2011).

Τα κριτήρια που προέκυψαν από την ανάλυσή μας, η εγκυρότητα των οποίων επιβεβαιώθηκε, καλύπτουν τα βασικά στοιχεία που απαιτούνται για μια ευεργετική ενσωμάτωση των χημικών αναπαραστάσεων σε σχολικά εγχειρίδια. Πιστεύουμε, ότι η χρήση του εργαλείου αυτού μπορεί να δώσει τη δυνατότητα σε όλους τους εμπλεκόμενους με τη διδασκαλία της Χημείας, συγγραφείς, καθηγητές και μαθητές να βελτιώσουν τις ικανότητές τους στη δημιουργία, μεταφορά και απορρόφηση των χημικών αναπαραστάσεων. Ήδη, τα κριτήρια έχουν βρει απήχηση και έχουν χρησιμοποιηθεί από πολλούς ξένους ερευνητές.



## **Διερεύνηση της ικανότητας μαθητών και φοιτητών να μεταφράζουν χημικές αναπαραστάσεις**

Η ικανότητα μετάφρασης των χημικών αναπαραστάσεων είναι αντικείμενο αυξανόμενης έρευνας, καθώς η ικανότητα αυτή έχει συνδεθεί με την εννοιολογική κατανόηση στη Χημεία. Σύμφωνα με τη γνωστική ψυχολογία και τις έρευνες στη διδακτική της Χημείας, η εννοιολογική κατανόηση στη Χημεία περιλαμβάνει την ικανότητα σκέψης ταυτόχρονα στο μακροσκοπικό, υπομικροσκοπικό, και συμβολικό επίπεδο, δηλαδή την ικανότητα αναπαράστασης των χημικών αναπαραστάσεων και της μεταξύ τους μετάφρασης (Gabel, 1993; Johnstone, 1993; Taber, 2013).

Οι Kozma και Russell (2005) πρότειναν τον όρο αναπαραστατική ικανότητα (representational competence) και τον περιέγραψαν ως ένα σύνολο δεξιοτήτων και πρακτικών που επιτρέπουν σε ένα άτομο να χρησιμοποιεί διάφορες αναπαραστάσεις ή οπτικοποιήσεις, να σκέφτεται, να επικοινωνεί, και να δρα σε χημικά φαινόμενα. Η ικανότητα αυτή μπορεί να αποτελέσει ένα μέτρο του βαθμού ουσιαστικής κατανόησης των χημικών εννοιών (Gilbert, 2005; Gilbert & Treagust, 2009; Treagust et al., 2003; Tsaparlis, 2009; Wu & Shah, 2004).

Από όσο γνωρίζουμε, δεν υπήρχε κάποια έρευνα που να μελετά συστηματικά και ολοκληρωμένα σε ένα πακέτο βασικών εννοιών την ικανότητα αναπαράστασης και μετάφρασης και στα τρία επίπεδα διδασκομένων. Οι μέχρι τώρα έρευνες επικεντρώνονται είτε σε μία συγκεκριμένη έννοια (π.χ., χημική αντίδραση, φύλο, κ.ά.) ή σε συγκεκριμένο συνδυασμό επιπέδων αναπαράστασης (Chi et al., 2018; Lin et al., 2016; Ye et al., 2018).

Στη συνέχεια της έρευνάς μας, εξετάσαμε την ικανότητα των Ελλήνων μαθητών και φοιτητών να μεταφράζουν αναπαραστάσεις από το ένα επίπεδο (π.χ. υπομικροσκοπικό) σε ένα άλλο (π.χ. συμβολικό) για τις βασικές χημικές έννοιες: «χημικό στοιχείο», «χημική ένωση», «υδατικό διάλυμα», «στερεά κατάσταση της ύλης» και «χημική αντίδραση». Ακολουθήσαμε ένα σχεδιασμό μεικτής μεθόδου εφαρμόζοντας ποιοτική και ποσοτική μελέτη (Greene et al., 1989) αναπτύσσοντας και τα κατάλληλα ερευνητικά εργαλεία (Gkitzia et al., 2020).

Για την κατασκευή του ερωτηματολογίου της ποσοτικής έρευνας προηγήθηκε: α) μία προκαταρκτική διερευνητική έρευνα για το πώς αντιλαμβάνονται οι μαθητές τις αναπαραστάσεις που σκοπεύαμε να χρησιμοποιήσουμε και β) μια πιλοτική έρευνα με αντιπροσωπευτικό δείγμα 91 μαθητών με βάση τα αποτελέσματα των οποίων διαμορφώθηκε ένα ερωτηματολόγιο που αποτελείτο από ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής (11 για τους μαθητές και 14 για τους φοιτητές) και 1 ερώτηση ανοικτού τύπου.

## Σχήμα 6: Ενδεικτικά παραδείγματα ερωτήσεων μετάφρασης αναπαράστασεων για κάθε χημική έννοια στην ποσοτική έρευνα

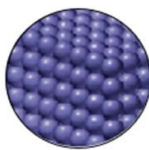
### Χημικό στοιχείο & Στερεή κατάσταση, $M \rightarrow \mu$

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ένα κομμάτι **μεταλλικού νατρίου**:

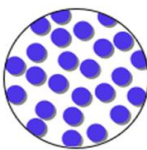


Ποια από τις παρακάτω εικόνες απεικονίζει τη δομή των σωματιδίων στην ουσία αυτή;

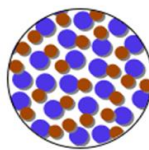
α)



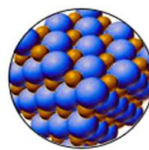
β)



γ)

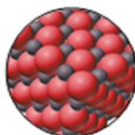


δ)



### Χημική ένωση, $\mu \rightarrow \Sigma$

Η παρακάτω εικόνα δείχνει τα σωματίδια μιας ουσίας.



Ποιος από τους παρακάτω είναι ο **χημικός τύπος** της ουσίας αυτής;

α)  $\text{LiBr}_{(s)}$

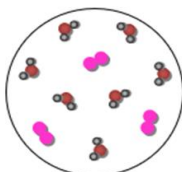
β)  $\text{LiCN}_{(s)}$

γ)  $\text{LiBr}_{(g)}$

δ)  $\text{LiCN}_{(aq)}$

### Υδατικό διάλυμα, $\mu \rightarrow \Sigma$

Η παρακάτω εικόνα δείχνει τα σωματίδια ενός **υδατικού διαλύματος**:



Δίνονται οι συμβολισμοί:

•: άτομο υδρογόνου

•: άτομο οξυγόνου

•: άτομο χλωρίου

Πως συμβολίζεται το διάλυμα αυτό;

α)  $\text{Cl}_{2(l)}$

β)  $\text{Cl}_{2(aq)}$

γ)  $\text{Cl}_2\text{H}_2\text{O}_{(aq)}$

δ)  $\text{Cl}_2$  και  $\text{H}_2\text{O}$

Σε κάθε ερώτηση δόθηκε στους μαθητές/φοιτητές μία χημική αναπαράσταση ενός επιπέδου (π.χ. συμβολικό) και ζητήθηκε από αυτούς να επιλέξουν ή να κατασκευάσουν μία ισοδύναμη αναπαράσταση σε κάποιο άλλο επίπεδο (π.χ. υπομικροσκοπικό). Το ερωτηματολόγιο χορηγήθηκε σε 466 μαθητές Β' Λυκείου από όλη την Ελλάδα και σε 86 τριτοετείς φοιτητές Τμήματος Χημείας. Ενδεικτικά παραδείγματα των ερωτήσεων για κάθε χημική έννοια που εξετάστηκε δίνονται στα σχήματα 6 και 7.




**Σχήμα 7:** Ενδεικτικά παραδείγματα ερωτήσεων μετάφρασης αναπαραστάσεων για κάθε χημική έννοια στην ποσοτική έρευνα

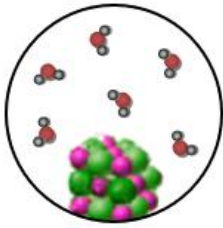
**Στερεή κατάσταση  $M \rightarrow \Sigma \rightarrow \mu$**

Σε ποια από τις παρακάτω τριάδες η φωτογραφία, ο χημικός τύπος και το σχέδιο των σωματιδίων απεικονίζουν την ίδια ουσία;


α) **Διάλυμα άλατος**



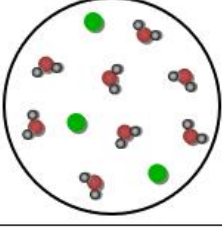
$KCl_{(aq)}$




β) **Διάλυμα άλατος**



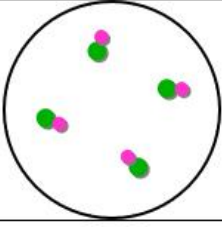
$KCl_{(aq)}$




γ) **Άλας**



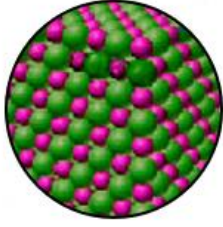
$KCl_{(s)}$



δ) **Άλας**



$KCl_{(s)}$

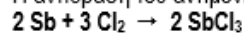




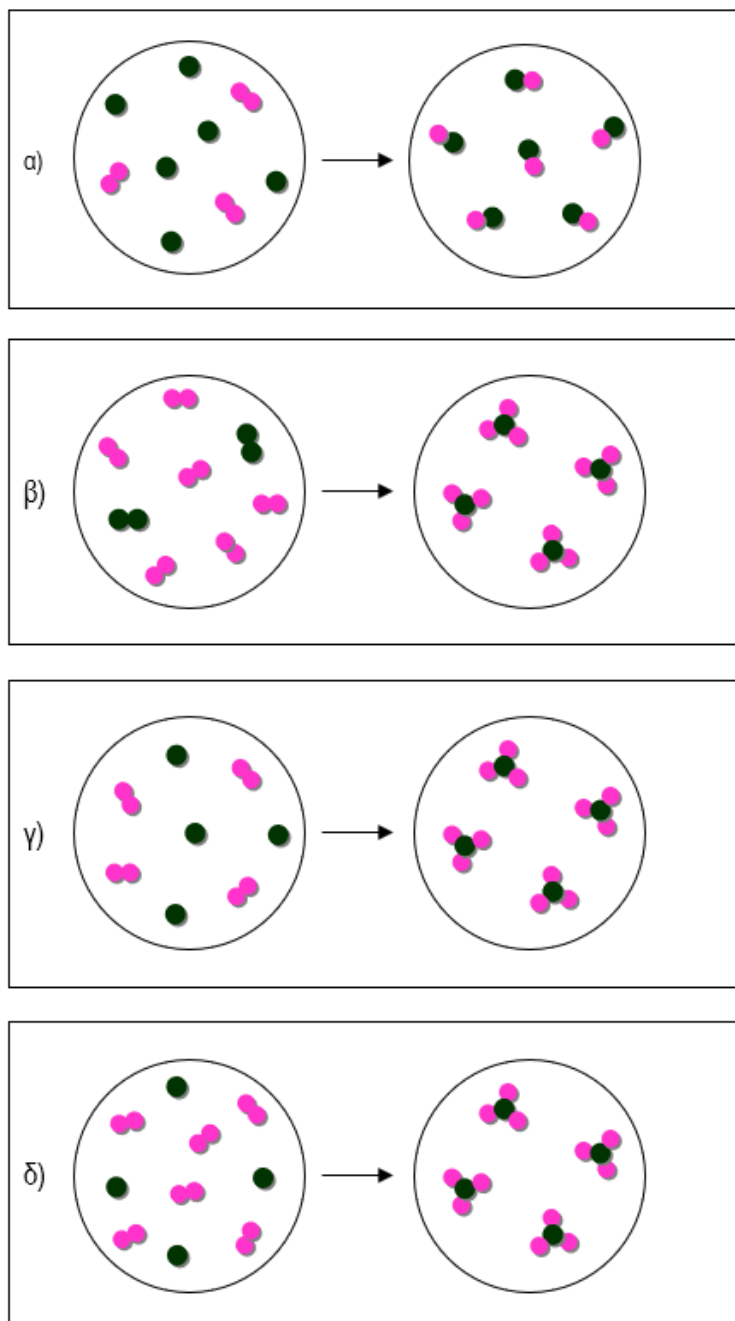


### Χημική αντίδραση, Σ→μ

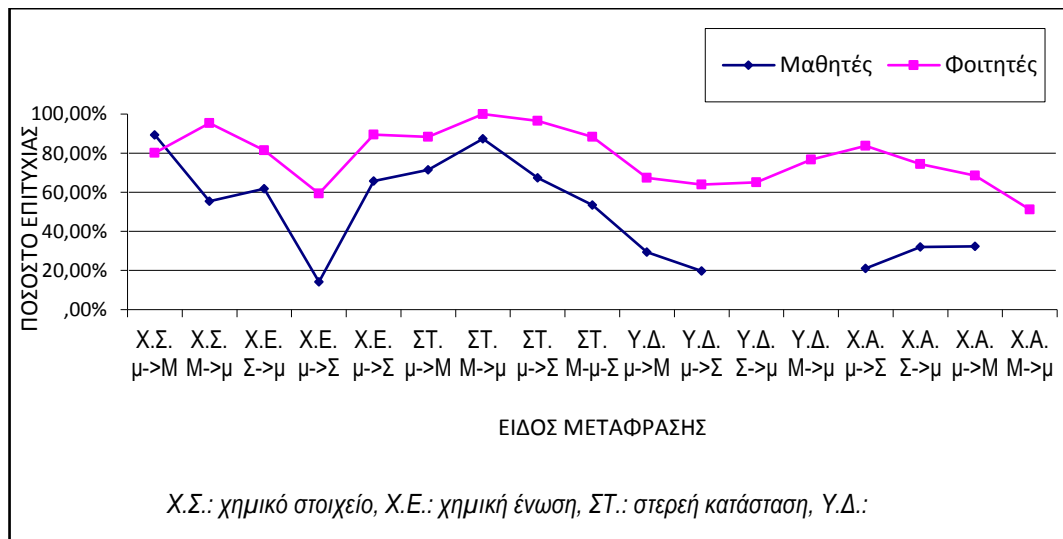
Η αντίδραση του αντιμονίου με το χλώριο συμβολίζεται με τη χημική εξίσωση:



Ποια από τα παρακάτω σχήματα α, β, γ ή δ απεικονίζει την αντίδραση αυτή;



**Σχήμα 8:** Οι επιδόσεις των μαθητών και φοιτητών στη μετάφραση μεταξύ των τριών αναπαραστάσεων για τις εξεταζόμενες έννοιες



Τα ποσοστά επιτυχίας των μαθητών και φοιτητών για κάθε εξεταζόμενη έννοια και για κάθε είδος της μετάφρασης αποτυπώνονται στο σχήμα 8. Οι έννοιες που δυσκόλεψαν περισσότερο τους μαθητές ήταν το υδατικό διάλυμα και η χημική αντίδραση, ενώ η καλύτερη επίδοση σημειώθηκε στις έννοιες του χημικού στοιχείου και της στερεής φυσικής κατάστασης. Οι φοιτητές δυσκολεύτηκαν περισσότερο στις έννοιες του υδατικού διαλύματος και της χημικής αντίδρασης, ενώ είχαν καλή επίδοση στις έννοιες της στερεής φυσικής κατάστασης και του χημικού στοιχείου. Αναφορικά με τα επίτεδα μετάφρασης οι μαθητές δυσκολεύτηκαν περισσότερο στις μεταφράσεις από το «υπομικρο→συμβολο» επίτεδο και οι φοιτητές στη μετάφραση «μακρο→υπομικρο» για μία χημική αντίδραση. Τα αποτελέσματα έδειξαν, επίσης, ότι η ικανότητα μετάφρασης τόσο των μαθητών όσο και των φοιτητών εξαρτάται από την υποκείμενη χημική έννοια και από τον συνδυασμό των επιπέδων μεταξύ των οποίων γίνεται η μετάφραση. Λαμβάνοντας υπόψη ότι αφενός οι εξεταζόμενες έννοιες έχουν διδαχθεί σε προηγούμενα σχολικά έτη και αφετέρου το επίτεδο σπουδών των φοιτητών, θεωρούμε ότι η ικανότητα μετάφρασης των μαθητών είναι περιορισμένη και των φοιτητών μη ικανοποιητική.

Από τις απαντήσεις των μαθητών, και εν μέρει των φοιτητών, αναδείχθηκαν διάφορες εναλλακτικές ιδέες και έλλειψη γνώσεων σχετικά με τις έννοιες που εξετάστηκαν. Έτσι, μερικοί μαθητές δεν φαίνεται να έχουν την επιστημονική αντίληψη για τη σύσταση των χημικών στοιχείων, ενώ κάποιοι άλλοι έχουν την αντίληψη ότι τα άτομα και τα μόρια διατηρούν τις μακροσκοπικές ιδιότητες των χημικών ουσιών των οποίων είναι δομικά συστατικά. Μερικοί μαθητές πιστεύουν ότι στην αέρια κατάσταση δεν υπάρχει χημικός δεσμός μεταξύ των ατόμων. Επίσης, σε μερικούς μαθητές και λίγους φοιτητές αναδείχθηκαν και δυσκολίες κατανόησης της

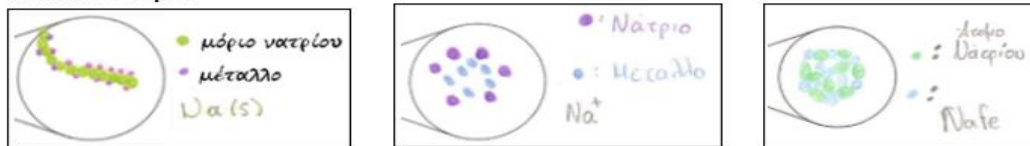


χρήσης των συντελεστών και των δεικτών στους μοριακούς τύπους, καθώς και των συμβόλων των πολυατομικών ιόντων. Αναδείχτηκαν, επίσης, δυσκολίες στη διάκριση μεταξύ των υπομικροσκοπικών αναπαραστάσεων υδατικών διαλυμάτων, ετερογενών μειγμάτων και χημικών ουσιών.

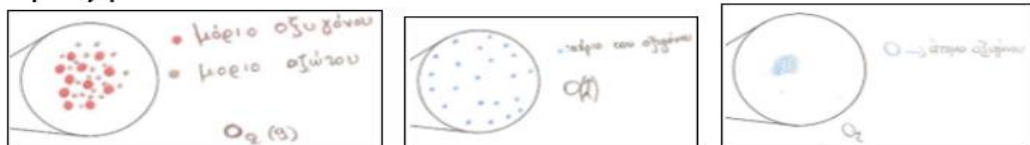
Η ανάλυση της διακύμανσης (ANOVA) έδειξε ότι η επίδραση της κατεύθυνσης σπουδών είναι στατιστικά σημαντική, με τους μαθητές της θετικής κατεύθυνσης να πετυχαίνουν στατιστικά σημαντικά καλύτερες επιδόσεις από τους υπόλοιπους, ενώ η διαφορά μεταξύ των μαθητών θεωρητικής και τεχνολογικής κατεύθυνσης δεν είναι στατιστικά σημαντική. Στατιστικά σημαντική διαφορά διαπιστώθηκε μεταξύ των δύο φύλων, με τα αγόρια να έχουν καλύτερη επίδοση.

**Σχήμα 9:** Ενδεικτικά παραδείγματα υπομικροσκοπικών και συμβολικών αναπαραστάσεων που κατασκεύασαν οι μαθητές για κάθε χημική έννοια στην ποιοτική έρευνα

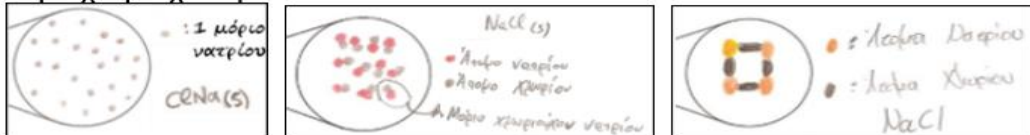
#### Μεταλλικό νάτριο.



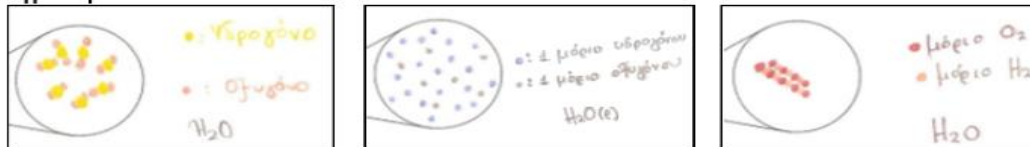
#### Αέριο οξυγόνο



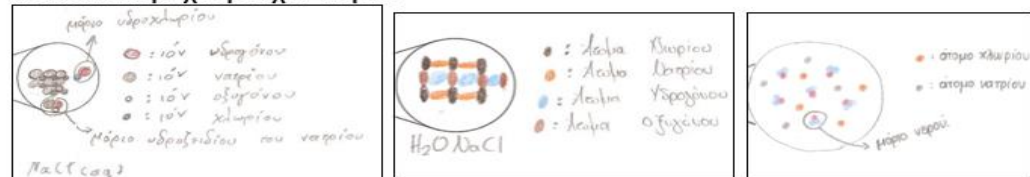
#### Στερεό χλωριούχο νάτριο



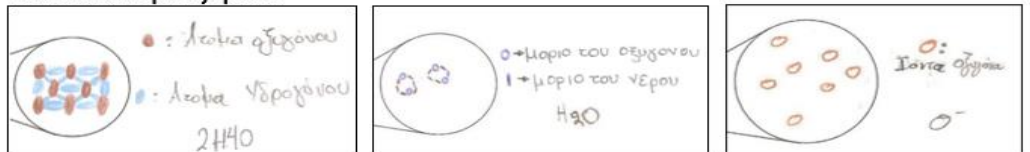
#### Υγρό νερό



#### Υδατικό διάλυμα χλωριούχου νατρίου



#### Υδατικό διάλυμα οξυγόνου



Η ποιοτική έρευνα (Γκίτζια κ.ά., 2015), πραγματοποιήθηκε με εργαλείο την προσωπική ημιδομημένη συνέντευξη (Creswell & Plano Clark, 2011) σε δείγμα 16 μαθητών που είχαν συμμετάσχει στην ποσοτική έρευνα (7 θετικής, 3 τεχνολογικής, 6 θεωρητικής κατεύθυνσης). Η συνέντευξη ήταν δομημένη ως εξής: Δείξαμε στους μαθητές μία σειρά φωτογραφιών (μακροσκοπικές αναπαραστάσεις) έξι (6) υλικών και



τους ζητήσαμε να σχεδιάσουν πώς φαντάζονται τα σωματίδια για το κάθε ένα (υπομικροσκοπική αναπαράσταση), να περιγράψουν τις σωματιδιακές αναπαραστάσεις που σχεδίασαν, να εξηγήσουν πώς σκέφτηκαν και να γράψουν πώς συμβολίζεται το κάθε υλικό στη Χημεία (συμβολική αναπαράσταση). Τα υλικά ήταν τα εξής: 1) μεταλλικό νάτριο 2) αέριο οξυγόνο 3) στερεό χλωριούχο νάτριο, 4) υγρό νερό, 5) υδατικό διάλυμα χλωριούχου νατρίου και 6) υδατικό διάλυμα οξυγόνου. Ενδεικτικά παραδείγματα λανθασμένων υπομικροσκοπικών και συμβολικών αναπαραστάσεων που κατασκεύασαν οι μαθητές για κάθε χημική έννοια που εξετάστηκε δίνονται στο σχήμα 9.

Τα αποτελέσματα από τα σχέδια και τις εξηγήσεις των μαθητών επιβεβαίωσαν τα ευρήματα της ποσοτικής έρευνας, αλλά ανέδειξαν και συγκεκριμένες παρανοήσεις για κάθε υλικό. Ενδεικτικά αναφέρουμε: Πολλοί μαθητές θεωρούν ότι τα σωματίδια του υλικού έχουν χρώμα και μάλιστα το ίδιο με αυτό του υλικού. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι μερικοί μαθητές δεν θεωρούν ότι το σχήμα των ατόμων είναι απαραίτητα σφαιρικό, αλλά θα μπορούσε να είναι τετράγωνο ή ωσειδές. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον έχει το γεγονός ότι σε πολλές περιπτώσεις δεν υπάρχει αντιστοιχία ανάμεσα στη υπομικροσκοπική και τη συμβολική αναπαράσταση που σχεδιάζουν οι μαθητές για ένα υλικό. Πολλοί μαθητές δεν γνωρίζουν τον σωστό συμβολισμό ενός στοιχείου ή μιας ένωσης, ενώ σε άλλες περιπτώσεις οι μαθητές που γνωρίζουν το μοριακό τύπο μίας ένωσης αδυνατούν να τον ερμηνεύσουν, και μάλιστα ισχυρίζονται ότι απλώς έχουν μάθει τους τύπους απ' έξω! Αρκετοί μαθητές δεν έχουν την επιστημονική αντίληψη ότι οι χημικές ενώσεις σχηματίζονται με την ένωση ατόμων ή ιόντων, και μερικοί μαθητές δεν μπορούν να διακρίνουν τους ιοντικούς από τους ομοιοπολικούς δεσμούς, ενώ έχουν μεγάλη δυσκολία να χρησιμοποιήσουν κατάλληλους χημικούς όρους, όπως «άτομο», «μόριο», «ión».

Εν κατακλείδι, τα ερευνητικά αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές της Β' Λυκείου δεν αντιλαμβάνονται εξίσου τα τρία επίπεδα της Χημείας και η ικανότητα τους να μεταφράζουν τις χημικές αναπαραστάσεις είναι περιορισμένη. Έδειξαν, επίσης, ότι οι μαθητές αντιμετωπίζουν σημαντικές δυσκολίες και έχουν παρανοήσεις ακόμα και για τις βασικές χημικές έννοιες που εξετάστηκαν.

Λαμβάνοντας υπόψη ότι η εννοιολογική κατανόηση στη Χημεία είναι συνυφασμένη με την αντίληψη των φαινομένων στα τρία επίπεδα αναπαράστασης και στις μεταξύ τους συνδέσεις, πιστεύουμε ότι οι παρακάτω προτάσεις θα συνέβαλλαν στη βελτίωση της διδασκαλίας.

α) Να διδάσκονται οι έννοιες και στα τρία επίπεδα της Χημείας και να επισημαίνεται η αντιστοιχία μεταξύ των διαφορετικών αναπαραστάσεων. β) Να εξηγούνται αναλυτικά οι υπομικροσκοπικές και οι συμβολικές αναπαραστάσεις και να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση στους κανόνες συμβολισμού. γ) Οι μεταφράσεις αναπαραστάσεων μεταξύ των τριών επιπέδων της Χημείας και η κατασκευή αναπαραστάσεων από τους μαθητές να χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση των μαθητών, διότι αποτελούν ένα δείκτη για την εννοιολογική κατανόηση των εννοιών και ταυτόχρονα δίνουν τη δυνατότητα να αποκαλυφθούν πιθανές παρανοήσεις.



## Βιβλιογραφία

- Βαχλιώτης, Θ. (2012). Εφαρμογή και αξιολόγηση της μεθόδου «Συστημική Προσέγγιση στη Διδασκαλία και Εκμάθηση (SATL)» στη διδασκαλία της Οργανικής Χημείας. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Χημείας, Ε.Κ.Π.Α.
- Βαχλιώτης Θ., Σάλτα Κ., Τζουγκράκη Χ. (2015). Πρόταση για την εφαρμογή της συστημικής προσέγγισης στη διδασκαλία και αξιολόγηση των μαθητών στην Οργανική Χημεία. *Πρακτικά 9ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Θεσσαλονίκη, 163-171.
- Βλαχολιά, Μ. Π. (2017). Διερεύνηση των οπτικών και αναλυτικών στρατηγικών επίλυσης προβλημάτων Οργανικής Χημείας από λύτες διαφορετικής εμπειρίας και της σχέσης τους με την οπτικοχωρική ικανότητα των μαθητών. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Χημείας Ε.Κ.Π.Α.
- Βλαχολιά, Μ., Βοσνιάδου, Σ., Σάλτα, Κ., Ρούσσος, Π., Καζή, Σ., Σιγάλας, Μ. & Τζουγκράκη, Χ. (2019). Διερεύνηση των χαρακτηριστικών των μαθητών που προβλέπουν τη χρήση οπτικών και αναλυτικών στρατηγικών. *Πρακτικά 11ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Φλώρινα, 561-567.
- Βλαχολιά, Μ., Βοσνιάδου, Σ., Σάλτα, Κ., Ρούσσος, Π., Καζή, Σ., Σιγάλας, Μ. & Τζουγκράκη, Χ. (2017). Η χρήση οπτικών – αναλυτικών στρατηγικών κατά την επίλυση προβλημάτων Οργανικής Χημείας από μαθητές, φοιτητές και εκπαιδευτικούς. *Πρακτικά 10ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Ρέθυμνο, 262-269.
- Βλαχολιά, Μ. & Τζουγκράκη, Χ. (2017). Δημιουργία υλικού εξάσκησης στη χρήση οπτικών και αναλυτικών στρατηγικών κατά την επίλυση προβλημάτων Οργανικής Χημείας. *Πρακτικά 1ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Νέων Ερευνητών*, Κολυμπάρι, Χανιά, 9-12.
- Βοσνιάδου, Σ. (2001). Πώς μαθαίνουν οι μαθητές. *Διεθνής Ακαδημία της Εκπαίδευσης. Διεθνές Γραφείο Εκπαίδευσης της UNESCO* (Ελληνική έκδοση).
- Γεωργιάδου, Α., Καφετζόπουλος, Κ., Προβής, Ν., Χηνιάδης, Δ. & Σπυρέλλης, Ν. (2005). Χημεία Γ' Γυμνασίου. ΟΕΔΒ, Αθήνα.
- Γκίτζια, Β. (2013). Διερεύνηση της ικανότητας μαθητών και φοιτητών να μεταφράζουν χημικές αναπαραστάσεις διαφορετικού τύπου. Ανάδειξη των αντιλήψεών τους για βασικές χημικές έννοιες. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ.
- Γκίτζια, Β., Σάλτα, Κ. & Τζουγκράκη, Χ. (2015). Η κατασκευή μικροσκοπικών και συμβολικών αναπαραστάσεων από τους μαθητές ως δείκτης της εννοιολογικής κατανόησης στη Χημεία. *Πρακτικά 9ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση*, Θεσσαλονίκη, 179-184.
- Λιοδάκης, Σ., Γάκης, Δ., Θεοδωρόπουλος, Δ, Θεωρόπουλος, Π. & Καλλής, Α. (2005). Χημεία Α' Λυκείου. ΟΕΔΒ, Αθήνα.
- Χαριστός, Ν., Κουταλάς, Β., Βλαχολιά, Μ., Σάλτα, Α., Τζουγκράκη, Χ. & Σιγάλας, Μ. (2017). 2DrawChemQuiz: Σχεδιασμός, Ανάπτυξη και Εφαρμογή ενός Γνωστικού Εργαλείου Εξάσκησης στη Σχεδίαση και Χειρισμό Συντακτικών Τύπων. *Πρακτικά 10ου*



Πανελλήνιου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Ρέθυμνο, 352-358.

- Akaygun, S. (2016). Is the oxygen atom static or dynamic? The effect of generating animations on students' mental models of atomic structure. *Chemical Education Research and Practice*, 17, 788-807.
- Bodner, G.M. & Guay, R.B. (1997). The Purdue Visualization of Rotations test. *The Chemical Educator*, 2, 1-17.
- Ben-Zvi Assaraf, O. and Orion, O. (2010). Four Case Studies, Six Years Later: Developing System Thinking Skills in Junior High School and Sustaining Them Over Time. *Journal of Research in Science Teaching*, 47, 1253-1280.
- Brandstädter, K. Harms, U., και Großschedl, J. (2012). Assessing System Thinking through Different Concept-Mapping Practices. *International Journal of Science Education*, 34(14), 2147-2170.
- Cabrera, D., Colosi, L. & Lobdell, C. (2008). Systems thinking. *Evaluation and Program Planning*, 31, 299-310.
- Chi, S., Wang, Z., Luo, M., Yang, Y. & Huang, M. (2018). Student progression on chemical symbol representation abilities at different grade levels (Grades 10–12) across gender. *Chemical Education Research and Practice*, 19, 1055-1064.
- Creswell, J.W. & Plano Clark, V.L. (2011). Designing and conducting mixed methods research. Sage Publications, 2011.
- Ebbing, D.D. & Gammon, S.D. (1999). General Chemistry. 6<sup>th</sup> edn., Boston, Houghton Mifflin Company.
- Fahmy, A.F.M., (2017). The systemic approach to teaching and learning chemistry [SATLC]: a 20-years review. *African. Journal of Chemistry Education*, 7(3), 2-44.
- Fahmy, A.F.M. and J.J. Lagowski, (2007/2008). Systemic Multiple-Choice Questions in Chemistry. *Chemical Education International*, vol. 8(1). Retrieved from: <http://old.iupac.org/publications/cei/vol8/o8o1xFahmy.pdf>
- Fahmy, A.F.M & Lagowski, J.J. (2003). Systemic reform in chemical education: An international perspective. *Journal of Chemical Education*, 80(9), 1078-1083.
- Gabel, D. (1993). Use of the particle nature of matter in developing conceptual understanding. *Journal of Chemical Education*, 70 (3), 193-194.
- Gilbert, J.K. & Treagust, D. (2009). Introduction: macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: key models in chemical education. In J.K. Gilbert & D. Treagust (Eds), *Multiple representations in chemical education*, Springer, 1-8.
- Gilbert, J.K. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In J.K. Gilbert (Eds), *Visualization in science education*, Springer, 9-27.
- Gkitzia, V., Salta, K. & Tzougraki, C. (2020). Students' competence in translating between different types of chemical representations. *Chemical Education Research and Practice*, 21, 307-330.





- Gkitzia, V., Salta, K. & Tzougraki, C. (2011). Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks. *Chemical Education Research and Practice*, 12(1), 5–14.
- Greene, J.C., Caracelli, V.J. & Graham, W.F. (1989). Toward a conceptual framework for mixed-method evaluation designs. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 11(3), 255-274.
- Hegarty, M., Stieff, M. & Dixon, B. L. (2013). Cognitive change in mental models with experience in the domain of organic chemistry. *Journal of Cognitive Psychology*, 25 (2), 220-228.
- Hoffmann, R. & Laszlo, R. (1991). Representation in chemistry. *Angewandte Chemie*, 30, 1-16.
- Hogan, K. & Fisherkeller, J. (2000). Dialogue as data: Assessing students' scientific reasoning with interactive protocols. In J.J. Mintzes, J.H. Wandersee & J.D. Novak (Eds.), *Assessing science understanding. A human constructivist view*, San Diego, CA: Academic Press, 95-127.
- Johnstone, A.H. (1993). The development of chemistry teaching. *Journal of Chemical Education*, 70, 701-705.
- Keig, P. & Rubba, P. (1993). Translation of representations of the structure of matter and its relationship to reasoning, gender, spatial reasoning, and specific prior knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 883-903.
- Kospentaris, G., Vosniadou, S., Kazi, S. & Thanou, E. (2016). Visual and Analytic Strategies in Geometry. *Frontline Learning Research*, 4 (1), 40-58.
- Kozma, R. & Russell, J. (2005). Students Becoming Chemists: Developing representational competence. In J. K. Gilbert (Eds), *Visualization in science education. Models and modeling in science education*, Springer, 1, 121-145.
- Kozma, R.B. & Russell, J. (1997). Multimedia and understanding expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 949-968.
- Lagowski, J.J. (2005). Systemic Approach to Teaching and Learning. *Journal of Chemical Education*, vol. 82(2), 211.
- Lee, H.-S., Liu, O.L. & Linn, M.C. (2011). Validating measurement of knowledge integration in science using multiple-choice and explanation items. *Applied Measurement in Education*, 24, 115-136.
- Lin, Y.I., Son, J.Y. & Rudd, J.A. (2016). Asymmetric translation between multiple representations in chemistry. *International Journal Science education*, 38 (4), 644-662.
- Maani, K.E. and Maharaj, V. (2004). Links Between Systems Thinking and Complex Decision Making. *Systems Dynamics Review*, 20(1), 21-48.
- Markham, J.Y. (2006). Two Techniques for Measuring Systems Thinking. *Paper Presented at the 24th International Conference of the System Dynamics Society*, Nijmegen, The Netherlands, July 23-27, Retrieved from:  
[http://www.hpsig.com/images/c/cb/Two\\_Techniques\\_for\\_Measuring\\_Systems\\_Thinking.pdf](http://www.hpsig.com/images/c/cb/Two_Techniques_for_Measuring_Systems_Thinking.pdf)





- Mathewson, J.H. (2005). The visual core of science: definitions and applications to education. *International Journal Science education*, 27, 529-548.
- Mathewson, J. H. (1999). Visual-spatial thinking: An aspect of science overlooked by educators. *Science Education*, 83 (1), 33-54.
- McMurry, J.C. (1996). Organic Chemistry, 4<sup>th</sup> ed., Pacific Grove, Brooks/Cole Publishing, International Thomson Publishing.
- Moore J. W., Stanitski C. L., Wood J. L., Kotz J. C., and Joesten M. D., (1998). *The chemical world: concepts and applications*, 2nd, edition Orlando, Harcourt Brace College Publishers.
- Nesbit, J.C. & Adesope, O.O. (2006). Learning with concept and knowledge maps: A metaanalysis. *Review of Educational Research*, 76(3), 413-448.
- Newcombe, N.S. (2013). Seeing Relationships: Using Spatial Thinking to Teach Science, Mathematics, and Social Studies. *American Educator*, 37 (1), 26-31.
- Nieswandt, M. & Bellomo, K. (2009). Written extended-response questions as classroom assessment tools for meaningful understanding of evolutionary theory. *Journal of Research in Science Teaching*, 46, 333-356.
- Novak, J.D., Mintzes, J.J. and Wandersee, J.H. (2000). Epilogue: On Ways of Assessing Science Understanding, στο Assessing Science Understanding: A Human Constructivist View, J.J. Mintzes, J.H. Wandersee, and J.D. Novak, eds., San Diego, CA: Academic Press, 355-374.
- Pellegrino, J.W., Chudowsky, N.J. & Glaser, R. (Eds.), (2001). *Knowing what students know: The science and design of educational assessment*, Washington, DC: National Academy of Sciences.
- Raven, J., Raven, J.C. & Court, J.H. (1998). *Manual for Raven's Advanced Progressive Matrices*, Oxford, England: Oxford Psychologists Press.
- Robinson, W.R. & Nurrenbern, S.C. (2009). Conceptual Questions (CQs). Retrieved from <http://jchemed.chem.wisc.edu/JCEDLib/QBank/collection/CQandChP/CQs/TieredCQs.html>
- Salta, K., Antonoglou, L., Vlacholia, M., Roussos, P., Kazi, S., Vosniadou, S., Sigalas, M. & Tzougraki, C. (2016). Development and Validation of a Basic Chemistry Concept Inventory Assessing Secondary School Student. *13th European Conference on Research in Chemical Education* Barcelona, Book of Abstracts, 224.
- Schwaninger, M. (2006). System dynamics and the evolution of the systems movement. *Systems Research and Behavioral Science*, 23, 583-594.
- Southerland, S.A., Smith, M.U. & Cummins, C.L. (2000). "What do you mean by that?" Using structured interviews to assess science understanding. In J.J. Mintzes, J.H. Wandersee & J.D. Novak (Eds.), *Assessing science understanding. A human constructivist view*, 71-93, San Diego, CA: Academic Press.
- Stieff, M. (2011). When is a molecule three dimensional? A task-specific role for imagistic reasoning in advanced chemistry. *Science Education*, 95 (2), 310-336.



- Stieff, M. (2007). Mental rotation and diagrammatic reasoning in science. *Learning and Instruction*, 17, 219-234.
- Stieff, M. & Uttal, D. (2015). How Much Can Spatial Training Improve STEM Achievement? *Educational Psychology Review*, 27, 607-615.
- Stieff, M. & Raje, S. (2010). Expert algorithmic and imagistic problem-solving strategies in advanced chemistry. *Spatial Cognition and Computation*, 10, 53-81.
- Stieff, M. & Raje, S. (2008). Expertise & Spatial Reasoning in Advanced Scientific Problem Solving. *Proceedings of the 8th international conference on International conference for the learning sciences*, 2, 366-373.
- Stull, A.T., Gainer, M., Padalkar, S. & Hegarty, M. (2016). Promoting Representational Competence with Molecular Models in Organic Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 93 (6), 994-1001.
- Stull, A.T. & Hegarty, M. (2016). Model manipulation and learning: Fostering representational competence with virtual and concrete models. *Journal of Educational Psychology*, 108 (4), 509-527.
- Taber, K.S. (2013). Revisiting the chemistry triplet: drawing upon the nature of chemical knowledge and the psychology of learning to inform chemical education. *Chemical Education Research and Practice*, 14, 156-168.
- Treagust, D. F., Chittleborough, G. & Mamiala, T. L. (2003). The role of submicroscopic and symbolic representations in chemical explanations. *International Journal Science education*, 25, 1353-1368.
- Tsaparlis, G. (2009). Learning at the macro level: The role of practical work. In J.K. Gilbert & D. Treagust (Eds.), *Multiple representations in chemical education*, Springer, 109-136.
- Vachliotis, T., Salta, K. and Tzougraki, C., (2014). Meaningful Understanding and Systems Thinking in Organic Chemistry: Validating Measurement and Exploring Relationships. *Res. Sci. Educ.*, 44, 239-266.
- Vachliotis, T., Salta, K., Vasiliou, P. & Tzougraki, C. (2011). Exploring novel tools for assessing high school students' meaningful understanding of organic reactions. *Journal of Chemical Education*, 88(3), 337-345.
- Vlacholia, M., Vosniadou, S., Roussos, P., Salta, K., Kazi, S., Sigalas, M. & Tzougraki, C. (2017). Changes in Visual/Spatial and Analytic Strategy Use in Organic Chemistry with the Development of Expertise. *Chemistry Education Research and Practice*, 18, 763-773.
- Vosniadou, S. & Skopeliti, I. (2014). Conceptual Change from the Framework Theory Side of the Fence. *Science & Education* 23, 1427-1445.
- Wu, H.K. & Shah, P. (2004). Exploring visuospatial thinking in chemistry learning. *Science Education*, 88, 465-492.
- Ye, J., Lu, S. & Bi, H. (2018). The effects of microcomputer-based laboratories on students' macro, micro, and symbolic representations when learning about net ionic reactions. *Chemical Education Research and Practice*, 20, 288-301.



Zarkadis, N., Papageorgiou, G. & Stamovlasis, D. (2017). Studying the consistency between and within the student mental models. *Chemical Education Research and Practice*, 18, 893-902.

## Ευχαριστίες

Τα ερευνητικά αποτελέσματα που παρουσιάστηκαν προέρχονται από τις διδακτορικές διατριβές των εκπαιδευτικών Μαρίας Βλαχολια, Θοδωρή Βαχλιώτη και Βασιλικής Γκίτζια, τις οποίες εκπόνησαν στο Τμήμα Χημείας υπό τη καθοδήγησή μου, επιδεικνύοντας ξεχωριστή πρωτοβουλία και εργατικότητα. Τους ευχαριστώ για την άφογη συνεργασία μας. Ευχαριστώ, επίσης, την Δρα Κατερίνα Σάλτα, μέλος ΕΔΙΠ του Τμήματος Χημείας, της οποίας η συμμετοχή στις ερευνητικές εργασίες αυτές ήταν ιδιαίτερα σημαντική.

## Συνοπτικό Βιογραφικό Σημείωμα

Η **Χρύσα Τζουγκράκη** έλαβε πτυχίο και διδακτορικό δίπλωμα από το Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ, στο οποίο και εργάστηκε επί 40 χρόνια. Πραγματοποίησε μεταδιδακτορική έρευνα στα εργαστήρια της Hoffmann-La.Roche, H.Π.Α. και στο Max-Planck-Institut für Biochemie, Γερμανία. Τα ερευνητικά της ενδιαφέροντα αφορούν σε θέματα Βιοοργανικής Χημείας και Διδακτικής της Χημείας. Έχει δημοσιεύσει 133 εργασίες σε διεθνή επιστημονικά περιοδικά και πρακτικά συνεδρίων (1250 αναφορές). Έχει συγγράψει ένα βιβλίο για προπτυχιακούς και έξι διδακτικά βοηθήματα για μεταπτυχιακούς φοιτητές, ενώ συμμετείχε και στη δημιουργία εκπαιδευτικών λογισμικών για τη Β'θμια εκπαίδευση. Έχει επιβλέψει 20 Διπλωματικές Ειδίκευσης και 9 Διδακτορικές Διατριβές. Διετέλεσε αναπληρώτρια Πρόεδρος του Τμήματος, Διευθύντρια του Τομέα ΙΙ και του Εργαστηρίου Οργανικής Χημείας. Συμμετείχε σε 17 χρηματοδοτούμενα ερευνητικά και εκπαιδευτικά προγράμματα (10 ως επιστημονική υπεύθυνη). Διετέλεσε εκπρόσωπος του Τμήματος στο European Chemistry Thematic Network (ECTN). Το 1998 δημιούργησε μαζί με άλλους συναδέλφους το ΠΜΣ "Διδακτική της Χημείας και Νέες Εκπαιδευτικές Τεχνολογίες", και διετέλεσε διευθύντρια σπουδών επί 14 χρόνια. Διετέλεσε ιδρυματική υπεύθυνος του ΕΚΠΑ για τα χρηματοδοτούμενα από το ΕΠΕΑΕΚ έργα «Προγράμματα Μεταπτυχιακών Σπουδών του ΕΚΠΑ». Ήταν ιδρυτικό μέλος της ΕΝΕΦΕΤ στην οποία διετέλεσε μέλος του Δ.Σ. και αντιπρόεδρος, και της Ελληνικής Εταιρείας Γυναικών Πανεπιστημιακών (ΕΛΕΓΥΠ). Έχει διοργανώσει προγράμματα επιμόρφωσης εκπαιδευτικών και ποικίλες δράσεις προβολής της Χημείας.