

ΔΙΑΔΡΑΣΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΟΥΣ ΟΔΗΓΟΥΣ ΣΤΟ ΜΑΘΗΜΑ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΣΤΟ ΕΜΠ

Κ. Δαλακώστα^{1,2*}, Ε. Α. Παυλάτου¹

¹Σχολή Χημικών Μηχανικών, Τομέας Χημικών Επιστημών, Εργαστήριο Γενικής Χημείας ΕΜΠ, Αθήνα

²Ίδρυμα Κρατικών Υποτροφιών «ΙΚΥ», Αθήνα

(*cdal@chemeng.ntua.gr)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία μελετά τον τρόπο με τον οποίο αναδομείται η επιστημονική γνώση των προπτυχιακών φοιτητών πάνω σε βασικές έννοιες της Ανόργανης Χημείας, που διδάσκονται σε τρεις σχολές του ΕΜΠ, βελτιώνοντας τη μαθησιακή τους διαδικασία αλλά και διορθώνοντας παρανοήσεις τους ή και λανθασμένες αντιλήψεις τους. Γι' αυτό τον σκοπό κατασκευάστηκε διαδραστική εφαρμογή βασισμένη στη συνδυαστική χρήση των διαδραστικών cartoons (ως ψηφιακών οδηγών) και των τρισδιάστατων απεικονίσεων. Επιλέχθηκαν συγκεκριμένες έννοιες από το μάθημα της Ανόργανης Χημείας βάσει των οποίων έγινε έρευνα στη Σχολή Χημικών Μηχανικών, Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών και στη ΣΕΜΦΕ, του ΕΜΠ. Κατασκευάστηκαν ιστοχώροι, στους οποίους ενσωματώθηκαν «ψηφιακοί βοηθοί» cartoons (τύπου avatar όπως η Curie, ο Einstein, ο Darwin) στο εκπαιδευτικό υλικό, οι οποίοι μπορούν να διευκολύνουν την παρουσίαση και μελέτη δυσνόητων εννοιών από τον μικρόκοσμο, με το να δίνουν έμφαση, να περιγράφουν ή και να επεξηγούν σημεία γνωστικού ενδιαφέροντος. Η κατασκευή του εκπαιδευτικού υλικού εστίασε σε έννοιες που οι τρισδιάστατες απεικονίσεις μέσω της ενεργής συμμετοχής του φοιτητή συνεισφέρουν ουσιαστικά από γνωστικής πλευράς, στην κατανόηση και μελέτη των κρυσταλλικών στερεών, μοναδιαίων κυψελίδων, μεταλλικών - ιοντικών - ομοιοπολικού πλέγματος στερεών, ατομικών τροχιακών, υβριδισμού κ.α. Όλες οι τρισδιάστατες απεικονίσεις έχουν δυνατότητες περιστροφής, μεγέθυνσης, σμίκρυνσης δομών. Πραγματοποιήθηκε έρευνα, με χρήση δύο ερωτηματολογίων ένα για τη θεματική ενότητα «Στερεά και Κρυσταλλικές δομές» και ένα για τη θεματική ενότητα «Ατομικά τροχιακά-Θεωρία VSEPR και Θεωρία Δεσμού Σθένους-Υβριδισμός». Τα αποτελέσματα της έρευνας ήταν ενθαρρυντικά καθώς αποτυπώθηκε από τους ίδιους τους φοιτητές η άποψη ότι ουσιαστικά βοηθήθηκαν από τη χρήση του υλικού, το οποίο τρέχει χωρίς plug ins στους περισσότερους φυλλομετρητές. Τα υψηλά ποσοστά των ορθών απαντήσεων τους, επιβεβαίωσε το συμπέρασμα ότι από διδακτική πλευρά αλλά και γνωστική πλευρά, η ενεργός συμμετοχή των φοιτητών στη μαθησιακή τους διαδικασία, ακολουθώντας έναν κύκλο που περιλαμβάνει την εκμάθηση-κατανόηση-οπτικοποίηση εννοιών από το υπομικροσκοπικό επίπεδο, τους κατεύθυνε τελικά στην επιστημονικά ορθή αναδόμηση της γνώσης τους.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για την εκπαιδευτική κοινότητα στον χώρο της τριτοβάθμιας εκπαίδευσης και ειδικότερα στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, η διδασκαλία, μελέτη και κατανόηση βασικών εννοιών Χημείας, αποτελεί μια εκπαιδευτική και παιδαγωγική πρόκληση. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός, ότι το γνωστικό επίπεδο των προπτυχιακών φοιτητών απαιτείται να συμπεριλαμβάνει την κατανόηση εννοιών που σχετίζονται με το μικροσκοπικό επίπεδο, μια ιδιαίτερως απαιτητική γνωστική διαδικασία. Δηλαδή, πρέπει να είναι ικανοί να οπτικοποιήσουν τα 3D μοντέλα (σε σχέση με τη γεωμετρική τους διάταξη), να κατανοήσουν και να ανασυνθέσουν τις αρχές που καθορίζουν τη χωροταξική τους διεύθυνση, αλλά και να αναπροσαρμόσουν την ικανότητά τους, να κάνουν τις κατάλληλες συνδέσεις και να συνειδητοποιήσουν πώς οι αρχές αυτές επηρεάζουν τις χωρικές διατάξεις ^[1].

Ειδικά στον τομέα της Χημείας αλλά και Μηχανικής κατά επέκταση, οι έννοιες Χημείας που

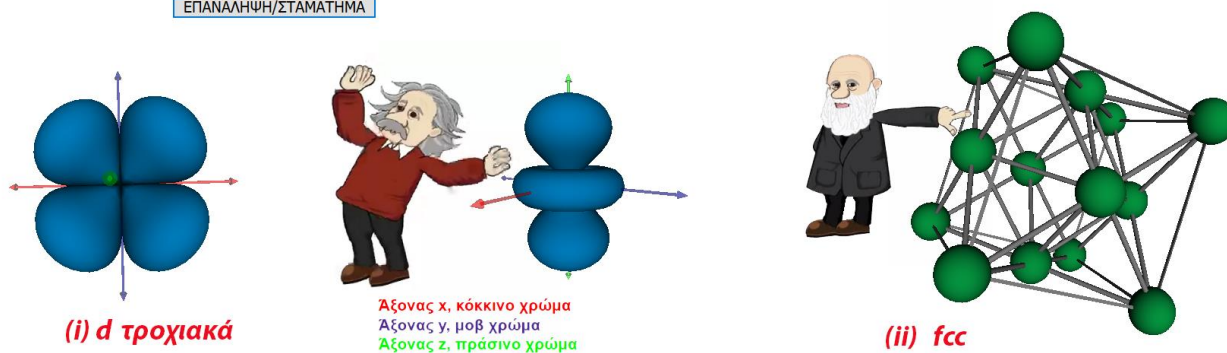
σχετίζονται με τον μικρόκοσμο μπορούν να προβληθούν πιο αποτελεσματικά μόνο με τρισδιάστατες (3D) απεικονίσεις, καθώς χαρακτηρίζονται από υψηλού γνωστικού επιπέδου μαθησιακή διαδικασία. Αυτή η βασική αρχή υποστηρίζεται από ευρήματα μελετητών^[2,3], οι οποίοι ανέπτυξαν επιτυχώς και εφάρμοσαν μεθόδους διδασκαλίας σε μαθήματα μηχανικής για να βοηθήσουν τους φοιτητές να βελτιώσουν την ικανότητά τους να απεικονίσουν μοντέλα σε τρεις διαστάσεις και κατά επέκταση το γνωστικό τους αποτέλεσμα. Επίσης, χρησιμοποίησαν δείγμα φοιτητών χωρίς προηγούμενη γνώση στο αντικείμενο της οργανικής χημείας, μελέτησαν την αποτελεσματικότητα εικονικών και συγκεκριμένων μοντέλων για την ευθυγράμμιση και την παραγωγή πολλαπλών αναπαραστάσεων στη στερεοχημεία. Τα ευρήματα της έρευνάς τους, επιβεβαίωσαν την αντίληψη ότι τα τρισδιάστατα μοντέλα είναι πιο χρήσιμα από τα απλά μοντέλα, και μπορούν να είναι πιο αποτελεσματικά στην υποστήριξη της μαθησιακής τους διαδικασίας. Επιπλέον, αξιολογήθηκε με θετικά αποτελέσματα μια τρισδιάστατη διεπαφή χρήστη με επαυξημένη πραγματικότητα, προκειμένου να ενισχυθεί και να μελετηθεί η κατανόηση της 3D μοριακής απεικόνισης μοντέλων Χημείας^[4].

Σε αυτού του είδους την απαιτητική μαθησιακή διαδικασία που περιλαμβάνει την κατανόηση των εννοιών Χημείας, οι οποίες συνδυάζουν το μικροσκοπικό επίπεδο με τη συμβολική γλώσσα, οι «ψηφιακοί οδηγοί» φέρεται να λειτουργούν ως αποτελεσματικοί δίαυλοι επικοινωνίας. Οι "ψηφιακοί βοηθοί», οι οποίοι μπορεί να είναι άνθρωποι χαρακτήρες ή να φέρουν ανθρωπόμορφα χαρακτηριστικά και να συνοδεύονται από ήχο, ή να έχουν την μορφή cartoons «κινουμένων σχεδίων», μπορούν να χαρακτηριστούν και να λειτουργήσουν ως έξυπνοι βοηθοί, αξιολογητές, παιδαγωγοί, σύμβουλοι και ειδικοί όσον αφορά το θεματικό τομέα στο οποίον απευθύνονται^[5]. Τα τελευταία χρόνια τα cartoons, έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως στις Φυσικές Επιστήμες σε όλες τις βαθμίδες εκπαίδευσης^[6,7], δεδομένου ότι έχουν τη δυνατότητα να απευθύνονται σε ένα θέμα ακόμη και επιστημονικό, χωρίς σημασιολογικές ασάφειες. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν μελέτες που αναλύουν τη συνεισφορά τους σε επίπεδο έρευνας στον τομέα της κλωνοποίησης και βλαστοκυττάρων^[8] και της Νανοτεχνολογίας^[9]. Επίσης υπάρχει έρευνα που επικυρώνει την αποτελεσματικότητα των manga cartoons αναφορικά με την εκπαίδευση των φοιτητών σχετικά με τα μέτρα ασφάλειας που πρέπει να τηρούνται σε εργαστήριο Χημείας^[10]. Επιπρόσθετα η αξιολόγηση από τους φοιτητές ενός εργαλείου ηλεκτρονικής μάθησης των αντιδράσεων καταβύθισης με έναν δάσκαλο χημείας cartoon "Dr. NRG" που τους κατεύθυνε να διερευνήσουν τη φύση των αντιδράσεων καταβύθισης, τους οδήγησε στη διαπίστωση της αποτελεσματικότητας της χρήσης cartoon στη μαθησιακή του διαδικασία^[11].

ΔΙΑΔΡΑΣΤΙΚΗ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΜΕ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΕΣ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΨΗΦΙΑΚΟΥΣ ΟΔΗΓΟΥΣ

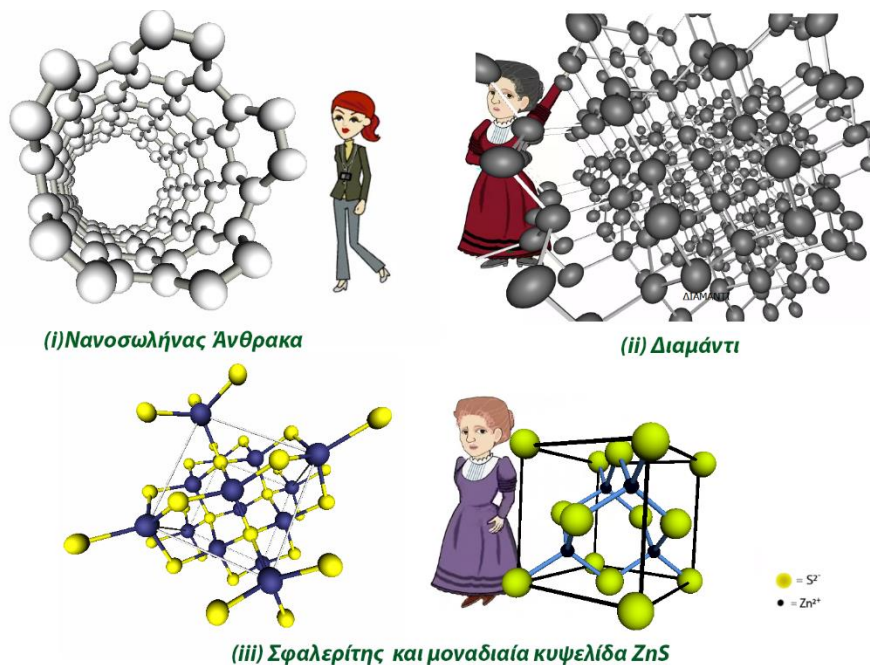
Στην εργασία αυτή η κατασκευή της διαδραστικής εφαρμογής έγινε κατά τέτοιο τρόπο έτσι ώστε να τρέχει σε όλα τα λειτουργικά και στους περισσότερους φυλλομετρητές αναφορικά ως προς τα τρισδιάστατα, σε κώδικα three.js. Σκοπίμως επιλέχθηκαν οι τρισδιάστατες απεικονίσεις να αναπαριστάνουν έννοιες συνυφασμένες με τον μικρόκοσμο, όπου σε συνδυασμό με τη δυνατότητα που παρέχουν στον φοιτητή μέσω της ενεργής συμμετοχής του, συνεισφέρουν ουσιαστικά από γνωστικής πλευράς, στην κατανόηση και μελέτη των κρυσταλλικών στερεών, μοναδιαίων κυψελίδων, μεταλλικών - ιοντικών - ομοιοπολικού πλέγματος στερεών, των νανοσωματίδιων άνθρακα αλλά και βασικών εννοιών όπως ατομικά τροχιακά και υβριδισμός. Όλες οι τρισδιάστατες απεικονίσεις έχουν πλήρεις δυνατότητες περιστροφής, μεγέθυνσης, σμίκρυνσης δομών, όπως ενδεικτικά φαίνεται στα παραδείγματα της fcc δομής και των d ατομικών τροχιακών (Σχήμα 1), καθώς και του σουλφιδίου του ψευδαργύρου (ZnS), καθώς και του νανοσωλήνα άνθρακα και του διαμαντιού (Σχήμα 2).

ΕΠΑΝΑΛΗΨΗ/ΣΤΑΜΑΤΗΜΑ



Σχήμα 1. 3D Απεικονίσεις των *d* τροχιακών και της *fcc* μοναδιαίας κυψελίδας

Σύμφωνα με τα βιβλιογραφικά δεδομένα λόγω της αποδεδειγμένης εκπαιδευτικής τους συνεισφοράς στη μαθησιακή διαδικασία, επιλέχθηκαν και σχεδιάστηκαν «ψηφιακοί οδηγοί» σε μορφή cartoons (τύπου avatar). Τα cartoons είναι ευρέως αποδεκτά καθώς τα επεξεργάζονται εύκολα παιδιά και ενήλικες, διότι είναι φιλικές φιγούρες και μεταφέρουν εύκολα μηνύματα αφού χαρακτηρίζονται ως “easy on the eye and easy on the brain”. Για την κατασκευή τους χρησιμοποιήθηκαν προγράμματα που εφαρμόζουν τρισδιάστατες κινήσεις σε δισδιάστατους χαρακτήρες, προσδίδοντάς τους ελευθερία κινήσεων και ρεαλιστικότητα ταυτόχρονα, αλλά και αυτονομία ως προς τη λειτουργία τους. Μάλιστα οι «ψηφιακοί οδηγοί» σε μορφή cartoons, όπως των επιστημόνων Einstein, Δαρβίνου και Curie, (Σχήμ.1, 2), κατασκευάστηκαν με τη δυνατότητα να απεικονίζεται το cartoon στην ίδια οθόνη με την τρισδιάστατη απεικόνιση της κρυσταλλικής δομής ή του τροχιακού, έτσι ώστε να «τρέχουν» το ένα πάνω στο άλλο, δηλαδή το cartoon με την κίνηση και την αντίστοιχη ηχογράφηση πίσω από την τρισδιάστατη απεικόνιση (την οποία μπορεί ο φοιτητής κατά βούληση να την περιστρέψει και να αλλάξει το μέγεθος της).



Σχήμα 2. Δομή του Νανοσωλήνα τα άνθρακα και του Διαμαντιού, καθώς και της μοναδιαίας κυψελίδας του κυβικού ZnS και του ορυκτού σφαλερίτη.

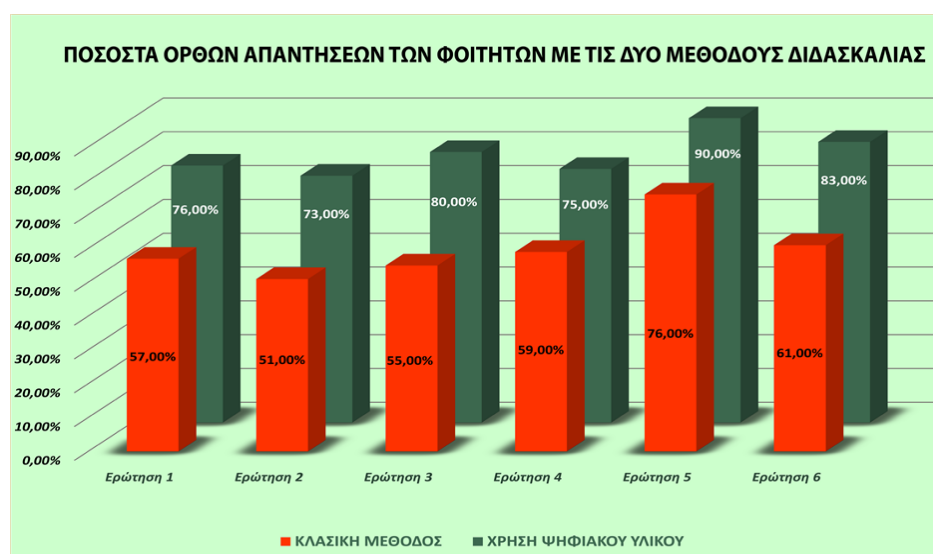
ΕΡΕΥΝΑ ΚΑΙ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά τα ακαδημαϊκά έτη 2017-2018 και 2018-2019 στο ΕΜΠ, στο προπτυχιακό μάθημα «Ανόργανη Χημεία» και “Χημεία”. Στην έρευνα συμμετείχαν φοιτητές από τη Σχολή Χημικών Μηχανικών, τη Σχολή Μηχανολόγων Μηχανικών και τη Σχολή Εφαρμοσμένων

Μαθηματικών και Φυσικών Επιστήμων. Η έρευνα εστίασε στις θεματικές ενότητες «Στερεά και Κρυσταλλικές δομές» και «Ατομικά τροχιακά-Θεωρία VSEPR και Θεωρία Δεσμού Σθένους-Υβριδισμός». Χρησιμοποιήθηκαν δυο ερωτηματολόγια γνωστικού περιεχομένου, ένα για την καθεμία θεματική ενότητα. Συνολικά συμμετείχαν 348 φοιτητές, όπου 151 φοιτητές αξιολογήθηκαν πάνω στις έννοιες «Στερεά και Κρυσταλλικές δομές» και 197 στα «Ατομικά τροχιακά-Θεωρία VSEPR και Θεωρία Δεσμού Σθένους-Υβριδισμός». Χρησιμοποιήθηκαν δυο διαφορετικές μέθοδοι διδασκαλίας: η κλασική μέθοδος διδασκαλίας και η προσαρμοσμένη στη χρήση της διαδραστικής εφαρμογής. Στην κλασική μέθοδο διδασκαλίας κλήθηκαν κάποια τμήματα φοιτητών να συμπληρώσουν το αντίστοιχο ερωτηματολόγιο, μετά τη διδασκαλία των αντίστοιχων θεματικών ενοτήτων που έγινε από τους καθηγητές τους. Στη προσαρμοσμένη διδασκαλία, διαφορετικά τμήματα φοιτητών διδάχθηκαν τις θεματικές ενότητες από τους καθηγητές τους με παράλληλη χρήση της διαδραστικής εφαρμογής. Παράλληλα τους δόθηκε χρόνος να επεξεργαστούν το υλικό όπως προτιμούσαν οι ίδιοι, προκειμένου να περιστρέψουν, να ελαχιστοποιήσουν ή να μεγιστοποιήσουν τις 3D δομές με τον τρόπο που ήθελαν να τις μελετήσουν ή να ακούσουν την αφήγηση του ψηφιακού οδηγού. Μετά κλήθηκαν να συμπληρώσουν τα ίδια ερωτηματολόγια.

Κατόπιν στα «Στερεά και Κρυσταλλικές δομές» έγινε προέλεγχος και κυρίως έρευνα. Αφού έγιναν όλες οι απαραίτητες διορθώσεις μετά τον προέλεγχο, στην κυρίως έρευνα βρέθηκε η τιμή του Cronbach's Alpha $> 0,720$ (και στις δυο μεθόδους διδασκαλίας), και ο συσχετισμός του Pearson (Total Item Correlation) μεταξύ των ερωτήσεων βρέθηκε για όλες τις ερωτήσεις, και στις δύο μεθόδους, μεγαλύτερος από 0,4 ^[12]. Έγινε έλεγχος με τη χρήση των Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk test, παρατηρήθηκε μη κανονική κατανομή και γι' αυτό επιλέχθηκε ένα μη παραμετρικό τεστ το Mann-Whitney U Test. Το Mann-Whitney U test έδωσε: $U=3692.500$, $N1=49$, $N2=102$, $p=0.000 < 0.05$. Άρα, από τη σύγκριση των δύο μεθόδων παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά. Υπολογίσθηκε ο μέσος όρος των σωστών απαντήσεων των φοιτητών (μ): για τη μέθοδο με τη χρήση τρισδιάστατων απεικονίσεων και ψηφιακών οδηγιών $\mu_{\text{διαδραστικής εφαρμογής}} = 80.6\%$ και για την κλασική μέθοδο $\mu_{\text{κλασικό}} = 59.9\%$, (δείκτης εμπιστοσύνης 95%).

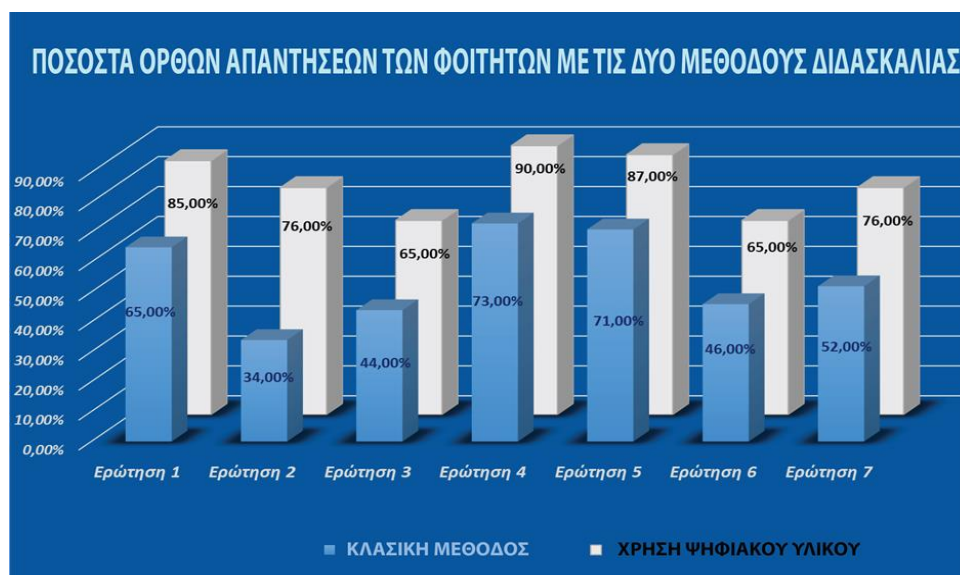
Στην περίπτωση διδασκαλίας με χρήση διαδραστικής εφαρμογής βρέθηκε ότι το ποσοστό των φοιτητών που απάντησαν σωστά σε κάθε ερώτηση είναι υψηλότερο σε σχέση με την κλασική μέθοδο διδασκαλίας (Σχήμα 3).



Σχήμα 3. Ποσοστά ορθών απαντήσεων των φοιτητών και στις τρεις Σχολές του ΕΜΠ στη θεματική ενότητα «Στερεά-Κρυσταλλικές δομές»

Ομοίως στα «Ατομικά τροχιακά-Υβριδισμός-VSEPR-Θεωρία Δεσμού σθένους» έγινε πάλι προέλεγχος και κυρίως έρευνα. Αφού έγιναν όλες οι απαραίτητες διορθώσεις μετά τον προέλεγχο,

στην κυρίως έρευνα βρέθηκε η τιμή του Cronbach's Alpha $> 0,670$ (και στις δυο μεθόδους διδασκαλίας), και ο συσχετισμός του Pearson (Total Item Correlation) μεταξύ των ερωτήσεων βρέθηκε για όλες τις ερωτήσεις, και στις δύο μεθόδους, μεγαλύτερος από 0,5^[12]. Έγινε έλεγχος με τη χρήση των Kolmogorov-Smirnov και Shapiro-Wilk test, παρατηρήθηκε μη κανονική κατανομή. Συνεπώς επιλέχθηκε ένα μη παραμετρικό τεστ το Mann-Whitney U Test, με τιμές $U=7565.500$, $N1=108$, $N2=89$, $p=0.000<0.05$. Άρα, από τη σύγκριση των δύο μεθόδων παρατηρήθηκε στατιστικώς σημαντική διαφορά. Υπολογίσθηκε ο μέσος όρος των σωστών απαντήσεων των φοιτητών (μ): για τη μέθοδο με τη χρήση τρισδιάστατων απεικονίσεων και ψηφιακών οδηγών μ *διαδραστικής εφαρμογής* = 77,7% και για την κλασική μέθοδο μ *κλασικό* = 55%, (δείκτης εμπιστοσύνης 95%). Στην περίπτωση διδασκαλίας με χρήση διαδραστικής εφαρμογής βρέθηκε ότι το ποσοστό των φοιτητών που απάντησαν σωστά σε κάθε ερώτηση είναι υψηλότερο σε σχέση με την κλασική μέθοδο διδασκαλίας (Σχήμα 4).



Σχήμα 4. Ποσοστά ορθών απαντήσεων των φοιτητών και στις τρεις Σχολές στο ΕΜΠ στη θεματική ενότητα «Ατομικά τροχιακά-Υβριδισμός-VSEPR-Θεωρία Δεσμού σθένους»

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η παρούσα έρευνα εστίασε στην εύρεση και αξιολόγηση ευέλικτων εκπαιδευτικών διδακτικών πρακτικών και στρατηγικών, που ουσιαστικά βοηθούν τους φοιτητές πάνω σε βασικές έννοιες Χημείας να κατανοήσουν αλλά και να αναβαθμίσουν τα νοητικά τους μοντέλα, βασιζόμενοι στις μεταγνωστικές τους δεξιότητες και τον οπτικό ενγραμματισμό τους. Γι' αυτόν τον σκοπό κατασκευάστηκε διαδραστική εφαρμογή πλαισιωμένη με τρισδιάστατες (3D) απεικονίσεις και ψηφιακούς οδηγούς.

Η επεξεργασία των αποτελεσμάτων επιβεβαίωσε τη θετική στάση των φοιτητών έναντι των τρισδιάστατων απεικονίσεων σε συνδυασμό με τους ψηφιακούς οδηγούς. Και στις δυο θεματικές ενότητες καταγράφηκε σημαντική αύξηση του ποσοστού των ορθών απαντήσεων τους συνολικά αλλά και σε καθεμία ερώτηση ξεχωριστά και στα δυο ερωτηματολόγια (Σχήμ. 3, 4). Συγκεκριμένα, στα «Στερεά και Κρυσταλλικές δομές» συνολικά παρατηρήθηκε αύξηση της τάξεως του 20,7% και στα «Ατομικά τροχιακά-Υβριδισμός-VSEPR-VB» συνολικά 22,7%. Αυτό οφείλεται στο ότι ουσιαστικά με αυτήν την εφαρμογή οι φοιτητές βοηθήθηκαν να κατανοήσουν έννοιες Χημείας στο υπομικροσκοπικό επίπεδο, οι οποίες απαιτούν υψηλού επιπέδου χωρικές ικανότητες. Στην περίπτωση εννοιών, όπως π.χ οι μοναδιαίες κυψελίδες και κρυσταλλικές δομές, οι τρισδιάστατες απεικονίσεις τους παρείχαν τη δυνατότητα να μελετήσουν σωστά αλλά και να αναδιαρθρώσουν τα νοητικά τους μοντέλα, από μόνοι τους αυτενεργώντας. Με αυτόν τον τρόπο κατάφεραν οι ίδιοι οι φοιτητές να ελέγχουν το ρυθμό και τον τρόπο εκμάθησής τους, βοηθήθηκαν να δημιουργήσουν

τις κατάλληλες συνδέσεις από τον μικρόκοσμο στον μακρόκοσμο. Αυτό το συμπέρασμα επιβεβαιώνεται και από τους ερευνητές Al-Balushi και Al-Harthy ^[13], καθώς είναι εμφανές ότι σε ένα μάθημα με μακροσκοπικό περιεχόμενο, το μυαλό των φοιτητών περιπλανιέται λιγότερο από ότι σε ένα με υπομικροσκοπικό περιεχόμενο. Είναι εμφανές ότι στο μακροσκοπικό επίπεδο, επειδή είναι λιγότερο αφηρημένο, απαιτούνται λιγότεροι χωρικοί συλλογισμοί, και κατά συνέπεια δεν είναι τόσο απαιτητικό ως προς το γνωστικό του φορτίο. Επιπρόσθετα, για να επιτευχθεί και η περαιτέρω ελάφρυνση του γνωστικού φορτίου προτείνεται από την ακαδημαϊκή κοινότητα ^[14], η χρήση cartoons «ψηφιακών οδηγών», καθώς βιβλιογραφικά έχει επιβεβαιωθεί ότι μπορούν να λειτουργήσουν επικουρικά στο έργο του καθηγητή, επιτελώντας λειτουργίες όπως να αναπαριστούν, να δίνουν έμφαση, να τονίζουν, να δείχνουν, να περιγράφουν, να προσθέτουν, να επεκτείνουν ^[15,16]. Παράλληλα παρείχαν έναν «εναλλακτικό» τρόπο διδασκαλίας που βασίζεται και στο χιούμορ, αλλά και επιτρέπει την παρουσίαση επιστημονικών εκδοχών ή ζητημάτων, που διαφορετικά θα ήταν δύσκολο να συμπεριληφθούν σε μια αυστηρά συμβατική συζήτηση μέσα στο αμφιθέατρο.

Ολοκληρώνοντας πρέπει να τονιστεί ότι τα αποτελέσματα της έρευνας ήταν θετικά καθώς από τα υψηλά ποσοστά των ορθών απαντήσεων των φοιτητών, που χρησιμοποίησαν τη διαδραστική εφαρμογή, διαφάνηκε ότι ουσιαστικά βοηθήθηκαν σε μια τόσο απαιτητική διαδικασία γνωστικού επιπέδου. Οι συγκεκριμένες έννοιες που συχνά χαρακτηρίζονται ως πολύπλοκες και αφηρημένες, παρουσιάστηκαν με ένα «εύκολο» τρόπο, σε μια εφαρμογή που είναι προσβάσιμη ακόμα και εκτός πανεπιστημιακού χώρου (τρέχει χωρίς plug ins στους περισσότερους φυλλομετρητές). Συνεπώς, από την έρευνα διαφάνηκε πως, για να οδηγηθούν τελικά οι φοιτητές στην επιστημονικά ορθή αναδόμηση της γνώσης τους, ακολουθώντας τις γνωστικές διαδικασίες της εκμάθησης, κατανόησης και οπτικοποίησης εννοιών στο υπομικροσκοπικό επίπεδο, οφείλουν να συμμετέχουν ενεργά στη διαμόρφωση της μαθησιακή τους διαδικασία.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος της Μεταδιδακτορικής Έρευνας, της Δρ. Κων/νας Δαλακώστα που υλοποιήθηκε με υποτροφία του ΙΚΥ, η οποία χρηματοδοτείται από την πράξη «Ενίσχυση Μεταδιδακτόρων Ερευνητών/Ερευνητριών» από του πόρους του ΕΠ «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού, Εκπαίδευση και Δία Βίου Μάθηση» με άξονες προτεραιότητας 6,8,9 και συγχρηματοδοτείται από το Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο – ΕΚΤ και το ελληνικό δημόσιο».

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] C.Wang, L. H. Barrow. *Res. Sci. Educ.*, 41, (2011) 561–586.
- [2] SA. Sorby. *International Journal of Science Education*, 31 (3) (2009) 459–480.
- [3] T. Barrett, T. A. Stull, M. T. Hsu, M. Hegarty. *Computers & Education*, 81 (2015) 69-81.
- [4] P. Maier, G. Klinker. *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, 9, (2013) 80–82.
- [5] R.M. Yilmaz, E. Kilic-Cakmak. *Computers & Education*. 59 (2) (2012) 828-838.
- [6] Keogh, B., & Naylor, S. *International Journal of Science Education*, 21(4) (1999) 431–446.
- [7] K.Dalacosta, M. Kamariotaki-Paparrigopoulou, J.A, Palyvos, N., Spyrellis. *Computers & Education*, 52 (4) (2009) 741-748. 7
- [8] E.Giarelli. *Qualitative Health Research*. 16(1) (2006) 61-78.
- [9] J. Landau, C. Groscurth, L.Wright, C.Condit. *Public Understanding of Science*, 18(3) (2009) 325-337.
- [10] M.Kumasaki, T Shoji, T.Tsung-Chih Wu, K. Soontarapa, M. Arai, T. Mizutani, K. Okada, Y. Shimizu, Y.Sugano. *J. Chem. Educ.* 95 (4) (2018) 584–592.
- [11] R. M. Kelly. *J. Chem. Educ.* 93 (6) (2016) 1142–1144.
- [12] R F DeVellis. *Scale development: Theory and applications*. London: Sage Ltd, 1991.
- [13] S.M. Al-Balushi, I.S. Al-Harthy. *Chem. Educ. Res. Pract.* 16 (2015) 680–688.
- [14] M.H. Dominiczak. *Clinical Chemistry*, 63(4) (2017) 934-935.
- [15] S. Dinçer, A. Doğanay. *Practice and Theory in Systems of Education*, 10 (4) (2015) 329-348.
- [16] S. Dinçer, A. Doğanay. *Computers & Education*, 111 (2017) 74-100.