Προσεγγίζοντας συστημικά την κατανόηση εννοιών οργανικής χημείας: Αξιολόγηση και σχέση με την προϋπάρχουσα γνώση και τα μαθησιακά στυλ

Θοδωρής Βαχλιώτης, Κατερίνα Σάλτα, Χρύσα Τζουγκράκη
Τμήμα Χημείας, Ε.Κ.Π.Α., teovaxla@yahoo.gr
Τμήμα Χημείας, Ε.Κ.Π.Α., ksalta@chem.uoa.gr
Τμήμα Χημείας, Ε.Κ.Π.Α., tzougraki@chem.uoa.gr

Περίληψη
Σκοπός της παρούσας μελέτης ήταν να διερευνηθεί η κατανόηση εννοιών οργανικής χημείας μαθητών της Β΄ λυκείου μέσα σε ένα συστημικό πλαίσιο. Για αυτόν το σκοπό: (α) αναπτύχθηκαν και αξιολογήθηκαν Συστημικές Ερωτήσεις Αξιολόγησης (ΣΕΑ) και αντικειμενικές ερωτήσεις ως εργαλεία μέτρησης κατανόησης, (β) διερευνήθηκαν η εγκυρότητα και η αξιοπιστία των κλιμάκων «Οπτικό-Λεκτικό» και «Σειριακό-Σφαιρικό» μαθησιακό στυλ του ερωτηματολογίου Δείκτης Μαθησιακών Στυλ (ΔΜΣ) των Soloman και Felder και (γ) ελέγχθηκαν οι σχέσεις της κατανόησης των μαθητών με τη σχετική προϋπάρχουσα γνώση τους και τα μαθησιακά τους στυλ. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι ΣΕΑ και οι κατάλληλα σχεδιασμένες αντικειμενικές ερωτήσεις μπορούν να ανιχνεύσουν την κατανόηση εννοιών οργανικής χημείας. Επίσης, πέντε από τις έντεκα ερωτήσεις της κάθε κλίμακας του ΔΜΣ έδωσαν έγκυρες και αξιόπιστες μετρήσεις. Τέλος, βρέθηκε ότι η προϋπάρχουσα γνώση και η κλίμακα «Οπτικό-Λεκτικό» στυλ μπορούν να προβλέψουν ένα ικανοποιητικό ποσοστό της διακύμανσης στις βαθμολογίες των μαθητών στα ερωτήματα «κατανόησης».

Abstract
This study aimed to investigate 11th grade students' meaningful understanding of organic chemistry concepts in a systemic context. For this purpose: (a) Systemic Assessment Questions (SAQs) and conventional objective questions were developed and evaluated as tools for assessing meaningful understanding, (b) the validity and reliability of the "Visual-Verbal" and the "Sequential-Global" scales of the Index of Learning Styles (ILS) questionnaire developed by Soloman & Felder were evaluated, and (c) the relationships between meaningful understanding and relevant prior knowledge and learning styles were explored. The results indicated that the SAQ scheme and properly designed objective questions can effectively assess meaningful understanding of organic chemistry concepts. Additionally, five out of eleven items of each ILS scale were valid and reliable measurements of these dimensions of learning style. Moreover, prior knowledge and the "Visual-Verbal" scale predicted a satisfactory proportion of the variance on the "meaningful" items' scores.

Εισαγωγή

Σε έναν κόσμο που διαμορφώνεται όλο και περισσότερο από τις επιστήμες και την τεχνολογία, οι βασικές επιστημονικές γνώσεις και δεξιότητες αποτελούν αναπόσπαστα στοιχεία μιας γενικής παιδείας σύμφωνης με τις απαιτήσεις της σύγχρονης εποχής. Σύμφωνα με τις Nieswandt και Bellomo (2009) ζωτικής σημασίας για την επίτευξη αυτού του σκοπού είναι η βαθιά κατανόηση των επιστημονικών εννοιών. Η σε βάθος ή μάθηση με κατανόηση[31] αποτελεί την κεντρική ιδέα στη θεωρία του Ausubel (1963, 1968). Είναι μια εποικοδομητική διαδικασία στην οποία ο μαθητής επιδιώκει να δημιουργήσει συνδέσεις ανάμεσα σε

[31] Με τον όρο «σε βάθος ή μάθηση με κατανόηση» αποδίδεται ο όρος "meaningful learning", ο οποίος αναφέρεται στην ελληνική βιβλιογραφία και ως «νοηματική μάθηση».

αντιλήψεις, πληροφορίες και παρατηρήσεις της επιστήμης προκειμένου να επιτύχει την κατανόηση. Από την άλλη πλευρά, η επιφανειακή ή μηχανική μάθηση χαρακτηρίζεται από μια τάση αναπαραγωγής της ύλης που μελετάται, χρησιμοποιώντας διαδικασίες ρουτίνας (Novak 2002). Διάφορες τεχνικές αξιολόγησης έχουν προταθεί για την αποτελεσματική εκτίμηση της κατανόησης των επιστημονικών εννοιών (Cavallo & Schafer 1994, Novak, Mintzes & Wandersee 2000, Southerland, Smith & Cummins 2000, Nieswandt & Bellomo 2009). Ωστόσο, διάφορα προβλήματα έχουν προκύψει σχετικά με την αποτελεσματικότητα, την πρακτικότητα και τις ψυχομετρικές ιδιότητες αυτών των τεχνικών. Δύο σχήματα αξιολόγησης που φαίνεται ότι δίνουν τη δυνατότητα αντιμετώπισης αρκετών από αυτά τα προβλήματα, είναι οι Συστημικές Ερωτήσεις Αξιολόγησης (ΣΕΑ) (Fahmy & Lagowski 2004, 2007/08) και οι Διπλές Εννοιολογικές Ερωτήσεις (ΔΕΕ) (Robinson & Nurrenbern 2009). Οι ΣΕΑ είναι μια τεχνική χαρτογράφησης εννοιών και στηρίζεται στην ιδέα ότι η κατανόηση μπορεί να ενισχυθεί εάν οι επιστημονικές έννοιες μελετηθούν ως κυκλικά, αλληλεπιδραστικά και εξελισσόμενα συστήματα,[32] ως νοηματικές δυναμικές ολότητες. Οι ΣΕΑ προάγουν την ανάπτυξη της συστημικής σκέψης[33] η οποία, όπως ισχυρίζεται ο Cabrera (2006), εστιάζοντας στην ολότητα καθώς και στα μέρη που την απαρτίζουν οδηγεί σε μια πιο πλήρη κατανόηση του συστήματος που μελετάται. Από την άλλη πλευρά, οι ΔΕΕ είναι ζεύγη αντικειμενικών ερωτήσεων που ζητούν εξήγηση για μια απάντηση που θα δοθεί. Η εξήγηση αυτή μπορεί να φανερώσει το επίπεδο κατανόησης των επιστημονικών εννοιών που σχετίζονται με τη συγκεκριμένη ερώτηση. Οι ΣΕΑ και οι ΔΕΕ είναι κατάλληλες για αξιολόγηση στην τάξη, μπορούν να βαθμολογηθούν με πρακτικό και αντικειμενικό τρόπο και δεν εξαρτώνται από την ευχέρεια των μαθητών στο γραπτό και προφορικό λόγο.

Η σχετική προϋπάρχουσα γνώση και το μαθησιακό στυλ θεωρούνται ως δύο σημαντικές προϋποθέσεις για την επίτευξη μάθησης με κατανόηση (Ausubel 1963, 1968, Novak 2002). Ο όρος μαθησιακό στυλ χρησιμοποιείται για να περιγράψει τις ατομικές διαφορές στη μάθηση. Βασίζεται στην παραδοχή ότι κάθε άτομο έχει ένα διακριτό τρόπο να μαθαίνει, δηλαδή, να συλλέγει, να επεξεργάζεται και να οργανώνει τις πληροφορίες. Στην παρούσα μελέτη, υποθέσαμε ότι δύο από τις τέσσερις διαστάσεις του μοντέλου των μαθησιακών στυλ των Felder και Silverman (1988), το «Οπτικό-Λεκτικό» και το «Σειριακό-Σφαιρικό» στυλ, θα μπορούσαν να σχετίζονται με την ανάπτυξη της συστημικής σκέψης και κατ' επέκταση με την ενίσχυση της κατανόησης. Οι μαθητές με «Σφαιρικό» στυλ χαρακτηρίζονται από μια ολιστική και συστημικά προσανατολισμένη διαδικασία σκέψης. Επιπλέον, η οπτική αναπαράσταση των εννοιών σε μορφές κλειστού βρόχου αποτέλεσε τη βασική στρατηγική σε διάφορες συστημικές προσεγγίσεις για την προαγωγή της συστημικής σκέψης (Forrest 2008).

Με βάση τα προηγούμενα, προσεγγίσαμε την κατανόηση εννοιών οργανικής χημείας μέσα από ένα «συστημικό πρίσμα». Συγκεκριμένα, προσπαθήσαμε να απαντήσουμε στα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

(1) Είναι οι κατάλληλα σχεδιασμένες ΣΕΑ και/ή οι κλασικές αντικειμενικές ερωτήσεις έγκυρα και αξιόπιστα εργαλεία για την αξιολόγηση της κατανόησης των εννοιών της οργανικής χημείας από μαθητές της Β΄ λυκείου;

(2) Ποιες είναι οι ενδείξεις για την εγκυρότητα και την αξιοπιστία των κλιμάκων «Οπτικό-Λεκτικό» και «Σειριακό-Σφαιρικό» μαθησιακό στυλ του μοντέλου των Felder και Silverman για μαθητές της Β΄ λυκείου;

(3) Υπάρχει σχέση της κατανόησης εννοιών οργανικής χημείας των μαθητών της Β΄ λυκείου με τη σχετική προϋπάρχουσα γνώση τους καθώς και με τις διαστάσεις «Οπτικό-Λεκτικό» και «Σειριακό-Σφαιρικό» μαθησιακό στυλ;

---

[32] Ως «κυκλικό σύστημα εννοιών» εννοείται ένα σύνολο εννοιών και των μεταξύ τους σχέσεων που παρουσιάζονται, π.χ. σε ένα χάρτη εννοιών, ως ένας κλειστός βρόχος (δες και Σχήμα 1 της παρούσας εργασίας).

[33] Στη βιβλιογραφία αναφέρονται διάφοροι ορισμοί του όρου «συστημική σκέψη». Εδώ, εννοείται η διαδικασία αναγνώρισης και κατανόησης των συσχετίσεων και αλληλεπιδράσεων σε ένα σύστημα εννοιών.

Μεθοδολογία

Εργαλεία της έρευνας

Με βάση το πρόγραμμα σπουδών της χημείας του λυκείου, σχεδιάσαμε δυο τεστ επίδοσης (προ και μετά) προκειμένου να ελέγξουμε την εγκυρότητα και την αξιοπιστία των υπό μελέτη ερωτήσεων ως εργαλεία αξιολόγησης της κατανόησης εννοιών οργανικής χημείας. Επιπλέον, με το προ-τεστ μετρήθηκε η σχετική προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών για την κατανόηση των εννοιών που περιλαμβάνονται στο μετά-τεστ. Και τα δυο τεστ αποτελούνταν από ΣΕΑ συμπλήρωσης κενών και μερικές αντικειμενικές ερωτήσεις. Τα χαρακτηριστικά των ΣΕΑ (μορφή, γνωστικές απαιτήσεις και πολυπλοκότητα των διαγραμμάτων) επιλέχθηκαν με βάση τα αποτελέσματα προηγούμενης έρευνας για αυτόν τον τύπο των ΣΕΑ (Vachliotis et al. 2011). Κάποιες από τις αντικειμενικές ερωτήσεις σχεδιάστηκαν να αξιολογήσουν απλή ανάκληση γνώσης και οι πιο απαιτητικές, για να αξιολογήσουν υψηλότερου επιπέδου γνωστικές ικανότητες. Η βαθμολόγηση των ερωτήσεων έγινε ως εξής: Όλες οι ερωτήσεις συμπλήρωσης κενών, πολλαπλής επιλογής, αντιστοίχισης και σωστού-λάθους βαθμολογήθηκαν με μια μονάδα για κάθε σωστή απάντηση. Στις ερωτήσεις όμως που ζητήθηκε δικαιολόγηση, η απάντηση θεωρήθηκε σωστή μόνο όταν και η δικαιολόγηση ήταν σωστή. Η εγκυρότητα περιεχομένου των τεστ συζητήθηκε με τρεις έμπειρους καθηγητές λυκείου, καθώς και με έναν ερευνητή της διδακτικής της χημείας και έναν καθηγητή του τμήματος Χημείας του Ε.Κ.Π.Α. Τα τεστ υπάχθηκαν στην τυπική αξιολόγηση του λυκείου.

Για τον προσδιορισμό των μαθησιακών στυλ, χρησιμοποιήθηκε το ερωτηματολόγιο Δείκτης Μαθησιακών Στυλ (ΔΜΣ) που αναπτύχθηκε από τους Soloman και Felder (1996). Το ΔΜΣ είναι ένα εργαλείο 44 ερωτήσεων για την αξιολόγηση των τεσσάρων διαστάσεων μαθησιακού στυλ του μοντέλου των Felder και Silverman (1988). Είκοσι δύο ερωτήματα του ΔΜΣ, αυτά που ανήκαν στις κλίμακες «Οπτικό-Λεκτικό» και «Σειριακό-Σφαιρικό» στυλ, παρουσιάστηκαν στους συμμετέχοντες. Τα ερωτήματα μεταφράστηκαν και προσαρμόστηκαν στα Ελληνικά από τους ερευνητές και ελέγχθηκαν πιλοτικά με 30 μαθητές της Β΄ λυκείου. Ακολούθως, οι ερευνητές προχώρησαν σε μια μικρή αναπροσαρμογή του ερωτηματολογίου, ώστε οι ερωτήσεις να είναι ευκολότερα κατανοητές από τους μαθητές στην παρούσα μελέτη.

Το δείγμα και η διαδικασία της έρευνας

Ενενήντα ένας μαθητές (46 αγόρια, 45 κορίτσια) της Β΄ λυκείου από τέσσερα τμήματα ενός δημόσιου σχολείου της Αθήνας συμμετείχαν στην έρευνα, η οποία διήρκεσε τρεις μήνες (Οκτώβριο με Δεκέμβριο). Η έρευνα διεξήχθη σε τρία στάδια όπως φαίνεται στον Πίνακα 1. Όλα τα τμήματα διδάχθηκαν από τον ίδιο καθηγητή με τον παραδοσιακό τρόπο (μετωπική διδασκαλία). Μετά τη συλλογή των δεδομένων, ακολούθησε η στατιστική επεξεργασία τους με τη βοήθεια του λογισμικού SPSS 11.0.

Πίνακας 1: Η διαδικασία της έρευνας.

Στάδιο	Φάση	Διάρκεια
1. Μαθησιακά στυλ	• Πληροφόρηση των μαθητών για τα μαθησιακά στυλ και το ΔΜΣ	10 λεπτά.
	• Χορήγηση των 22 ερωτημάτων του ΔΜΣ	15 λεπτά.
2. Βασικές εισαγωγικές έννοιες της οργανικής χημείας	• Παραδοσιακή διδασκαλία	8x40 λεπτά.
	• Χορήγηση του προ-τεστ	40 λεπτά.
3. Χημεία των άκυκλων υδρογονανθράκων	• Παραδοσιακή διδασκαλία	7x40 λεπτά.
	• Χορήγηση του μετά-τεστ	40 λεπτά.

Αποτελέσματα και συζήτηση

Αξιολόγηση των τεστ επίδοσης στην οργανική χημεία

Οι συνάφειες της βαθμολογίας της κάθε ερώτησης με τη συνολική υπολογίστηκαν και έδειξαν ότι όλες οι ερωτήσεις συνεισέφεραν στην εγκυρότητα των τεστ επίδοσης (r > 0,30). Όσον αφορά στην αξιοπιστία εσωτερικής συνέπειας αυτή ήταν ικανοποιητική, αφού ο δείκτης *a* του Cronbach βρέθηκε 0,91 για το προ-τεστ και 0,88 για το μετά-τεστ. Ακολούθησε έλεγχος της εγκυρότητας εννοιολογικής δομής με ανάλυση παραγόντων. Το τεστ σφαιρικότητας του Bartlett και το κριτήριο Kaiser-Meyer-Olkin έδειξαν την καταλληλότητα του παραγοντικού μοντέλου για τα δεδομένα της έρευνας και για τα δύο τεστ. Από ανάλυση κύριων συνιστωσών στο προ-τεστ προέκυψαν δύο παράγοντες με ιδιοτιμές > 1 που εξηγούσαν το 66% της διακύμανσης. Αυτό το αποτέλεσμα των δύο παραγόντων ήταν σύμφωνο με τη θεωρία. Με ανάλυση κύριων συνιστωσών στο μετά-τεστ και μετά τη μελέτη του scree test εξήχθησαν δυο παράγοντες με ιδιοτιμές > 1 που ερμήνευαν το 52% της διακύμανσης. Οι συνάφειες (φορτίσεις) των ερωτήσεων με τον κάθε παράγοντα, μετά από ορθογώνια περιστροφή των αξόνων, παρουσιάζονται στον Πίνακα 2. Χρησιμοποιώντας το ελάχιστο κριτήριο φόρτισης 0,40 και βασιζόμενοι στο περιεχόμενο και τις απαιτήσεις των ερωτήσεων θεωρήσαμε ότι, και για τα δυο τεστ, ο πρώτος (1) είναι ο παράγοντας «κατανόηση» ενώ ο δεύτερος (2) είναι ο παράγοντας «ανάκληση γνώσης».

Πίνακας 2: Οι φορτίσεις των ερωτήσεων των τεστ επίδοσης στην ανάλυση παραγόντων.

Προ-τεστ			Μετά-τεστ		
	Παράγοντας			Παράγοντας	
Ερώτηση	1	2	Ερώτηση	1	2
Α1ε	**0,86**	0,07	Β6	**0,80**	0,21
*Α2α	**0,83**	0,25	Β2	**0,72**	0,22
Α1α	**0,83**	0,17	*Β7α	**0,70**	**0,50**
*Α2δ	**0,78**	0,19	Β4α	**0,70**	-0,05
*Α2β	**0,76**	0,34	Β5	**0,66**	0,39
Α1στ	**0,74**	0,08	*Β7β	**0,64**	**0,56**
Α1ζ	**0,68**	0,29	Β3	**0,60**	**0,52**
Α1β	**0,65**	0,35	*Β7δ	**0,60**	**0,53**
*Α2γ	0,15	**0,87**	Β4δ	**0,57**	0,16
Α1γ	0,12	**0,78**	*Β7γ	**0,56**	**0,48**
Α1δ	**0,52**	**0,62**	Β4ε	**0,51**	0,39
			Β4γ	-0,19	**0,84**
			Β1α	0,20	**0,45**
			Β4β	0,24	**0,43**
			Β1β	0,28	0,34

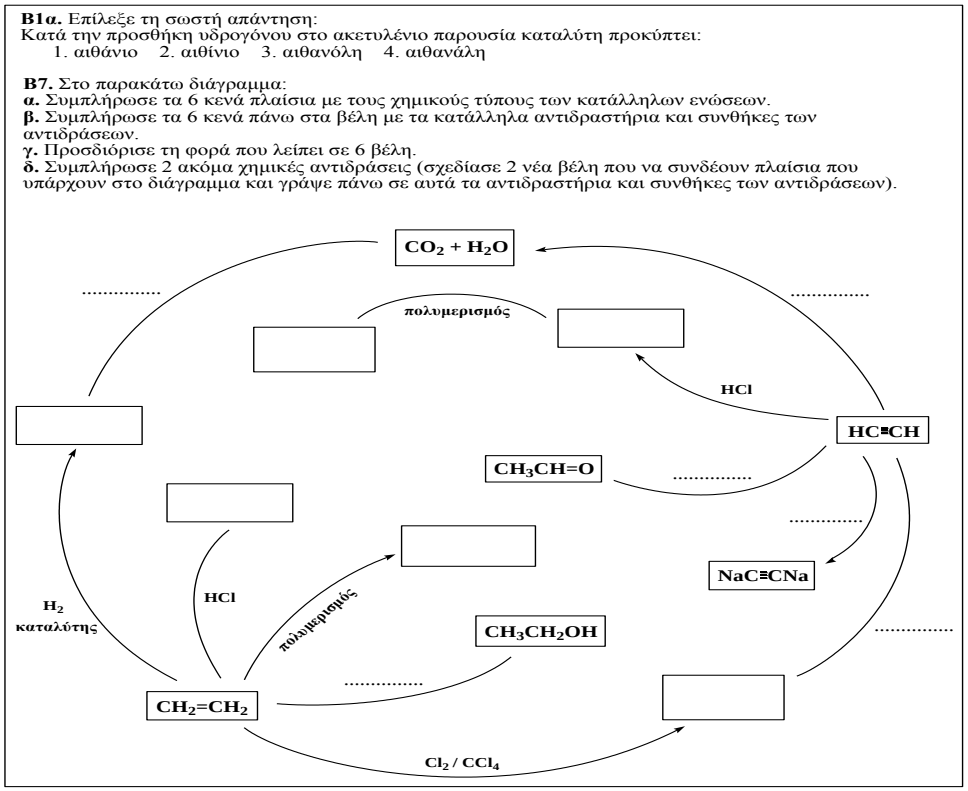
Σημείωση. Οι φορτίσεις μεγαλύτερες από 0,40 φαίνονται με έντονη επισήμανση.
*Ερωτήσεις των ΣΕΑ

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι ΣΕΑ που μελετήθηκαν έχουν αποδεκτές ψυχομετρικές ιδιότητες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εργαλεία αξιολόγησης στο λύκειο. Στην ανάλυση παραγόντων, τρία από τα τέσσερα ερωτήματα ΣΕΑ του προ-τεστ είχαν ισχυρές φορτίσεις στον παράγοντα «κατανόηση» και όλες οι ΣΕΑ του μετά-τεστ παρουσίασαν ξεκάθαρα ισχυρότερες φορτίσεις στο παράγοντα «κατανόηση». Φαίνεται ότι οι ΣΕΑ μπορεί να είναι μια αποτελεσματική τεχνική για την εκτίμηση της κατανόησης εννοιών οργανικής χημείας. Το γεγονός ότι ορισμένα ερωτήματα ΣΕΑ φόρτισαν και στους δύο παράγοντες είναι θεωρητικά αποδεκτό. Η επιφανειακή και η μάθηση με κατανόηση δεν είναι αμοιβαία

αποκλειόμενες διαδικασίες. Είναι μέρη του ίδιου συνεχούς και κάποιες φορές μπορεί να συμβαίνουν και ταυτόχρονα (Ausubel 1963).

Όσον αφορά στις κλασικές αντικειμενικές ερωτήσεις, τα αποτελέσματα ήταν για τις περισσότερες σύμφωνα με τις υποθέσεις μας. Μια πιθανή εξήγηση για τις μη αναμενόμενες φορτίσεις κάποιων ερωτήσεων ανάκλησης στον παράγοντα «κατανόηση», είναι ότι αυτές οι ερωτήσεις σχετίζονται με το συμβολικό επίπεδο της χημείας, το οποίο παραδοσιακά οι μαθητές δυσκολεύονται και να κατανοήσουν και να απομνημονεύσουν. Συνολικά, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι κλασικές αντικειμενικές ερωτήσεις που απαιτούν γνωστικές ικανότητες πέρα από την απλή ανάκληση γνώσης, όπως να εξηγηθεί μια απάντηση ή να γίνουν αποτελεσματικές συνδέσεις μεταξύ των εννοιών, φαίνονται, επίσης, ικανές να αξιολογήσουν την κατανόηση.

Βασιζόμενοι στα αποτελέσματα της ανάλυσης παραγόντων στο μετά-τεστ, θεωρήσαμε ότι οι αθροισμένες βαθμολογίες στα ερωτήματα που είχαν μεγαλύτερες φορτίσεις στον παράγοντα «κατανόηση» αποτελούν μέτρο της κατανόησης των μαθητών. Από την άλλη πλευρά, οι αθροισμένες βαθμολογίες στα ερωτήματα που είχαν μεγαλύτερες φορτίσεις στον παράγοντα «ανάκληση γνώσης» είναι μέτρο της επιφανειακής μάθησης αυτών. Η κλίμακα βαθμολόγησης ήταν από 0 μέχρι 42 για τις ερωτήσεις «κατανόησης» και από 0 έως 4 για τις ερωτήσεις «ανάκλησης γνώσης». Στο Σχήμα 1 φαίνονται οι ερωτήσεις ΣΕΑ: Β7α-δ του μετά-τεστ που συμπεριλήφθηκαν στις ερωτήσεις «κατανόησης» και μια ερώτηση πολλαπλής επιλογής (Β1α) που συμπεριλήφθηκε στις ερωτήσεις «ανάκλησης γνώσης».



Σχήμα 1: Δυο χαρακτηριστικές ερωτήσεις του μετά-τεστ.

Αξιολόγηση των κλιμάκων «Οπτικό-Λεκτικό» και «Σειριακό-Σφαιρικό» μαθησιακό στυλ του ΔΜΣ

Ο συντελεστής συνάφειας του Pearson για τις δύο κλίμακες βρέθηκε r = -0,08, δείχνοντας την ορθογωνικότητα των κλιμάκων. Ο δείκτης *a* του Cronbach βρέθηκε 0,55 για την κλίμακα «Οπτικό-Λεκτικό» και 0,53 για την κλίμακα «Σειριακό-Σφαιρικό». Οι τιμές

αυτές είναι οριακά αποδεκτές Οι συνάφειες της βαθμολογίας της κάθε ερώτησης με τη συνολική έδειξαν ότι κάποια ερωτήματα δεν συνεισέφεραν στην εγκυρότητα των κλιμάκων ($r < 0,20$). Μια ανάλυση κύριων συνιστωσών οδήγησε σε ένα παραγοντικό μοντέλο το οποίο δε μπορούσε να ερμηνεύσει τη θεωρία με οικονομία και σταθερότητα. Περαιτέρω αναλύσεις έδειξαν ότι η απομάκρυνση έξι προβληματικών ερωτημάτων από κάθε κλίμακα βελτίωσε τις ψυχομετρικές ιδιότητες των κλιμάκων. Μια διπαραγοντική ανάλυση κύριων συνιστωσών με τα εναπομείναντα δέκα ερωτήματα οδήγησε σε ένα μοντέλο, στο οποίο όλα τα ερωτήματα που θεωρητικά σχετίζονταν με την αντίστοιχη κλίμακα φόρτιζαν σε έναν παράγοντα. Έτσι, φάνηκε ότι οι δύο 5-ερωτημάτων κλίμακες είναι πολύ καλά ορισμένες. Επιπλέον, ένα ικανοποιητικό ποσοστό της διακύμανσης (40%) ερμηνεύθηκε από το μοντέλο αυτό. Όλες οι στατιστικές αναλύσεις που ακολούθησαν πραγματοποιήθηκαν με αυτές τις δύο κλίμακες, δίνοντας ένα βαθμό στις "α" απαντήσεις του κάθε ερωτήματος, ώστε οι βαθμολογίες σε κάθε κλίμακα να κυμαίνονται από 0 μέχρι 5. Βαθμοί από 3 μέχρι 5 δείχνουν προτίμηση για τον πρώτο πόλο της κλίμακας («Οπτικό» ή «Σειριακό»), ενώ από 0 έως 2 δείχνουν προτίμηση για το δεύτερο πόλο («Λεκτικό» ή «Σφαιρικό»). Οι βαθμολογίες των μαθητών στις δύο κλίμακες του ΔΜΣ έδειξαν μια επικράτηση του «Σειριακού» ($M = 3,18$, $SD = 1,41$) και του «Οπτικού» ($M = 2,90$, $SD = 1,57$) μαθησιακού στυλ.

Για τον έλεγχο της διαχωριστικής εγκυρότητας, οι μαθητές ταξινομήθηκαν σύμφωνα με την κατεύθυνση που είχαν επιλέξει. Εβδομήντα από τους 91 μαθητές είχαν επιλέξει τη θετική/τεχνολογική κατεύθυνση, ενώ 21 μαθητές είχαν επιλέξει τη θεωρητική κατεύθυνση. Το 57% των μαθητών της θεωρητικής κατεύθυνσης και το 37% αυτών της θετικής/τεχνολογικής κατεύθυνσης είχαν «Λεκτικό» μαθησιακό στυλ. Επιπλέον, το 86% των μαθητών της θεωρητικής και το 66% των μαθητών της θετικής/τεχνολογικής κατεύθυνσης είχαν «Σειριακό» στυλ. Δύο t-τεστ ανεξάρτητων δειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν για να ελέγξουμε αν υπάρχουν διαφορές στα μαθησιακά στυλ των μαθητών διαφορετικών κατευθύνσεων. Το κριτήριο στατιστικής σημαντικότητας $p < 0,05$ χρησιμοποιήθηκε στην ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι μαθητές της θεωρητικής κατεύθυνσης ήταν με στατιστικά σημαντική διαφορά ($t = -2.028$, $p = 0,046$, $df = 89$, $d = 0,48$) πιο «Σειριακοί» ($M = 3,71$) σε σχέση με τους μαθητές της θετικής/τεχνολογικής κατεύθυνσης ($M = 3,01$). Από την άλλη πλευρά, οι μαθητές της θετικής/τεχνολογικής κατεύθυνσης ήταν περισσότερο «Οπτικοί» ($M = 3,07$) σε σύγκριση με αυτούς της θεωρητικής ($M = 2,33$), αν και αυτή η διαφορά ήταν οριακά μη σημαντική στατιστικά ($t = 1.926$, $p = 0,059$, $df = 89$). Όλα αυτά δείχνουν μια μεγαλύτερη τάση των μαθητών της θετικής/τεχνολογικής κατεύθυνσης προς μια «Σφαιρική» και «Οπτική» προσέγγιση στη μάθηση, σε σύγκριση με τους μαθητές της θεωρητικής κατεύθυνσης. Συνολικά, αυτά τα αποτελέσματα υποστηρίζουν τη διαχωριστική εγκυρότητα των δυο 5-ερωτημάτων κλιμάκων του ΔΜΣ.

Σχέσεις ανάμεσα στην κατανόηση των μαθητών και τη σχετική προϋπάρχουσα γνώση τους και τα μαθησιακά τους στυλ

Τα αποτελέσματα της βηματικής πολλαπλής παλινδρόμησης (Πίνακας 3) έδειξαν ότι η σχετική προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών, όπως υπολογίστηκε από τις βαθμολογίες στο προ-τεστ, καθώς και τα μαθησιακά τους στυλ, όπως προσδιορίστηκαν από τις δύο 5-ερωτημάτων κλίμακες του ΔΜΣ, μπορούν να προβλέψουν τις επιδόσεις τους στις ερωτήσεις «κατανόησης» του μετά-τεστ. Η προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών και το «Οπτικό-Λεκτικό» στυλ τους προέβλεψαν με στατιστική σημαντικότητα τις επιδόσεις τους στις ερωτήσεις «κατανόησης», με το μεγαλύτερο ποσοστό της διακύμανσης (68%) να το εξηγεί η προϋπάρχουσα γνώση και πολύ μικρότερο (3%) το μαθησιακό στυλ. Μια δεύτερη πολλαπλή παλινδρόμηση εφαρμόστηκε, με εξαρτημένη μεταβλητή τις επιδόσεις των μαθητών στις ερωτήσεις «ανάκλησης γνώσης» του μετά-τεστ. Σε αυτήν την περίπτωση, μόνο η

προϋπάρχουσα γνώση προέβλεψε με στατιστική σημαντικότητα το 31% της διακύμανσης της βαθμολογίας στις ερωτήσεις «ανάκλησης γνώσης» και αυτή είναι μια μεγάλη επίδραση.

Πίνακας 3: Βηματική πολλαπλή παλινδρόμηση χρησιμοποιώντας τις βαθμολογίες στο προ-τεστ και στις δύο κλίμακες του ΔΜΣ για την ερμηνεία των βαθμολογιών στις ερωτήσεις «κατανόησης» και «ανάκλησης γνώσης» του μετά-τεστ (N = 91).

Μετά-τεστ	Ανεξάρτητες Μεταβλητές	*B*	Τυπικό Σφάλμα του *B*	β
Ερωτήσεις «κατανόησης»	Προ-τεστ	0,889	0,062	0,828***
	«Οπτικό-Λεκτικό» στυλ	1,177	0,410	0,166**
	«Σειριακό-Σφαιρικό» στυλ	-0,502	0,456	-0,063
Ερωτήσεις «ανάκλησης γνώσης»	Προ-τεστ	0,060	0,010	0,558***
	«Οπτικό-Λεκτικό» στυλ	0,020	0,063	0,028
	«Σειριακό-Σφαιρικό» στυλ	-0,003	0,070	-0,004

**$p < 0,01$. ***$p < 0,001$.

Συνολικά, τα αποτελέσματα αυτά είναι σε συμφωνία με τον ισχυρισμό του Ausubel (1963) ότι η σχετική προϋπάρχουσα γνώση είναι το πιο σημαντικό κριτήριο για να επιτευχθεί μάθηση με κατανόηση. Η διακύμανση της βαθμολογίας στις ερωτήσεις «κατανόησης» που ερμηνεύθηκε από την κλίμακα «Οπτικό-Λεκτικό» μαθησιακό στυλ ήταν χαμηλή. Ωστόσο, το μέγεθος του δείγματος (N = 91) ήταν σχετικά μικρό, μειώνοντας τις πιθανότητες να βρεθούν στατιστικά σημαντικά αποτελέσματα και κάνοντας έτσι τα αποτελέσματα πιο αυθεντικά. Από την άλλη πλευρά, δε βρέθηκε κάποια σχέση μεταξύ της κλίμακας «Σειριακό-Σφαιρικό» μαθησιακό στυλ και της κατανόησης εννοιών οργανικής χημείας.

Συμπεράσματα

Το σχήμα ΣΕΑ και οι κατάλληλα σχεδιασμένες αντικειμενικές ερωτήσεις μπορούν να ανιχνεύσουν την κατανόηση εννοιών οργανικής χημείας. Το ενδιαφέρον πρέπει να επικεντρωθεί στην αξιολόγηση γνωστικών δεξιοτήτων πέρα από την ανάκληση γνώσης, όπως είναι η διασύνδεση των εννοιών για την οικοδόμηση εννοιολογικών ολοτήτων, η μεταφορά της γνώσης για την επίλυση νέων προβλημάτων ή η εξήγηση της απάντησης που θα δοθεί σε ένα ερώτημα. Σχετικά με το ερωτηματολόγιο ΔΜΣ, οι ψυχομετρικές ιδιότητες των κλιμάκων του «Οπτικό-Λεκτικό» και «Σειριακό-Σφαιρικό» στυλ, που μελετήθηκαν για πρώτη φορά σε δείγμα μαθητών λυκείου, δεν ήταν ικανοποιητικές. Φαίνεται ότι περαιτέρω αξιολόγηση και πιθανόν αναμόρφωση των κλιμάκων του ΔΜΣ θα χρειαστεί, προκειμένου το εργαλείο αυτό να προσδιορίζει με ικανοποιητική εγκυρότητα και αξιοπιστία τα μαθησιακά στυλ.

Η σχετική προϋπάρχουσα γνώση σχετίστηκε μοναδικά με την κατανόηση εννοιών οργανικής χημείας. Η έλλειψη σχετικής προϋπάρχουσας γνώσης καθιστά τη διασύνδεση της νέας γνώσης με την υπάρχουσα γνωστική δομή αδύνατη, δυσχεραίνοντας την προσπάθεια των μαθητών να κατανοήσουν σε βάθος τη διδασκόμενη ύλη. Έτσι, αυξάνεται η πιθανότητα οι μαθητές να υιοθετήσουν μια επιφανειακή προσέγγιση στη μάθηση. Ένα πρόγραμμα σπουδών με έμφαση στην ανάπτυξη της συστημικής σκέψης, ίσως θα ενεργοποιούσε περισσότερο την προϋπάρχουσα γνώση των μαθητών και θα ήταν πιο ισορροπημένο σε σχέση με τα μαθησιακά τους στυλ, ενισχύοντας έτσι την κατανόηση. Τα αποτελέσματα αυτής της μελέτης παρέχουν ενδείξεις ότι η συστημική σκέψη και η κατανόηση των εννοιών των φυσικών επιστημών συσχετίζονται. Οι μαθητές της θετικής/τεχνολογικής κατεύθυνσης, που είναι πιο εξοικειωμένοι με τις έννοιες των φυσικών επιστημών σε σχέση με τους μαθητές της θεωρητικής κατεύθυνσης, έδειξαν μεγαλύτερη τάση προς τα μαθησιακά στυλ «Σφαιρικό» και «Οπτικό» από τους μαθητές της θεωρητικής κατεύθυνσης. Θεωρητικά, αυτά τα δυο στυλ σχετίζονται περισσότερο με τη συστημική σκέψη. Επιπλέον, βρέθηκε μια στατιστικά

σημαντική σχέση μεταξύ της κλίμακας «Οπτικό-Λεκτικό» στυλ και της κατανόησης. Εν τούτοις, ένα μικρό μόνο ποσοστό της διακύμανσης ερμηνεύθηκε. Αυτό το αποτέλεσμα δείχνει μια σχετικά μικρή επίδραση αυτής της διάστασης των μαθησιακών στυλ στην κατανόηση εννοιών οργανικής χημείας, τουλάχιστον στο δείγμα της παρούσας μελέτης. Επίσης, το σχήμα ΣΕΑ, που προάγει την ανάπτυξη της συστημικής σκέψης, φάνηκε ότι μπορεί να εκτιμήσει αποτελεσματικά την κατανόηση των επιστημονικών εννοιών. Επιπλέον, δε βρέθηκε κάποια σχέση μεταξύ της κλίμακας «Διαδοχικό-Σφαιρικό» στυλ και της κατανόησης. Ωστόσο, ο αριθμός των μαθητών με «Σφαιρικό» στυλ ήταν μικρός στο δείγμα μας (n = 24). Έτσι, περαιτέρω έρευνα με μεγαλύτερα δείγματα φαίνεται απαραίτητη, ώστε να αποσαφηνιστεί πλήρως η σχέση μεταξύ των μαθησιακών στυλ και της κατανόησης.

Βιβλιογραφία

Ausubel, D.P. (1963). The psychology of meaningful verbal learning. Grune & Stratton: New York.

Ausubel, D.P. (1968). Educational psychology: A cognitive view. New York: Holt, Reinhard and Winston.

Cabrera, D.A. (2006). Systems thinking. Doctoral dissertation, Cornell University. Dissertation Abstracts International-A, 67, 303.

Cavallo, A.M.L. & Schafer, L.E. (1994). Relationships between students' meaningful learning orientation and their understanding of genetics topics. Journal of Research in Science Teaching, 31, 393-418.

Fahmy, A.F.M. & Lagowski, J.J. (2004). Using Satl techniques to assess student achievement. Proceedings of the 18th International Conference on Chemical Education, Istanbul, Turkey.

Fahmy, A.F.M. & Lagowski, J.J. (2007/2008). Systemic multiple choice questions in chemistry. Chemical Education International, 8, 1. Διαθέσιμο στο http://old.iupac.org/publications/cei/vol8/0801xFahmy.pdf

Felder, R.M. & Silverman, L.K. (1988). Learning and teaching styles in engineering education. Engineering Education, 78(7), 674-681.

Forrest, J. (2008). A response to paper "Systems Thinking" by D. Cabrera et al.: Additional thoughts on systems thinking. Discussion / Evaluation and Program Planning, 31, 333-334.

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. (2002). Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. Science Education, 86, 548-571.

Novak, J.D., Mintzes, J.J. & Wandersee, J.H. (2000). Epilogue: On ways of assessing science understanding. In J.J. Mintzes, J.H. Wandersee, & J.D. Novak (Eds.), Assessing science understanding. A human constructivist view (pp. 355-374). San Diego, CA: Academic Press.

Robinson, W.R. & Nurrenbern, S.C. (2009). Conceptual Questions (CQs). Διαθέσιμο στο http://jchemed.chem.wisc.edu/JCEDLib/QBank/collection/CQandChP/CQs/TieredCQs.html

Soloman, B.A. & Felder, R.M. (1996). Index of learning styles questionnaire. North Carolina State University. (12 Σεπτεμβρίου 2010). Διαθέσιμο στο http://www.engr.ncsu.edu/learningstyles/ilsweb.html

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 (pp. 71-93). San Diego, CA: Academic Press.

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.