

Η χρήση οπτικών – αναλυτικών στρατηγικών κατά την επίλυση προβλημάτων Οργανικής Χημείας από μαθητές, φοιτητές και εκπαιδευτικούς

Περίληψη

Στην παρούσα έρευνα διερευνήσαμε την υιοθέτηση οπτικών και αναλυτικών στρατηγικών από λύτες διαφορετικής εμπειρίας κατά την επίλυση προβλημάτων αντίληψης συντακτικών τύπων οργανικών ενώσεων. Επιπλέον, διερευνήσαμε την ικανότητα των λυτών να χρησιμοποιούν αναλυτικές στρατηγικές σε περιπτώσεις όπου απαιτείται να αγνοηθεί η διαισθητική απάντηση που επιβάλλεται ισχυρά από την οπτική παρατήρηση. Για την επίτευξη των παραπάνω στόχων, χρησιμοποιήθηκε το εργαλείο VACT, η εφαρμογή του οποίου έδειξε ότι η υιοθέτηση των αναλυτικών στρατηγικών στη Οργανική Χημεία προϋποθέτει την απόκτηση εμπειρίας στο συγκεκριμένο πεδίο. Η μετάβαση από τον οπτικό στον αναλυτικό συλλογισμό συνοδεύεται από την αναστολή της διαίσθησης που, επίσης, αποκτάται με την εμπειρία.

Abstract

In this research we investigated the adoption of visual and analytic strategies by individuals of different level of expertise when solving problems concerning the conception of organic compounds structural formulas. Furthermore, we investigated individuals' ability to use analytic strategies in cases where the inhibition of intuitive response strongly suggested by the visual inspection is required. To achieve our purposes, we used the instrument VACT, the administration of which showed that the adoption of analytic strategies in organic chemistry requires expertise in this field. The change from visual to analytic reasoning co-occurs with the inhibition of intuition, also achieved by expertise.

1. Εισαγωγή

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η μετάβαση των λυτών προβλημάτων Οργανικής Χημείας από τη χρήση οπτικών στην υιοθέτηση αναλυτικών στρατηγικών, καθώς η εφαρμογή των αναλυτικών στρατηγικών έχει συνδεθεί με την απόκτηση εμπειρίας (Hegarty et al. 2013, Stieff 2007, Stieff 2011, Stieff & Rajc 2008). Οι οπτικές στρατηγικές στηρίζονται σε νοητικές χωρικές διεργασίες, ενώ οι αναλυτικές στρατηγικές εμπεριέχουν την εφαρμογή κανόνων και ευρετικών συλλογισμών.

Ειδικότερα, έχει βρεθεί ότι κατά την επίλυση προβλημάτων στερεοχημείας οι φοιτητές, που αποτελούν τους αρχάριους λύτες, χρησιμοποιούν οπτικές στρατηγικές παρά το γεγονός ότι έχουν διδαχθεί την εφαρμογή αναλυτικών στρατηγικών για την επίλυση των συγκεκριμένων προβλημάτων (Stieff 2007). Εφαρμόζουν αναλυτικές στρατηγικές και χρησιμοποιούν γνώσεις Χημείας μόνο μετά από απευθείας διδασκαλία στη χρήση κανόνων και ευρετικών συλλογισμών. Αντίθετα, οι έμπειροι χημικοί προτιμούν να ακολουθούν αναλυτικές και όχι οπτικές στρατηγικές. Η Hegarty και οι συνεργάτες της (2013) έδειξαν ότι κατά την απόκτηση γνώσεων Χημείας οι φοιτητές μεταβάλλουν τις στρατηγικές που εφαρμόζουν, εύρημα που απέδωσαν σε αλλαγές στα σχετικά με τη μοριακή δομή νοητικά τους μοντέλα.

Αναδεικνύοντας μια άλλη διαφορά των άπειρων και έμπειρων λυτών σχετικά με τις στρατηγικές που υιοθετούν, οι Stieff και Rajc (2008) βρήκαν ότι οι έμπειροι χημικοί όχι μόνο δείχνουν προτίμηση στη χρήση αναλυτικών στρατηγικών, αλλά εφαρμόζουν ένα εύρος

οπτικών και αναλυτικών στρατηγικών όταν καλούνται να επιλύσουν προβλήματα Οργανικής Χημείας που προορίζονται για την αξιολόγηση φοιτητών. Αντίθετα, οι φοιτητές προσκολλούνται σε μια συγκεκριμένη στρατηγική την οποία ακολουθούν για να επιλύσουν τα προβλήματα με τα οποία έρχονται αντιμέτωποι στις εξετάσεις τους (Stieff 2011).

Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η διερεύνηση: 1) της υιοθέτησης οπτικών ή αναλυτικών στρατηγικών από ομάδες με διαφορετική εμπειρία στην επίλυση προβλημάτων που αφορούν στη μοριακή δομή οργανικών ενώσεων και 2) της εφαρμογής των αναλυτικών στρατηγικών σε περιπτώσεις όπου απαιτείται να αγνοηθεί η διαισθητική απάντηση η οποία επιβάλλεται ισχυρά από την οπτική παρατήρηση.

2. Μεθοδολογία

Για την επίτευξη του σκοπού της έρευνας αυτής χρησιμοποιήσαμε το εργαλείο VACT (Visual Analytic Chemistry Task) (Βλαχολιά κ.α. 2015). Για τη διερεύνηση των χρησιμοποιούμενων στρατηγικών το VACT περιέχει ερωτήματα που μπορούν να επιλυθούν με την εφαρμογή οπτικών στρατηγικών (ερωτήματα υποκλίμακας I) και ερωτήματα που απαιτούν για την επίλυσή τους την εφαρμογή αναλυτικών στρατηγικών και γνώσεων Χημείας (ερωτήματα υποκλίμακας II). Στον πίνακα 1 παρουσιάζονται ενδεικτικά ερωτήματα από κάθε υποκλίμακα.

Πίνακας 1. Παραδείγματα ερωτημάτων του VACT

Υποκλίμακας	I	Κατηγορία (α)
		Οι δύο παρακάτω τύποι δείχνουν το ίδιο μόριο. Σωστό <input type="checkbox"/> Λάθος <input type="checkbox"/>
	$\begin{array}{ccc} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}-\text{CH}_3 & & \text{CH}_3-\text{CH}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \\ & & \\ \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 \end{array}$	
	II	Κατηγορία (β)
Οι δύο παρακάτω τύποι δείχνουν το ίδιο μόριο. Σωστό <input type="checkbox"/> Λάθος <input type="checkbox"/>		
$\begin{array}{ccc} \text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}-\text{CH}_3 & & \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2-\text{O}-\text{CH}_3 \\ & & \\ \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 \end{array}$		
II		Κατηγορία (γ)
Οι δύο παρακάτω τύποι δείχνουν το ίδιο μόριο. Σωστό <input type="checkbox"/> Λάθος <input type="checkbox"/>		
$\begin{array}{ccc} \text{CH}_3-\text{CH}_2\text{O}-\text{CH}-\text{CH}_3 & & \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_2\text{O}-\text{CH}_3 \\ & & \\ \text{CH}_3 & & \text{CH}_3 \end{array}$		
II		Κατηγορία (δ)
Οι δύο παρακάτω τύποι δείχνουν το ίδιο μόριο. Σωστό <input type="checkbox"/> Λάθος <input type="checkbox"/>		
$\begin{array}{ccc} \text{CH}_3-\text{CH}_2\text{O}-\text{CH}-\text{CH}_3 & & \text{CH}_3-\text{CH}-\text{CH}_3 \\ & & \\ \text{CH}_3 & & \text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_3 \end{array}$		

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 τα 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. Προκειμένου να διερευνήσουμε την ικανότητα των λυτών να αγνοούν την

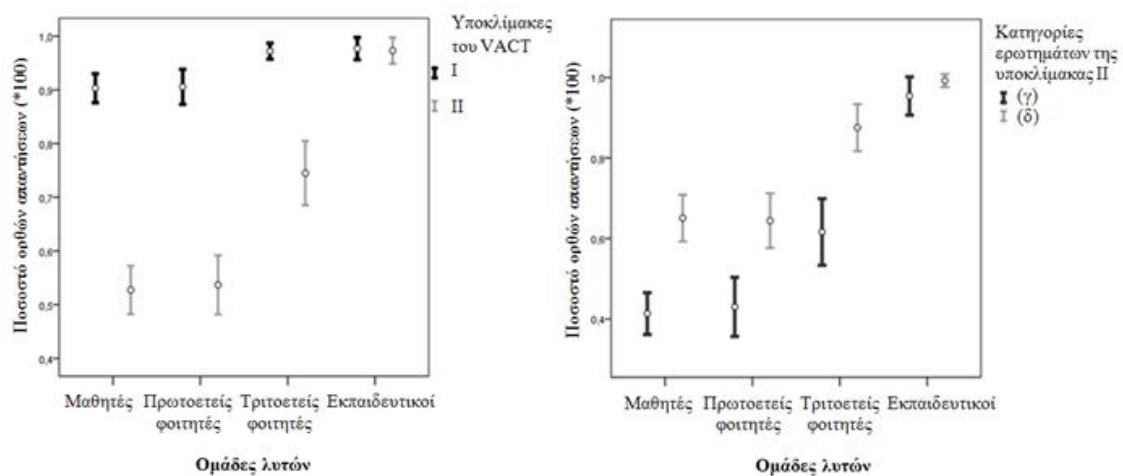
δισαισθητική απάντηση η οποία επιβάλλεται ισχυρά από την οπτική παρατήρηση, κάποια ερωτήματα της υποκλίμακας II και συγκεκριμένα αυτά της κατηγορίας (γ) έχουν ισχυρότερη επίδραση στο να παρασύρουν τον λύτη προς την κατεύθυνση της λανθασμένης απάντησης σε σχέση με την επίδραση των ερωτημάτων της κατηγορίας (δ).

Το VACT χορηγήθηκε ως γραπτή δοκιμασία σε 127 μαθητές της Β΄ τάξης Γενικής Παιδείας ΓΕΛ της χώρας μας, σε 71 πρωτοετείς και σε 61 τριτοετείς φοιτητές του ΕΚΠΑ, ενώ συμπληρώθηκε ηλεκτρονικά, μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, από 26 εκπαιδευτικούς που δίδασκαν το μάθημα της Χημείας Γενικής Παιδείας σε μαθητές της Β΄ τάξης ΓΕΛ της χώρας.

3. Αποτελέσματα

Τα αποτελέσματα της μονοπαραγοντικής ανάλυσης διακύμανσης [$F(6, 558) = 16,78, p < 0,001, \text{Wilk's } \Lambda = 0,718, \eta^2_p = 0,15$] έδειξαν ότι η επίδοση των λυτών τόσο στα ερωτήματα της υποκλίμακας I [$F(3, 280) = 5,97, p = 0,001, \eta^2_p = 0,06$], όσο και στα ερωτήματα της υποκλίμακας II [$F(3, 280) = 35,38, p < 0,001, \eta^2_p = 0,28$] επηρεάστηκε από την ομάδα στην οποία ανήκαν οι λύτες. Πιο συγκεκριμένα, [σχήμα 1 (i)] αν και όλες οι ομάδες των λυτών είχαν υψηλή επίδοση (>90%) στην επίλυση των ερωτημάτων που μπορούν να απαντηθούν με τη χρήση οπτικών στρατηγικών, εν τούτοις, με την απόκτηση εμπειρίας αυξάνεται η ικανότητα των λυτών να δίνουν σωστές απαντήσεις χρησιμοποιώντας οπτικές στρατηγικές.

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)



Στην περίπτωση των ερωτημάτων της υποκλίμακας II, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι εκπαιδευτικοί ήταν η μόνη ομάδα που είχε υιοθετήσει τον αναλυτικό συλλογισμό (δεν διαφοροποιήθηκε η επίδοσή τους στις υποκλίμακες I και II). Αντίθετα, η επίδοση των υπόλοιπων ομάδων ήταν στατιστικά καλύτερη στα ερωτήματα που μπορούν να επιλυθούν οπτικά σε σχέση με αυτά που απαιτούν την εφαρμογή αναλυτικών στρατηγικών, υποδεικνύοντας ότι οι ομάδες αυτές δεν είχαν πραγματοποιήσει τη μετάβαση από την οπτική στην αναλυτική σκέψη. Ανάμεσα σε αυτές τις τρεις ομάδες των λυτών, οι τριτοετείς φοιτητές έδειξαν να έχουν μειώσει τη διαφορά ανάμεσα στην επίδοσή τους στις δύο υποκλίμακες του VACT, κάτι που δείχνει ότι βρίσκονταν στη διαδικασία απόκτησης της αναλυτικής σκέψης. Αυτό το συμπέρασμα προέκυψε από την εφαρμογή του κριτηρίου t ανεξάρτητων δειγμάτων που έδειξε ότι η διαφορά των τριτοετών φοιτητών ανάμεσα στις δύο υποκλίμακες σε σχέση με τους μαθητές και τους πρωτοετείς φοιτητές ήταν στατιστικά μικρότερη [$t(185) = 4,05, p < 0,001, d = 0,65$] και [$t(130) = 3,59, p < 0,001, d = 0,62$] αντίστοιχα.

Σχετικά με την επίδοση των λυτών στα ερωτήματα των κατηγοριών (γ) και (δ) της υποκλίμακας II, τα αποτελέσματα της μονοπαραγοντικής ανάλυσης διακύμανσης [$F(6, 556) = 17,41, p < 0,001, \text{Wilk's } \Lambda = 0,709, \eta^2_p = 0,16$] έδειξαν ότι η επίδοση των λυτών τόσο στα ερωτήματα της κατηγορίας (γ) [$F(3, 279) = 28,81, p < 0,001, \eta^2_p = 0,24$], όσο και στα ερωτήματα της κατηγορίας (δ) [$F(3, 279) = 18,37, p < 0,001, \eta^2_p = 0,17$] επηρεάστηκε από την ομάδα στην οποία άνηκαν οι λύτες. Όπως φαίνεται στο σχήμα 1 (ii), οι εκπαιδευτικοί παρουσίασαν την ίδια επίδοση στα ερωτήματα των δύο κατηγοριών της ομάδας II που σημαίνει ότι είχαν την ικανότητα να αγνοούν τη διαισθητική απάντηση, ακόμα και όταν αυτή ήταν ισχυρή, και να επιλύουν σωστά τα ερωτήματα. 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.

4. Συμπεράσματα

Από την παρούσα έρευνα προέκυψε 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, οι λύτες με μεγαλύτερη εμπειρία στην Οργανική Χημεία επιλύουν τα προβλήματα που απαιτούν γνώσεις Χημείας και εφαρμογή αναλυτικών στρατηγικών με μεγαλύτερη ευκολία σε σχέση με τους πιο άπειρους λύτες στο πεδίο αυτό. Οι μαθητές, δηλαδή, αν και διδάσκονται κυρίως αναλυτικές στρατηγικές, παρόλα αυτά φαίνεται να μην τις υιοθετούν. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε συμφωνία με ερευνητικά δεδομένα στο πεδίο της Χημείας (Hegarty et al. 2013, Stieff 2007, Stieff 2011, Stieff & Rajee 2008) αλλά και άλλων επιστημών όπως της Γεωμετρίας (Kospentaris et al. 2016).

Ένα νέο και σημαντικό, επίσης, εύρημα της έρευνας αυτής είναι η επίδραση της διαισθητικής απάντησης όταν αυτή καθοδηγείται ισχυρά από την οπτική παρατήρηση. Η αδυναμία όλων των λυτών, με εξαίρεση την πιο έμπειρη ομάδα των εκπαιδευτικών, να αγνοήσουν το ερέθισμα αυτό συνιστά ένα σημείο στο οποίο πρέπει να επικεντρωθεί η διδασκαλία.

Η παρούσα έρευνα έχει συγχρηματοδοτηθεί από την Ε.Ε. (ΕΚΤ) και από εθνικούς πόρους μέσω του ΕΣΠΑ – Ερευνητικό Έργο: ΘΑΛΗΣ.

5. Βιβλιογραφία

Βλαχολιά, Μ., Βοσνιάδου, Σ., Σάλτα, Κ., Ρούσσο, Π., Καζή, Σ., Σιγάλας, Μ. & Τζουγκράκη, Χ. (2015). Ανάπτυξη εργαλείου διερεύνησης της μετάβασης των μαθητών Λυκείου από τις οπτικές στις αναλυτικές στρατηγικές κατά την επίλυση προβλημάτων μοριακής δομής. 9ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση, Θεσσαλονίκη.

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.

Kospentaris, G., Vosniadou S., Kazi S. & Thanou E. (2016). Visual and Analytic Strategies in Geometry, *Frontline Learning Research*, 4 (1), 40-58.

Stieff, M. (2007). Mental rotation and diagrammatic reasoning in science. *Learning and Instruction*, 17, 219-234.

Stieff, M. (2011). When is a molecule three dimensional? A task-specific role for imagistic reasoning in advanced chemistry. *Sci. Educ.*, 95 (2), 310-336.

Stieff, M. & Rajee, 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.