ePublishing
ΕΘΝΙΚΟ ΚΕΝΤΡΟ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗΣ
NATIONAL DOCUMENTATION CENTRE

Διεθνές Συνέδριο για την Ανοικτή & εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση

Τόμ. 9, Αρ. 6Β (2017)

Ο Σχεδιασμός της Μάθησης

Χρήση κινούμενων σχεδίων με τρισδιάστατες απεικονίσεις, για τη διδασκαλία των εννοιών των στερεών και των κρυσταλλικών δομών τους, στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση

Κωνσταντίνα (Konstadina) Αθανάσιος Δαλακώστα (Dalacosta), Ευαγγελία (Evangelia) Παυλάτου (Pavlatou)

doi: 10.12681/icodl.1093

https://epublishing.ekt.gr | **e-Εκδότης:** EKT | **Πρόσβαση:** 05/12/2025 14:47:27

Χρήση κινούμενων σχεδίων με τρισδιάστατες απεικονίσεις για τη διδασκαλία των εννοιών των στερεών και των κρυσταλλικών δομών τους στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση

Using cartoons with 3D visualizations to teach the concepts of solids and crystal structures in Higher Education

Κωνσταντίνα Α. Δαλακώστα
Μεταδιδ/κή ερευνήτρια ΕΜΠ
Μέλος ΣΕΠ
Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο
kostadia@yahoo.gr

Ευαγγελία Παυλάτου
Αναπληρώτρια Καθηγήτρια
Σχολή Χημικών Μηχανικών
Τομέας Χημιών Επιστημών
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο
pavlatou@chemeng.ntua.gr

Abstract
The paper focuses on the presentation and study of the concepts of solids and their respective crystal structures, in the course of General and Inorganic Chemistry in Higher Education. These concepts require students to understand high-level mental processes, as they have the spatial ability and the cognitive skills to make the appropriate connections from microcosm to macrocosm. For this purpose, digital educational material has been developed that incorporates 3d visualizations with possibilities of rotation, magnification, and reduction of structures. Moreover, the combination of interactive cartoons with 3d animations was used to create applications that run both online and locally and that have full capabilities in windows and android as they make it technically easier and more attractive to the user / student to study concepts of high cognitive load. Aimed at the General and Inorganic Chemistry course taught at the National Technical University of Athens, the concepts of solids were chosen with their respective crystal structures, aiming to make students acquainted with certain physical chemical properties through the construction of appropriate educational digital material.

Keywords: *3d visualizations, cartoons, chemistry, crystal structures, Higher Education*

Περίληψη
Η εργασία εστιάζει στην παρουσίαση και μελέτη των εννοιών των στερεών και των αντίστοιχων κρυσταλλικών δομών τους, στο πλάισιο του μαθήματος της Γενικής και Ανόργανης Χημείας στην Τριτοβάθμια Εκπαίδευση. Οι συγκεκριμένες έννοιες προϋποθέτουν από τους φοιτητές σε επίπεδο κατανόησης υψηλού επιπέδου νοητικές διεργασίες, καθώς διαθέτουν τη χωρική ικανότητα και τις γνωστικές δεξιότητες να κάνουν τις κατάλληλες συνδέσεις μικρόκοσμου με μακρόκοσμο. Γι' αυτό τον σκοπό κατασκευάστηκε ψηφιακό εκπαιδευτικό υλικό που εμπεριέχει τρισδιάστατες απεικονίσεις με δυνατότητες περιστροφής, μεγέθυνσης και σμίκρυνσης δομών. Παράλληλα, χρησιμοποιήθηκε ο συνδυασμός των εκπαιδευτικών διαδραστικών κινουμένων σχεδίων cartoons με τα τρισδιάστατα γραφικά με χρήση ελεγχόμενης κίνησης, για τη δημιουργία εφαρμογών που τρέχουν διαδικτυακά αλλά και τοπικά,

και που έχουν πλήρεις δυνατότητες σε περιβάλλον windows και android, καθώς διευκολύνουν από τεχνικής πλευράς, αλλά και προσελκύουν τον χρήστη/ φοιτητή να περιεργαστεί και να μελετήσει έννοιες υψηλού γνωστικού φορτίου. Στοχευόμενα από το μάθημα της Γενικής και Ανόργανης Χημείας που διδάσκεται στο Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, έγινε επιλογή των εννοιών των στερεών με τις αντίστοιχες κρυσταλλικές τους δομές, επιδιώκοντας -μέσω κατασκευής κατάλληλου ψηφιακού υλικού- οι φοιτητές να κατανοήσουν ορισμένες φυσικοχημικές ιδιότητές τους.

Λέξεις-κλειδιά: *Τρισδιάστατες απεικονίσεις, κινούμενα σχέδια, Χημεία, κρυσταλλικές δομές, Τριτοβάθμια Εκπαίδευση*

Εισαγωγή

Μια μορφή τέχνης αποτελούν και τα κινούμενα σχέδια (cartoons), όπου έχει προαχθεί σε μια σημαντική οπτική γλώσσα, η οποία βασικά επηρεάζει τα ανθρώπινα συναισθήματα και μεταδίδει μηνύματα με χρήση συμβόλων και εικόνων. Τα τελευταία χρόνια χρησιμοποιούνται στον τομέα των Φυσικών Επιστημών σε όλες τις βαθμίδες της Εκπαίδευσης (Keogh & Naylor, 1999; Roesky & Kennepohl 2008; Dalacosta et al. 2009), καθώς έχουν τη δυνατότητα να θίξουν ένα θέμα ακόμα και επιστημονικό, χωρίς σημασιολογικές ασάφειες, συχνά εγγενείς στον γραπτό λόγο.

Κατάλληλα σχεδιασμένα κινούμενα σχέδια παρέχουν αποτελεσματικές ευκαιρίες μάθησης καθώς διευκολύνουν τη διαφοροποίηση επιστημονικών εννοιών, επαναφέρουν αποτελεσματικά προγενέστερη γνώση φοιτητών/ μαθητών και συνολικά προωθούν τη διαδικασία της εννοιολογικής ανάπτυξης.

Επιπρόσθετα, το βασικό χαρακτηριστικό των κινουμένων σχεδίων πέρα από τη δυαδική χρήση του κειμένου-εικόνας και της σχεδιοκίνησης είναι ότι διακρίνονται για το χιούμορ που τα συνοδεύει. Το χιούμορ έχει αποδειχθεί ότι μπορεί να συμβάλλει στη βελτίωση της μαθησιακής διαδικασίας, αλλά μόνο υπό ορισμένες συνθήκες (David L. Hu et al., 2016) . Η χρήση της "Θεωρίας του Γνωστικού Φορτίου" επεξηγεί ότι αυτές οι συνθήκες, διαμορφώνονται όταν το χιούμορ δεν επιβαρύνει το γνωστικό φορτίο του μαθητή. Η προσέγγιση της επίλυσης προβλημάτων, η οποία συνήθως χρησιμοποιείται στις Φυσικές Επιστήμες, στην Τεχνολογία, στη Μηχανική και τα Μαθηματικά –STEM-(Smith et al, 2013) στον χώρο της εκπαίδευσης, αυξάνει ήδη το γνωστικό φορτίο, και η προσθήκη του χιούμορ μπορεί να ωθήσει την εκπαίδευση STEM να υπερνικήσει αυτό το σημείο υπερφόρτωσης.

Η χρήση των cartoons επιδρά θετικά στην κατανόηση και την αφομοίωση των εννοιών, τις οποίες παρουσιάζει. Αυτό υποδεικνύει και η έρευνα των Ören & Meriç (2014), όπου επιβεβαιώθηκε ότι η πλειονότητα των φοιτητών που έλαβαν μέρος στην έρευνά τους, θεώρησε ότι τα "εννοιολογικά κινούμενα σχέδια/concept cartoons" δημιουργούν θετικά κίνητρα και κατ’ επέκταση αναδιαμόρφωσαν τις αντιλήψεις τους στα μαθήματα Φυσικών Επιστήμων και Τεχνολογίας. Επιπρόσθετα, η Kelly (2016) σε έρευνα που διεξήγαγε και συμμετείχαν φοιτητές του πρώτου εξαμήνου του San José State Πανεπιστημίου (Καλιφόρνια των ΗΠΑ), που παρακολούθησαν το μάθημα της Χημείας, κατέληξε στο γενικό συμπέρασμα ότι υιοθέτησαν θετική στάση ως προς τη χρήση των cartoons. Κύριος σκοπός της έρευνάς της, ήταν να εξετασθεί πώς η χρήση κινουμένων σχεδίων που εμπεριέχονται σε βίντεο tutorials (εκπαιδευτικά μαθήματα) με μοριακές οπτικοποιήσεις, επηρεάζουν τα νοητικά μοντέλα των φοιτητών, σε σχέση με τη συμπεριφορά διαλυμάτων οξικού οξέος και υδροχλωρικού οξέος και, πώς τα οξέα αυτά αντιδρούν όταν μελετήθηκε η ηλεκτρική αγωγιμότητά

τους. Επειδή αναλύθηκε και η σωματιδιακή φύση των διαλυμάτων των οξέων, τα αποτελέσματα αυτής της έρευνας ανέδειξαν ότι οι περισσότεροι φοιτητές επωφελήθηκαν από αυτά. Παράλληλα επιβεβαιώθηκε ότι μεγάλο ποσοστό φοιτητών πρόσθεσε στην προγενέστερη γνώση του τη νέα «αναδομημένη» γνώση, που αφορά τον μηχανισμό διάστασης, αλλά και την ενυδάτωση των ιόντων που προκύπτουν κατά την αντίστοιχη χημική αντίδραση. Αυτά ήταν και τα βασικά «σημεία» που παρουσιάστηκαν και τονίστηκαν από τον ψηφιακό βοηθό - εκπαιδευτή cartoon (avatar) που υπήρχε σε κάθε tutorial, πριν από την εισαγωγή της αντίστοιχης επεξηγηματικής οπτικοποίησης (σε μικροσκοπικό επίπεδο και μερικές φορές σε τρισδιάσταστη απεικόνιση) που περιέγραφε τον εκάστοτε χημικό μηχανισμό. Παράλληλα, στο ίδιο Πανεπιστήμιο της πολιτείας San José, σε επίπεδο έρευνας, σχεδιάστηκε και χρησιμοποιήθηκε ακόμα ένα εργαλείο ηλεκτρονικής μάθησης (ELT) για τις αντιδράσεις καθίζησης, το οποίο διέθετε έναν δάσκαλο χημείας/ ψηφιακό βοηθό με τη φιγούρα κινουμένων σχεδίων (avatar) με το όνομα "Dr. NRG ", ο οποίος; κατεύθυνε τους φοιτητές του εισαγωγικού μαθήματος της Χημείας σε κολεγιακό επίπεδο να εξερευνήσουν, αλλά και να κατανοήσουν τη φύση των αντιδράσεων κατακρήμνισης-καταβύθισης (Kelly, 2016).

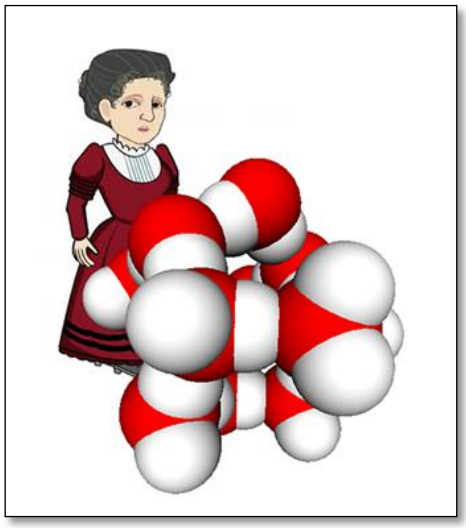
Βασικός στόχος του ψηφιακού υλικού που εμπεριέχει κινούμενα σχέδια και τρισδιάστες οπτικοποιήσεις, και προορίζεται για εκπαιδευτική χρήση και αναδόμηση της επιστημονικής γνώσης, είναι να αυξηθεί η ενεργός συμμετοχή του φοιτητή στη διαδικασία μάθησης, προσδίδοντάς του τη δυνατότητα να ελέγχει τον ρυθμό και τον τρόπο της μάθησής του. Έτσι, οι αναπαραστάσεις της τρισδιάστατης μοριακής δομής γίνονται καλύτερα κατανοητές και μπορούν να χρησιμοποιηθούν πιο εύκολα από τους χρήστες κατά την επίλυση προβλημάτων διαφορετικής πολυπλοκότητας (Ferk et.al., 2003).

Κατασκευή ψηφιακού εκπαιδευτικού υλικού

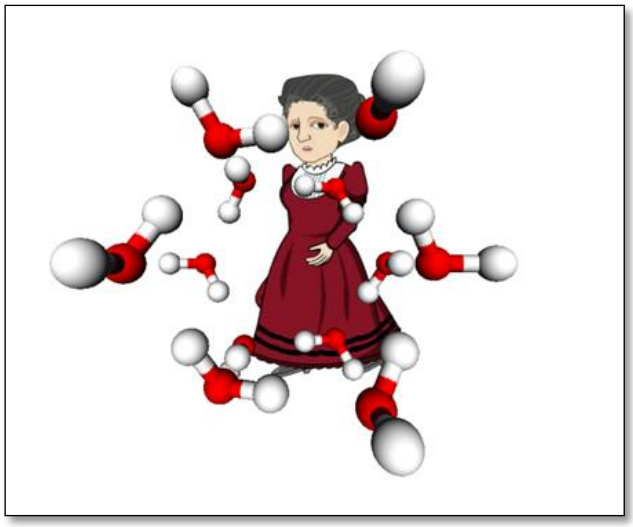
Για την κατασκευή του ψηφιακού υλικού χρησιμοποιήθηκαν προγράμματα που εφαρμόζουν τρισδιάστατες κινήσεις σε δισδιάστατους χαρακτήρες (προγράμματα εμπορικά και ελεύθερου λογισμικού), προσδίδοντάς τους ελευθερία κινήσεων και ρεαλιστικότητα ταυτόχρονα, αλλά και αυτονομία ως προς τη λειτουργία τους. Σχεδιάστηκαν οι «ψηφιακοί βοηθοί» cartoons (τύπου avatar), οι οποίοι μπορούν σε διάφορα σημεία της διδασκαλίας να αντικαταστήσουν τον καθηγητή επιτελώντας λειτουργίες όπως να αναπαριστούν, να δίνουν έμφαση, να τονίζουν, να δείχνουν, να περιγράφουν, να προσθέτουν, να επεκτείνουν, και να τοποθετούν. Για αυτόν τον σκοπό κατασκευάστηκαν cartoons με τη μορφή ψηφιακού οδηγού (avatar) όπως της Curie (εικ.1-4) και του Einstein (εικ.5-6), για την παρουσίαση και μελέτη των δυσνόητων εννοιών της Γενικής και Ανόργανης Χημείας, όπως των Στερεών με τις αντίστοιχες κρυσταλλικές δομές τους (μικρόκοσμος). Η κατασκευή των cartoons έγινε στο πρόγραμμα CrazyTalk Animator Pro 3 (The One-for-All 2D Animation Software). Οι έννοιες αυτές δυσκολεύουν τους φοιτητές σε επίπεδο κατανόησης, καθώς καλούνται μέσω της μελέτης τους (σε μικροσκοπικό επίπεδο) να εξηγήσουν ορισμένες φυσικοχημικές ιδιότητες που παρουσιάζουν τα στερεά.

Η κατασκευή του υλικού έγινε κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι εφαρμογές να τρέχουν σε όλα τα λειτουργικά και στους περισσότερους φυλλομετρητές αναφορικά ως προς τα τρισδιάστατα, σε κώδικα three js (https://github.com/mrdoob/three.js/) και να επιτευχθεί ταυτόχρονα το επιθυμητό αισθητικό επίπεδο των 3d οπτικοποιήσεων, ως προς τον φωτισμό τους και τη διαφάνεια. –Επίσης, προστέθηκε στην αρχική σελίδα της εφαρμογής κώδικας (js), ο οποίος αναγνωρίζει την συσκευή του εκάστοτε χρήστη αυτόματα (tablet, υπολογιστής), το λειτουργικό (windows, android) που τρέχει

καθώς και την ανάλυση (μεγαλύτερη ή μικρότερη από 800), ώστε να προωθεί αυτόματα στον χρήστη στην αντίστοιχη έκδοση που έχει δημιουργηθεί για την εκάστοτε συσκευή καθώς και στο λειτουργικό που χρησιμοποιεί. Τα τρισδιάστατα κατασκευάστηκαν / δημιουργήθηκαν στο 3ds Max 2017 (Autodesk), στο Discovery Studio (BIOVIA), στο A3dsViewer και χρησιμοποιήθηκαν compilers για να γίνουν σε μορφή jd και να τροποποιηθούν κατάλληλα ώστε να είναι στην επιθυμητή εξαγώγιμη μορφή (https://github.com/mrdoob/three.js/).
Παράλληλα, ο ψηφιακός οδηγός / cartoon (μορφή Curie ή μορφή Einstein) κατασκευάστηκε με τη δυνατότητα να απεικονίζεται στην ίδια οθόνη με το τρισδιάστατο που αποτυπώνει έννοιες της Χημείας, όπως οι δομές του πάγου σε μορφές ball and stick και space fill (Εικ. 1 και 2) να «τρέχουν» το ένα πάνω στο άλλο, δηλαδή το cartoon με την κίνηση και την αντίστοιχη ηχογράφηση πίσω από το τρισδιάστατο, το οποίο μπορεί και έχει ελευθερία περιστροφής. Επίσης, παρέχεται η δυνατότητα στον χρήστη να σταματά ή να επαναλαμβάνει το βίντεο με την ηχογράφηση και την κίνηση του cartoon (Εικ.4).



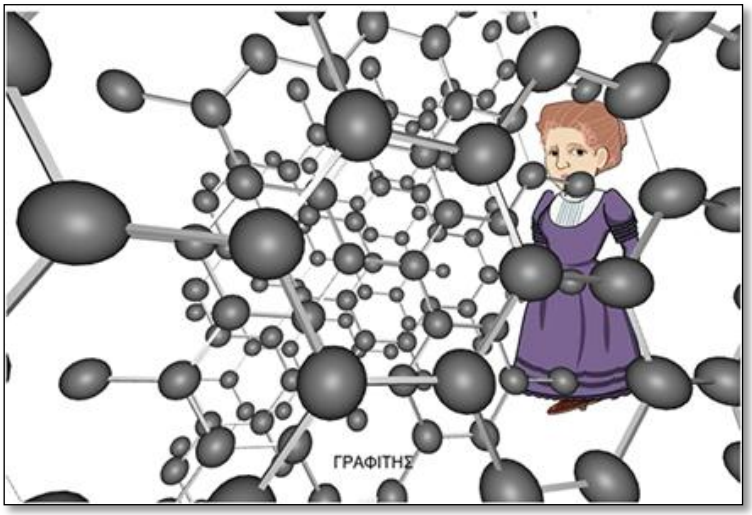
Εικόνα 1: Δομή πάγου σε μορφή space fill



Εικόνα 2: Δομή πάγου σε μορφή ball and stick, όπου κάθε άτομο οξυγόνου στη δομή του πάγου περιβάλλεται τετραεδρικά από τέσσερα άτομα υδρογόνου, δυο που βρίσκονται πολύ κοντά και συνδέονται ομοιοπολικά με αυτό, παρέχοντας το μόριο του νερού, και δυο άλλα που βρίσκονται μακρύτερα και συγκρατούνται με δεσμούς υδρογόνου

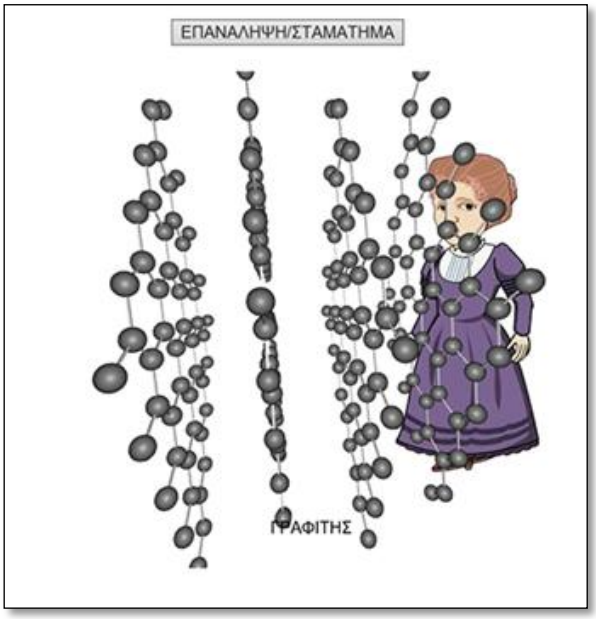
Παραδείγματα στερεών με τις κρυσταλλικές τους δομές

Σε όλα τα παραδείγματα του ψηφιακού υλικού υπάρχει η δυνατότητα της ελεύθερης περιστροφής της τρισδιάστατης οπτικοποίησης, της σμίκρυνσης καθώς και της μεγέθυνσης. Ενδεικτικά, παραθέτουμε τα παραδείγματα του γραφίτη και του χλωριούχου καισίου ή χλωριδίου του καισίου (CsCl). Στην περίπτωση του γραφίτη τα άτομα του άνθρακα έχουν υποστεί sp^2 υβριδισμό και ενώνονται μεταξύ τους με σ δεσμούς (sp^2 + sp^2) σχηματίζοντας επίπεδα με εξαγωνικούς δακτυλίους (Εικ. 3).



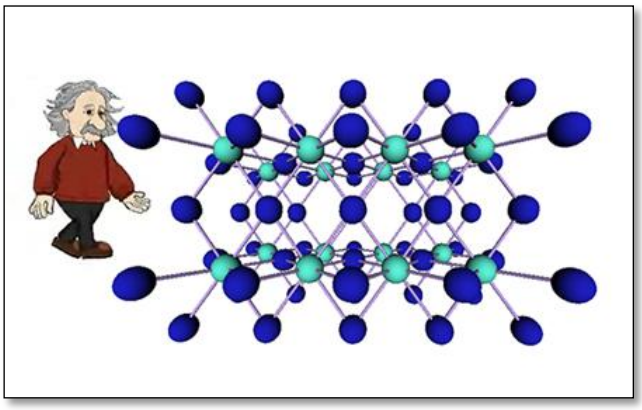
Εικόνα 3: Δομή του γραφίτη, όπου απεικονίζονται οι εξαγωνικοί δακτύλιοι

Ακόμα, τα φύλλα του γραφίτη είναι παράλληλα και συνδέονται μεταξύ τους με ασθενείς δυνάμεις Van der Waals, γεγονός που συνδέεται με τις ιδιότητες στερεού λιπαντικού που εμφανίζει ο γραφίτης (Εικ.4).

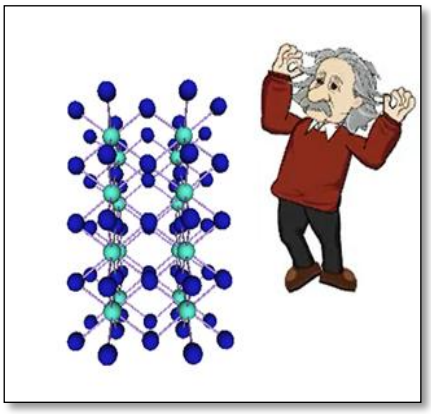


Εικόνα 4: Δομή του γραφίτη, όπου απεικονίζονται τα παράλληλα φύλλα του.

Το στερεό CsCl είναι ιοντικής κατασκευής, η οποία συνδέεται με τη χαμηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα που παρουσιάζει (Εικ.5 και 6).



Εικόνα 5: Δομή του χλωριούχου καισίου (ή χλωριδίου του καισίου) (CsCl).



Εικόνα 6: Δομή του χλωριούχου καισίου (ή χλωριδίου του καισίου) (CsCl), όπου φαίνεται πως υπάρχει η δυνατότητα της ελεύθερης περιστροφής της τρισδιάστατης απεικόνισης της δομής του ιοντικού κρυστάλλου

Συζήτηση

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στη δημιουργία εκπαιδευτικών cartoons στον Τομέα των Φυσικών Επιστημών, τα οποία θα διευκολύνουν τον φοιτητή στη μελέτη βασικών εννοιών που βασίζονται στις μεταβάσεις μεταξύ μακρόκοσμου, συμβολικής γλώσσας και μικρόκοσμου που αποτελούν και τις βασικές συνιστώσες της Χημείας (Ferk et al., 2003). Επιπρόσθετα, επειδή η κατανόηση και μελέτη εννοιών της Χημείας όπως των στερεών μέσω των κρυσταλλικών δομών τους (με τη χρήση τρισδιάστατων απεικονίσεων) εξαρτώνται από την οπτική - χωρική σκέψη του χρήστη, η οποία περιλαμβάνει ένα τελικά απαραίτητο σύνολο δεξιοτήτων που είναι ουσιώδες στη μαθησιακή διαδικασία, δεν πρέπει να αφεθεί στην «τύχη» και χωρίς καθοδήγηση για να αναπτυχθεί και εξελιχθεί (Newcombe, 2013). Προς αυτήν την κατεύθυνση περαιτέρω μελέτη και έρευνα πρέπει να διεξαχθεί στη Χημεία και να επικεντρωθεί στην οπτική και χωρική σκέψη, καθώς δεν είναι μια μονοδιάστατη διανοητική ικανότητα -όπως συχνά πιστεύεται- αλλά ένα πολύπλοκο πλέγμα αλληλένδετων ικανοτήτων/δεξιοτήτων που περιλαμβάνουν την αντίληψη, τη μνήμη, τη λογική και τη δημιουργικότητα στην περιοχή της Χημείας, αλλά και των Φυσικών Επιστημών, γενικότερα.

Οι παιδαγωγικοί ψηφιακοί οδηγοί που ταξινομούνται με βάση το αν φέρουν ανθρώπινα χαρακτηριστικά, αν χρησιμοποιούν ήχο, αν χρησιμοποιούν κείμενο, αν είναι σε μορφή κινουμένουν σχεδίων (από πλευράς σχεδιασμού), χαρακτηρίζονται επίσης ως έξυπνοι, βοηθητικοί, ενημερωτικοί, αξιολογητές, παιδαγωγοί, σύμβουλοι και ειδικοί όσον αφορά τις λειτουργίες που επιτελούν (Yılmaz et al., 2012). Στη μελέτη αυτή επιλέχθηκε η δημιοργία και η χρήση εκπαιδευτικού υλικού σε ρόλο ψηφιακού βοηθού με χαρακτήρα κινουμένων σχεδίων, βασιζόμενοι στην αποδοχή που έχουν από τους προπτυχιακούς φοιτητές καθώς και στη συμβολική χρήση του χιούμορ που χρησιμοποιούν, σύμφωνα με τα βιβλιογραφικά δεδομένα.
Παράλληλα, ερευνητές όπως ο Keller (2008) πρότειναν τη δημιουργία υλικού με απεικονίσεις που να περιλαμβάνουν και παιδαγωγικούς ψηφιακούς βοηθούς, για την ενίσχυση της διαδικασίας της μάθησης και των κινήτρων για μάθηση σε ψηφιακά περιβάλλοντα μάθησης. Επιπλέον, διαπιστώθηκε ότι με τη χρήση ψηφιακών βοηθών, καταγράφηκαν θετικά αποτελέσματα ως προς την ενδυνάμωση του κινήτρου για μάθηση, στην ακαδημαϊκή επιτυχία και στο γνωστικό φορτίο (Dinçer et al., 2017). Επίσης, οι παιδαγωγικοί ψηφιακοί βοηθοί παρέχουν ανατροφοδότηση της γνώσης μέσω του διαλόγου, των εκφράσεων του προσώπου, των κινήσεων και των συμπεριφορών τους (Atkinson et al., 2005; Gulz, 2004; Yılmaz et al., 2012). Έτσι, με τη συνδυαστική χρήση των ψηφιακών βοηθών κινουμένων σχεδίων, το συγκεκριμένο εκπαιδευτικό υλικό σχεδιάστηκε έτσι ώστε να επιτελεί λειτουργίες όπως να αναπαριστάνει, να δίνει έμφαση, να περιγράφει και να επεκτείνει υψηλού γνωστικού επιπέδου έννοιες, οι οποίες μπορούν να προκαλέσουν παρανοήσεις στους προπτυχιακούς φοιτητές σε υψηλής χωρικής ικανότητας επιστημονική γνώση. Συνεπώς, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως διδακτικό εργαλείο και να συμβάλλει στην κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η ταυτόχρονη χρήση των κινούμενων σχεδίων, του χιούμορ και των τρισδιάστατων απεικονίσεων μπορεί να βοηθήσει τους φοιτητές στο μαθησιακό αποτέλεσμα, πάνω σε συγκεκριμένες έννοιες που ενώ εχουν ήδη διδαχθεί κατά της διάρκεια της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, τους προκαλούν παρανοήσεις στην αναδομημένη μάθηση που συντελείται στην Τριτοβάθμια. Προτείνεται δηλαδή μια μέθοδος, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί από τον καθηγητή/ή επιστήμονα, αρχικά για να κεντρίσει το ενδιαφέρον και κατά συνέπεια να αποσπάσει την προσοχή των φοιτητών του, ώστε να μπορέσει να επικοινωνήσει μαζί τους και να μεταφέρε, αλλά και να ανασκευάσει την επιστημονική γνώση που στοχεύει (Di Raddo 2006).
Αξίζει να σημειωθεί ότι βρίσκεται σε εξέλΙξη έρευνα με χρήση κατάλληλων ερωτηματολογίων, όπου οι φοιτητές χρησιμοποιούν το ψηφιακό εκπαιδευτικό υλικό που κατασκευάστηκε με στόχο τη μελέτη του τρόπου αναδόμησης της επιστημονικής γνώσης τους στη θεματική ενότητα των Στερεών με τις αντίστοιχες κρυσταλλικές δομές στο μάθημα της Ανόργανης - Γενικής Χημείας, σε τρεις σχολές του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου εκμεταλλευόμενοι τις αναπτυγμένες γνωστικές και μεταγνωστικές τους ικανότητες, τη χωρική τους ικανότητα και τον οπτικό εγγραματισμό τους.

Αναγνώριση-ευχαριστίες

Η εργασία αποτελεί μέρος της Μεταδιδακτορικής Έρευνας, της Δρ. Κων/νας Δαλακώστα που υλοποιείται 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».

Αναφορές

Atkinson, R. K., Mayer, R. E., & Meril, M. M. (2005). Fostering social agency in multimedia learning: Examining the impact of an animated agent's voice. Contemporary Educational Psychology, 30(1), 117-139.

Dalacosta, K., Kamariotaki-Paparrigopoulou, M., Palyvos, J.A., & Spyrellis, N. (2009). Multimedia application with animated cartoons for teaching science in elementary education. Computers & Education, 52 (4), 741-748.

David L. Hu et al.,(2016) Humour Applied to STEM Education, Systems Research and Behavioral Science, DOI: 10.1002/sres.2406

Dinçer, S., Doğanay, A. (2017). The effects of multiple-pedagogical agents on learners' academic success, motivation, and cognitive load Computers & Education, 111, 74-100. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.04.005

Di Raddo, P. (2006) Teaching Chemistry Lab Safety through Comics, Journal of Chemical Education, 83, 4, 571-73.

Ferk, V., Vrtacnik, M., Blejec, A., & Gril, A. (2003). Students' understanding of molecular structure representations. International Journal of Science Education, 25(10), 1227– 1245.

Gulz, A. (2004). Benefits of virtual characters in computer based learning environments: Claims and evidence. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 14(3), 313-334.

Keller, J. M. (2008). First principles of motivation to learn and e^3-learning. Distance Education, 29(2), 175-185, http://dx.doi.org/10.1080/01587910802154970.

Kelly, R. M.& Akaygun, S.(2016). Insights into how students learn the difference between a weak acid and a strong acid from cartoon tutorials employing visualizations. J. Chem. Educ., 2016, 93 (6), pp 1010–1019

Kelly, R. M. (2016). ConfChem Conference on Interactive Visualizations for Chemistry Teaching and Learning: Insights into Molecular Visualization Design. J. Chem. Educ., 2016, 93 (6), pp 1142–1144

Keogh, B., & Naylor, S. (1999). Concept cartoons, teaching and learning in science: an evaluation. International Journal of Science Education, 21(4), 431–446.

Newcombe, N. S. (2013). Seeing relationships: Using spatial thinking to teach science, mathematics, and social studies. American Educator, 37(1), 26–31.

Roesky, H. W. & Kennepohl, D. (2008). Drawing Attention with Chemistry Cartoons. Journal of Chemical Education, 85, 10, 1355-1360.

Ören, F. Ş., & Meriç, G. (2014). Seventh Grade Students' Perceptions of Using Concept Cartoons in Science and Technology Course. International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology, 2(2).

Roesky, H. W. & Kennepohl, D. (2008). Drawing Attention with Chemistry Cartoons. Journal of Chemical Education, 85, 10, 1355-1360.

Smith, M. K., Jones, H.M.F., Gilbert, L. S, & Wieman, E. C. (2013.)The Classroom Observation Protocol for Undergraduate STEM (COPUS): A New Instrument to Characterize University STEM Classroom Practices. CBE Life Sciences Education Vol. 12, 618–627.

Yılmaz, R. & Kılıç-Çakmak, E. (2012). Educational interface agents as social models to influence learner achievement, attitude and retention of learning. Computers & Education, 59(2), 828-838.