

# Πανελλήνιο Συνέδριο της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση

Τόμ. 14, Αρ. 2 (2026)

Πρακτικά 14ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση


## ΠΡΑΚΤΙΚΑ

14°

**ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ  
ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
και ΝΕΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ στην ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ**

Διδασκαλία και Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες  
στην Εποχή της Τεχνητής Νοημοσύνης: Έρευνες, Καινοτομίες και Πρακτικές

Στην μνήμη της Άννας Σπύριου




12-14 Απριλίου 2025

**ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ  
ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΦΥΣΙΚΗΣ, ΔΠΘ  
ΤΗΣ ΣΧΟΛΗΣ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ, ΔΠΘ**

Εργαστήριο Διδακτικής της Φυσικής & Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας,  
Τμήμα Φυσικής, Σχολή Θετικών Επιστημών,  
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

[synedrio2025.enepht.gr](http://synedrio2025.enepht.gr)



**Ομοιοπολικός μη Πολικός και Πολικός Δεσμός.  
Μια Προσέγγιση στη Διδασκαλία της Χημείας  
μέσω Τρισδιάστατης Απεικόνισης**

*Άννα Μπρισίμη, Χαρίτων Πολάτογλου*

doi: [10.12681/codiste.9799](https://doi.org/10.12681/codiste.9799)

## Ομοιοπολικός Μη Πολικός και Πολικός Δεσμός. Μια Προσέγγιση στη Διδασκαλία της Χημείας μέσω Τρισδιάστατης Απεικόνισης

Άννα Μπρισίμη<sup>1</sup> και Χαρίτων Πολάτογλου<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης, Φυσικός, Χημικός

<sup>2</sup>Ομότιμος Καθηγητής, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης

<sup>1</sup>annabrisimi@gmail.com

### Περίληψη

Η τρισδιάστατη απεικόνιση αποτελεί καινοτόμο εργαλείο για τη διδασκαλία αφηρημένων εννοιών στη Χημεία, όπως οι χημικοί δεσμοί και η γεωμετρία μορίων. Παρανοήσεις, όπως η παρερμηνεία της πολικότητας, επηρεάζουν αρνητικά τη μάθηση. Στην παρούσα εργασία, μέσω εργαλείων όπως το Tinkercad, θα παρουσιάσουμε πως οι μαθητές/τριες εξερευνούν τρισδιάστατες αναπαραστάσεις οι οποίες διευκολύνουν την κατανόηση της ηλεκτρονιακής πυκνότητας. Δεδομένα από τα ερωτηματολόγια που συμπλήρωσαν οι μαθητές/τριες δείχνουν βελτίωση του ενδιαφέροντος και των γνώσεων τους για το μάθημα, υποστηρίχθηκε η οικοδόμηση της γνώσης από τον μαθητή (Μικρόπουλος, 2006· Μικρόπουλος & Μπέλλου, 2010) ενώ η οπτικοποίηση φαίνεται να συνδέει μακροσκοπικά, μικροσκοπικά και συμβολικά επίπεδα, ενισχύοντας τη μαθησιακή εμπειρία.

**Λέξεις κλειδιά:** εκπαιδευτική τεχνολογία, οπτικοποίηση μορίων, παρανοήσεις χημείας, τρισδιάστατη απεικόνιση, χημικοί δεσμοί

## Covalent Non-Polar and Polar Bonds. An Approach to Teaching Chemistry through Three-Dimensional Visualization

Anna Brisimi<sup>1</sup> and Hariton Polatoglou<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Science Teacher, Secondary Education,

<sup>2</sup>Professor Emeritus, Aristotle University of Thessaloniki

<sup>1</sup>annabrisimi@gmail.com

### Abstract

3D visualization is an innovative tool for teaching abstract concepts in Chemistry, such as chemical bonds and molecular geometry. Misconceptions, such as misinterpretation of polarity, negatively affect learning. In this paper, through tools such as Tinkercad, we will present how students explore 3D models that facilitate the understanding of electron density. Data from the questionnaires completed by students show an improvement in their interest and knowledge for the subject, the construction of knowledge by the student was supported (Μικρόπουλος, 2006· Μικρόπουλος & Μπέλλου, 2010) while visualization seems to connect macroscopic, microscopic and symbolic levels, enhancing the learning experience.

**Keywords:** 3D visualization, chemical bonding, chemistry misconceptions, educational technology, molecular geometry

### Εισαγωγή

Η διδασκαλία αφηρημένων εννοιών στη Χημεία, όπως οι χημικοί δεσμοί, αποτελεί πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς, επειδή αφορούν μη άμεσα παρατηρήσιμα πράγματα (άτομα, χημικοί δεσμοί, ηλεκτρόνια, κ.λπ.) και είναι αποκομμένες από τη καθημερινότητα. Οι μαθητές συχνά

εμφανίζουν παρανοήσεις που εμποδίζουν την αποτελεσματική μάθηση, όπως η σύγχυση μεταξύ ιοντικών και ομοιοπολικών δεσμών, καθώς και η παρερμηνεία της πολικότητας δεσμών και μορίων (Nicoll, 2001; Peterson et al., 1989). Ο Mahaffy (2006) υποστηρίζει ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να συνδέσουν τις μακροσκοπικές, μικροσκοπικές και συμβολικές διαστάσεις της Χημείας, γεγονός που ενισχύει τις παρανοήσεις και καθιστά επιτακτική την ανάγκη για πιο διαδραστικές και οπτικοποιημένες διδακτικές προσεγγίσεις. Επιπλέον, οι Sanfelix et al. (2018) και Dalacosta & Pavlatou (2017) επισημαίνουν ότι η χρήση πολυμέσων και τρισδιάστατων αναπαραστάσεων μπορεί να βελτιώσει την κατανόηση των αφηρημένων εννοιών και να ενισχύσει τη μαθησιακή εμπειρία μέσω της ενσωμάτωσης τεχνολογιών αιχμής στη διδασκαλία.

Η ανάγκη για συνδυασμό διαφορετικών μορφών αναπαράστασης είναι κρίσιμη στη Χημεία, όπου η έννοια μόριο μπορεί να εκφράζεται μέσω μοριακών τύπων, δομών Lewis ή τρισδιάστατων γεωμετριών. Οι Gilbert (2008) και Johnstone (1991) υποστηρίζουν ότι οι μαθητές δυσκολεύονται να μεταβούν μεταξύ αυτών των επιπέδων (μακροσκοπικό – μικροσκοπικό – συμβολικό), γεγονός που οδηγεί σε γνωστική υπερφόρτωση και παρανοήσεις. Οι πολυμεσικές παρουσιάσεις και η χρήση εργαλείων όπως το Tinkercad μπορούν συμβάλλουν στη γεφύρωση αυτών των επιπέδων, προσφέροντας χωρική κατανόηση σε έννοιες που διαφορετικά θα έμεναν αφηρημένες (Mayer, 2009). Επιπλέον, η συναισθηματική εμπλοκή των μαθητών ενισχύεται όταν αυτοί αλληλεπιδρούν με δυναμικές οπτικοποιήσεις και λαμβάνουν ενεργό ρόλο στη διαδικασία διερεύνησης. Σύμφωνα με τον Pekrun et al. (2002), η ενίσχυση του ενδιαφέροντος και η θετική συναισθηματική διάθεση σχετίζονται θετικά με τη μαθησιακή απόδοση και την εννοιολογική κατανόηση.

Αν και η χρήση τρισδιάστατων αναπαραστάσεων στη Χημεία δεν είναι καινούργια, η παρούσα προσέγγιση διαφοροποιείται διότι αξιοποιεί ενεργά τη δυνατότητα των εκπαιδευτικών να δημιουργούν οι ίδιοι 3D αναπαραστάσεις μέσω του Tinkercad. Σε αντίθεση με τις συμβατικές μεθόδους, όπου οι μαθητές παρατηρούν στατικά μοντέλα ή απλές οπτικοποιήσεις, εδώ καλούνται να διερευνήσουν πώς οι ηλεκτρονικές πυκνότητες επηρεάζουν τη γεωμετρία των μορίων και την πολικότητα των δεσμών. Μέσα από αυτή τη διαδικασία, οι μαθητές δεν είναι παθητικοί παρατηρητές, αλλά κατευθύνουν τον/την εκπαιδευτικό στη δημιουργία, επιτόπου, των αναπαραστάσεων, εντοπίζοντας και διορθώνοντας παρανοήσεις. Η μέθοδος αυτή συνδυάζει την κατασκευή 3D δομών με στοχοθετημένες ερωτήσεις και συζητήσεις, δημιουργώντας ένα πιο διαδραστικό και ερευνητικό μαθησιακό περιβάλλον.

### **Παρανοήσεις Μαθητών/τριων**

Οι μαθητές συχνά αναπτύσσουν εναλλακτικές ιδέες που προκύπτουν από την καθημερινή εμπειρία ή από περιορισμένη κατανόηση των επιστημονικών εννοιών (Hunter et al., 2022). Ένα σημαντικό πρόβλημα αφορά τη γεωμετρία και την πολικότητα των μορίων, όπου οι μαθητές τείνουν να συγχέουν τη συμμετρία της δομής με την κατανομή του φορτίου (Furió & Calatayud, 1996). Επιπλέον, δυσκολεύονται να διακρίνουν τις διαφορές μεταξύ ομοιοπολικών και ιοντικών δεσμών, καθώς και να κατανοήσουν τη σημασία της ηλεκτρονικής κατανομής στη σταθερότητα των μορίων (Erman, 2016). Σύμφωνα με τον Taber (1997), οι μαθητές συχνά θεωρούν τα μόρια ως στατικές δομές και όχι ως δυναμικά συστήματα, γεγονός που οδηγεί σε εσφαλμένες αντιλήψεις σχετικά με τις διαμοριακές δυνάμεις και τη χημική δραστηριότητα. Αυτές οι εναλλακτικές ιδέες επηρεάζουν αρνητικά την κατανόηση βασικών χημικών εννοιών και απαιτούν κατάλληλη εκπαιδευτική παρέμβαση για την αποσαφήνισή τους.

### **Χρήση Τρισδιάστατης Αναπαράστασης**

Η ενσωμάτωση τρισδιάστατων εργαλείων, όπως το Tinkercad (2022), στη διδασκαλία παρέχει μια καινοτόμα λύση για την αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων. Μέσω του Tinkercad, οι καθηγητές/τριες μπορούν να δημιουργούν τρισδιάστατες αναπαραστάσεις χημικών δεσμών

και μορίων, τα οποία μπορούν να ενσωματώσουν σε ψηφιακό υλικό που προορίζεται είτε για παρουσίαση είτε για προσωπική μελέτη των μαθητριών/των.

Το Tinkercad δεν περιορίζεται στη χρήση από τον εκπαιδευτικό. Οι μαθητές μπορούν να εργαστούν δημιουργικά με φορητές συσκευές (tablet, laptop) ή στο εργαστήριο της πληροφορικής, επιτρέποντάς τους να συμμετέχουν ενεργά στη δημιουργία 3D μοντέλων μορίων ή ακόμα και να προσομοιώσουν απλές χημικές αντιδράσεις, εισάγοντας έννοιες αλληλεπίδρασης και χωρικής διάταξης. Αυτή η δυνατότητα υποστηρίζει τη συνεργατική μάθηση, καθώς οι μαθητές μπορούν να εργαστούν σε μικρές ομάδες, να συζητήσουν τα αποτελέσματά τους και να αναστοχαστούν πάνω στις παρανοήσεις τους (Gilbert, 2008).

Η αξιολόγηση μπορεί να μετασηματιστεί από παραδοσιακή αναπαραγωγή γνώσεων σε αυθεντική αξιολόγηση, καθώς οι μαθητές καλούνται να κατασκευάσουν δικά τους μόρια, να τεκμηριώσουν τις επιλογές τους και να αιτιολογήσουν την πολικότητα, την ηλεκτρικότητα και τη γεωμετρία. Αυτό το είδος αξιολόγησης ενισχύει τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων και επιστημονικής σκέψης (Chen et al., 2018).

Πέρα από τη Χημεία, το Tinkercad μπορεί να αξιοποιηθεί διαθεματικά σε πληθώρα μαθημάτων:

- Εργαστήρια Δεξιοτήτων – Θεματική Υγεία: Οι μαθητές μπορούν να κατασκευάσουν μόρια φαρμάκων (π.χ. ακετυλοσαλικυλικό οξύ), να αναπαραστήσουν τις δομές εθιστικών ουσιών (π.χ. νικοτίνη, αλκοόλη) ή να συζητήσουν την επίδραση τους στον οργανισμό.
- Διατροφή: Μπορούν να σχεδιάσουν θρεπτικά συστατικά (π.χ. βιταμίνες, λιπαρά οξέα) και να συνδέσουν τη χημική τους δομή με τις λειτουργίες τους.
- Βιολογία: Η χωρική απεικόνιση πρωτεϊνών ή απλών οργανικών μορίων μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση της λειτουργίας και αλληλεπίδρασης βιομορίων.
- Πληροφορική και Τεχνολογία: Δίνεται δυνατότητα ενσωμάτωσης του Tinkercad σε εισαγωγικά προγράμματα σχεδίασης και 3D εκτύπωσης, ενισχύοντας τη μηχανική και δημιουργική σκέψη.

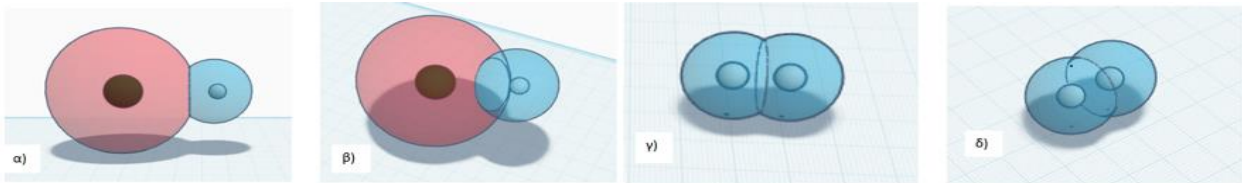
Οι δυνατότητες επέκτασης είναι σημαντικές και ευθυγραμμίζονται πλήρως με τις αρχές της διεπιστημονικής μάθησης και της STEM προσέγγισης, καθώς ενισχύουν τον σχεδιασμό και την κατασκευή λύσεων σε αυθεντικά προβλήματα, με έμφαση στην οπτικοποίηση και την ερμηνεία (Bybee, 2013).

## Μεθοδολογία

Σε μια προσπάθεια να ενισχυθεί η κατανόηση του μικρόκοσμου των χημικών δεσμών, σχεδιάστηκαν και χρησιμοποιήθηκαν τρισδιάστατες αναπαραστάσεις μέσω Tinkercad (Μπρισίμη & Μαΐδου, 2022). Η διδασκαλία πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια του διδακτικού έτους 2023-2024, σε δύο τμήματα της Α' Λυκείου, συνολικά αποτελούμενα από 34 μαθητές/τριες, 22 κορίτσια και 12 αγόρια. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου, η διδασκαλία ξεκίνησε με μια σύντομη θεωρητική επισκόπηση τη ενότητας «2.3 Γενικά για το χημικό δεσμό - Παράγοντες που καθορίζουν τη χημική συμπεριφορά του ατόμου. Είδη χημικών δεσμών (ιοντικός - ομοιοπολικός)», με έμφαση στον ομοιοπολικό δεσμό. Με τη χρήση βιντεοπροβολέα και υπολογιστή, παρουσιάστηκαν τρισδιάστατες αναπαραστάσεις χημικών δεσμών, όπως το πολικό μόριο του Υδροχλωρίου (Σχήμα 1α και 1β) και το μη πολικό μόριο του Υδρογόνου (Σχήμα 1γ και 1δ). Σε αυτές τις αναπαραστάσεις οι σφαίρες στο κέντρο αναπαριστούν τους πυρήνες των ατόμων και οι διαφανείς σφαίρες το ηλεκτρονιακό νέφος. Για το ηλεκτρικότητα άτομο του Χλωρίου, το ηλεκτρονιακό νέφος συμβολίζεται με κόκκινο χρώμα, ενώ για το ηλεκτροθετικό άτομο του Υδρογόνου, με μπλε. Οι μαθητές/τριες κλήθηκαν να παρατηρήσουν από διάφορες γωνίες τη δομή και την ηλεκτρονιακή πυκνότητα των δεσμών και με τη βοήθεια καθοδηγούμενων ερωτήσεων, συνέκριναν τα χαρακτηριστικά των πολικών και μη πολικών

δεσμών. Ενθαρρύνθηκαν να περιγράψουν πώς η κατανομή των ηλεκτρονίων επηρεάζει τη φύση του δεσμού.

**Σχήμα 1 . α)** Τρισδιάστατη σχηματική αναπαράσταση του πολικού δεσμού του μορίου του Υδροχλωρίου. Στο άτομο του Χλωρίου, το ηλεκτρονιακό του νέφος συμβολίζεται με κόκκινο χρώμα, ενώ για το ηλεκτροθετικό άτομο του Υδρογόνου, με μπλε **β)** Διαφορετική προοπτική του μορίου του Υδροχλωρίου **γ)** Τρισδιάστατη σχηματική αναπαράσταση του μη πολικού δεσμού του μορίου του Υδρογόνου. Κάθε άτομο Υδρογόνου συμβολίζεται με μια διάφανη μπλε σφαίρα. **δ)** Διαφορετική προοπτική του μορίου του Υδρογόνου



Στο τέλος της διδακτικής διαδικασίας, οι μαθητές/τριες συμπλήρωσαν ανώνυμο ερωτηματολόγιο, μέσω του οποίου αξιολογήθηκε η επίτευξη των γνωστικών στόχων, καθώς και η άποψή τους για τη χρήση των 3D αναπαραστάσεων στο μάθημα.

Η μεθοδολογική προσέγγιση που εφαρμόστηκε συνδέεται επίσης με το «τετραεδρικό μοντέλο» της χημικής εκπαίδευσης (Mahaffy, 2006), το οποίο διευρύνει το κλασικό τριμερές μοντέλο του Johnstone ενσωματώνοντας, εκτός από τις μακροσκοπικές, μικροσκοπικές και συμβολικές αναπαραστάσεις, και μια τέταρτη διάσταση: την ανθρώπινη προοπτική. Η διδασκαλία του χημικού δεσμού με χρήση 3D αναπαραστάσεων ενισχύει ακριβώς αυτή την πολυεπίπεδη προσέγγιση: οι μαθητές παρατηρούν μακροσκοπικά (μέσω βίντεο ή εφαρμογών), χειρίζονται μικροσκοπικά μοντέλα (σε Tinkercad), μεταφράζουν σε συμβολικές αναπαραστάσεις (τύπους) και συνδέουν τη γνώση με πραγματικά παραδείγματα (π.χ.  $H_2O$ ,  $NH_3$ ).

Ο συγκεκριμένος τρόπος αξιοποίησης των τρισδιάστατων αναπαραστάσεων ενισχύει τη σύνδεση ανάμεσα στις τέσσερις αυτές διαστάσεις, επιτρέποντας στους μαθητές να κατανοήσουν βαθύτερα τη δομή και τη λειτουργία της ύλης και όχι απλώς να απομνημονεύσουν συμβολισμούς ή γενικούς κανόνες.

Η διδακτική παρέμβαση μπορεί να αναλυθεί και με βάση το θεωρητικό πλαίσιο TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge), το οποίο περιγράφει την ενοποιημένη γνώση που χρειάζεται ένας εκπαιδευτικός για να ενσωματώσει αποτελεσματικά την τεχνολογία στη διδασκαλία (Mishra & Koehler, 2006). Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό, η επιτυχής εκπαιδευτική αξιοποίηση του Tinkercad προϋποθέτει τον συγχρονισμό τριών διαστάσεων: του παιδαγωγικού υπόβαθρου, του γνωστικού αντικείμενου της Χημείας και της τεχνολογικής επάρκειας.

Η παρούσα εφαρμογή, αξιοποιώντας στοχευμένα τις δυνατότητες του Tinkercad στο πλαίσιο της έννοιας του χημικού δεσμού, αποτυπώνει αυτήν την τριπλή ισορροπία. Το εργαλείο δεν χρησιμοποιήθηκε απλώς ως "βοήθημα προβολής", αλλά ως μέσο για να ενεργοποιηθεί ο διερευνητικός και διαλογικός ρόλος των μαθητών μέσα από καθοδηγούμενες ερωτήσεις και συγκριτικές παρατηρήσεις. Αυτό αντιστοιχεί στον τύπο "μετασχηματισμένης τεχνολογικής παιδαγωγικής γνώσης" (Harris, Mishra, & Koehler, 2009), όπου η τεχνολογία ενσωματώνεται οργανικά και δημιουργεί νέες παιδαγωγικές δυνατότητες.

### Τρόποι ενσωμάτωσης των τρισδιάστατων μοντέλων στην εκπαιδευτική διαδικασία

Η αξιοποίηση των 3D μοντέλων πραγματοποιήθηκε με πολλαπλούς παιδαγωγικούς τρόπους, προσαρμοσμένους στους μαθησιακούς στόχους. Αρχικά, τα μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν με στατικό τρόπο (ως προβολή μέσω βιντεοπροβολέα), ώστε οι μαθητές να παρατηρήσουν

Βασικά στοιχεία όπως η χωρική κατανομή της ηλεκτρονιακής πυκνότητας και η συμμετρία της δομής. Στη συνέχεια, μέσω δυναμικής χρήσης του Tinkercad (προβολή/περιστροφή σε πραγματικό χρόνο), οι μαθητές συμμετείχαν ενεργά στον εντοπισμό διαφορών μεταξύ πολικών και μη πολικών μορίων, εστιάζοντας στη συγκριτική θεώρηση γεωμετρίας και ηλεκτραρνητικότητας.

Η αξιοποίηση των μοντέλων δεν περιορίστηκε σε μία παρουσίαση, αλλά επεκτάθηκε σε ένα διαδραστικό μαθησιακό περιβάλλον, ενισχύοντας τη συσχέτιση των μοριακών δομών με ιδιότητες (π.χ. πολικότητα ↔ διαλυτότητα), όπως προτείνουν οι Taber (2011) και Gilbert (2008). Με τον τρόπο αυτό, η χρήση των τρισδιάστατων αναπαραστάσεων λειτούργησε ως εργαλείο διερεύνησης, κατανόησης και μεταγνώσης, όχι απλώς ως εποπτικό υλικό.

Τα μοντέλα θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν και για σκοπούς αξιολόγησης. Οι μαθητές/τριες μπορούν να κληθούν να αναγνωρίσουν ή να κατασκευάσουν δικά τους μόρια με βάση κριτήρια όπως ο αριθμός δεσμών και η πολικότητα. Επιπλέον, μπορεί να εξεταστεί η δυνατότητα εισαγωγής αλληλεπιδράσεων (π.χ. σχηματισμός  $H_2O$  από  $H_2$  και  $O_2$ ), ώστε να αξιοποιηθεί η οπτικοποίηση απλών χημικών αντιδράσεων σε ατομικό επίπεδο.

### Περιγραφή και Διδακτική Ανάλυση του Εκπαιδευτικού Υλικού

Η αξιοποίηση πολυμεσικού υλικού, και ειδικότερα η δημιουργία παρουσίασης σε PowerPoint με διαδραστικό και οπτικοποιημένο περιεχόμενο, αποτελεί βασικό εργαλείο για την υποστήριξη της κατανόησης εννοιών στη Χημεία, καθώς διευκολύνει την οικοδόμηση της γνώσης και την άρση παρανοήσεων (Gilbert, 2008· Mayer, 2009). Στην παρούσα παρέμβαση δημιουργήθηκε εκπαιδευτικό υλικό με μορφή παρουσίασης, το οποίο προβλήθηκε κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας της ενότητας «Ομοιοπολικός δεσμός – Πολικός και μη πολικός» σε μαθητές της Α' Λυκείου. Η παρουσίαση σχεδιάστηκε με βάση τις αρχές της εποικοδομιστικής μάθησης και της γνωστικής θεωρίας της πολυμεσικής μάθησης (Mayer, 2009· Taber, 2011), δίνοντας έμφαση:

- στη σταδιακή οικοδόμηση εννοιών, από την ηλεκτρονιακή δομή μέχρι την έννοια της ηλεκτραρνητικότητας και της πολικότητας,
- στην ενεργό εμπλοκή των μαθητών, μέσω ερωτήσεων-παρεμβολών που ενίσχυαν τον αναστοχασμό,
- στη χρήση πολλαπλών και διαδραστικών αναπαραστάσεων, ενσωματώνοντας γραφήματα ηλεκτρονιακών δομών και στιγμιότυπα από το λογισμικό Tinkercad, για ενίσχυση της κατανόησης της ηλεκτρονιακής πυκνότητας (Dalacosta & Pavlatou, 2017· Sanfelix et al., 2018).

### Δομή και Περιεχόμενο της Παρουσίασης

Το PowerPoint περιλάμβανε περίπου 40 διαφάνειες και ακολουθούσε μια λογικά διαρθρωμένη διδακτική αλληλουχία. Συγκεκριμένα:

1. Εισήγαγε τις βασικές αρχές της χημικής σύνδεσης, με αναφορά στη σταθερότητα των ευγενών αερίων.
2. Διαχώρισε με σαφήνεια τους ιοντικούς από τους ομοιοπολικούς δεσμούς.
3. Επεξήγησε την έννοια του «μοιράσματος» ηλεκτρονίων μέσω διαλόγου και γραφικών.
4. Παρουσίασε παραδείγματα με αυξανόμενο βαθμό πολυπλοκότητας ( $H_2$ ,  $HF$ ,  $H_2O$ ,  $NH_3$ ,  $CO_2$ ).
5. Ανέπτυξε τη σημασία της ηλεκτραρνητικότητας και της γεωμετρίας στη διαμόρφωση της πολικότητας.
6. Συνόψισε τα χαρακτηριστικά των ομοιοπολικών ενώσεων σε σύγκριση με τις ιοντικές.

Οι διαφάνειες ενσωμάτων χιούμορ και διαλογικές ερωτήσεις (π.χ. «Ωπα, ώπα! Και τι γίνεται μετά;») που ενίσχυαν τη συναισθηματική εμπλοκή των μαθητών, ένα στοιχείο που έχει αποδειχθεί κρίσιμο για την ενίσχυση της μαθησιακής απόδοσης (Pekrun et al., 2002).

### **Παιδαγωγική Αξία του Υλικού**

Η χρήση πολυμεσικών και 3D αναπαραστάσεων υποστηρίζει ουσιαστικά την κατανόηση αφηρημένων εννοιών στη Χημεία, όπως η ηλεκτρονιακή πυκνότητα, η πολικότητα και η μοριακή γεωμετρία (Mahaffy, 2006· Taber, 2011). Σύμφωνα με τον Mayer (2009), η ταυτόχρονη παρουσίαση λεκτικών και οπτικών πληροφοριών μειώνει τη γνωστική επιφόρτιση και ενισχύει την εστίαση της προσοχής στα κρίσιμα σημεία της πληροφορίας.

Το Tinkercad παρείχε τη δυνατότητα για έγχρωμες τρισδιάστατες αναπαραστάσεις ηλεκτρονιακής πυκνότητας, ενισχύοντας έτσι τη χωρική κατανόηση. Αυτές οι μορφές οπτικοποίησης συνδέουν το μικροσκοπικό επίπεδο με το μακροσκοπικό και το συμβολικό, σύμφωνα με το «τετραεδρικό μοντέλο» της χημικής εκπαίδευσης (Mahaffy, 2006).

Η επιλογή παραδειγμάτων με διαδοχική αύξηση της πολυπλοκότητας (από το H<sub>2</sub> στο CO<sub>2</sub>) υποστήριξε τη βαθμιαία οικοδόμηση της γνώσης, όπως προτείνει η σπειροειδής διδακτική δομή του Bruner (1960). Επιπλέον, αναδομήθηκαν παρανοήσεις στην ορθή επιστημονική άποψη, όπως η ταύτιση συμμετρίας με απουσία πολικότητας, οι οποίες είναι ευρέως διαδεδομένες (Furió & Calatayud, 1996).

### **Αποτελέσματα**

Στο ερωτηματολόγιο απάντησαν οι 23 από τους 34 μαθητές/τριες του τμήματος. Για την αξιολόγηση της κατανόησης των μαθητών/τριων σχετικά με την πολικότητα των χημικών δεσμών, συμπεριλήφθηκαν ερωτήσεις που ζητούσαν από τους μαθητές/τριες να προσδιορίσουν αν συγκεκριμένοι χημικοί δεσμοί και μόρια είναι πολικά ή μη πολικά, τόσο πριν όσο και μετά την εκπαιδευτική παρέμβαση. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι πριν τη διδασκαλία, 9 μαθητές/τριες αναγνώριζαν σωστά την πολικότητα των δοθέντων μορίων, ενώ μετά τη διδασκαλία ο αριθμός αυτός αυξήθηκε σε 18 (78,3%). Αυτό υποδηλώνει βελτίωση της κατανόησης μετά την χρήση των τρισδιάστατων αναπαραστάσεων.

Στην ερώτηση αν αυτός ο τύπος εκπαιδευτικής διαδικασίας κάνει την κατανόηση της ύλης ευκολότερη, οι 12 από αυτούς (52%) απάντησαν πολύ και οι 10 (43%) πάρα πολύ. Οι 14 από αυτούς (61%) απάντησαν ότι αυτός ο τύπος μαθησιακής διαδικασίας τους τράβηξε πάρα πολύ την προσοχή. Επίσης, 11 μαθητές/τριες (48%) απάντησαν ότι είναι πολύ ικανοποιημένοι/ες με αυτή τη μέθοδο διδασκαλίας ενώ οι 8 (35%) πάρα πολύ. Τέλος, 15 μαθητές/τριες (65%) δήλωσαν ότι η εκμάθηση με αυτό τον τρόπο ήταν πολύ διασκεδαστική, ενώ οι 3 (13%) είπαν ότι είναι πάρα πολύ διασκεδαστική.

Λόγω του μικρού μεγέθους των δύο τμημάτων, αλλά και των συμπληρωμένων ερωτηματολογίων, δεν είμαστε σε θέση να γενικεύσουμε τα αποτελέσματα από την στατιστική ανάλυση. Ωστόσο, είναι σαφές, ότι η αποδοχή της μεθοδολογίας που επιλέχθηκε για τη χρήση αυτού του εργαλείου στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι θετική. Η ανάλυση των απαντήσεων δείχνει ότι η προσέγγιση αυτή βοήθησε στην άρση παρανοήσεων σχετικά με την πολικότητα των δεσμών.

Οι παρατηρήσεις μας κατά τη διάρκεια της εκπαιδευτικής διαδικασίας ενίσχυσαν τα παραπάνω ευρήματα. Υπήρξε αυξημένο ενδιαφέρον και ενεργή συμμετοχή των μαθητών/τριων, οι οποίοι, μέσα από τη χρήση των τρισδιάστατων αναπαραστάσεων και τις σχετικές ερωτήσεις, διόρθωσαν εναλλακτικές αντιλήψεις και βελτίωσαν την κατανόηση τους. Επιπλέον, η διδασκαλία επιταχύνθηκε, αφήνοντας χρόνο για συζήτηση και επίλυση αποριών, ενώ η προσμονή των μαθητών/τριων για το επόμενο μάθημα ήταν έντονη.

## Συμπεράσματα

Η ενσωμάτωση τρισδιάστατων εργαλείων στη διδασκαλία της Χημείας αποδείχθηκε αποτελεσματική τόσο στη βελτίωση της κατανόησης της πολικότητας των χημικών δεσμών όσο και στην αύξηση του ενδιαφέροντος των μαθητών. Τα δεδομένα έδειξαν ότι οι μαθητές/τριες που εκτέθηκαν στη 3D σχεδίαση είχαν σαφώς καλύτερη επίδοση στην αναγνώριση πολικών και μη πολικών μορίων σε σύγκριση με την αρχική τους γνώση. Παράλληλα, η διαδραστική φύση της τρισδιάστατης αναπαράστασης αύξησε την ενασχόληση και τον ενθουσιασμό των μαθητών.

Η παρούσα μελέτη ενισχύει τη θέση ότι η χρήση 3D αναπαραστάσεων μπορεί να λειτουργήσει ως ένα ισχυρό εκπαιδευτικό εργαλείο στη χημεία, διευκολύνοντας την κατανόηση αφηρημένων εννοιών και αντιμετωπίζοντας γνωστικές δυσκολίες που σχετίζονται με τη σύνδεση των μακροσκοπικών, μικροσκοπικών και συμβολικών επιπέδων. Ωστόσο, απαιτείται περαιτέρω έρευνα με μεγαλύτερο δείγμα μαθητών και πιο συστηματική αξιολόγηση της μαθησιακής επίδοσης, προκειμένου να προσδιοριστεί η γενικευσιμότητα των αποτελεσμάτων και να εξεταστεί η εφαρμογή της μεθόδου και σε άλλα γνωστικά πεδία της Χημείας. Η έρευνα μπορεί να επεκταθεί και να ζητήσουμε από τους μαθητές/τριες να παράγουν οι ίδιες/οι 3D αναπαραστάσεις από μόρια, χημικές αντιδράσεις και να τις συνδέσουν με τη συμβολική αναπαράσταση, επίσης μπορεί να εξεταστεί ο γνωστικός στόχος της διατήρησης της μάζας και ότι προκύπτουν διαφορετικά μόρια, πώς διαχωρίζονται και γιατί έχουν διαφορετικές ιδιότητες.

## Βιβλιογραφία

- Μικρόπουλος, Α. (2006). *Ο Υπολογιστής ως Γνωστικό Εργαλείο*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Μικρόπουλος, Τ. & Μπέλλου, Ι. (2010). *Σενάρια Διδασκαλίας με Υπολογιστή*. Αθήνα: Κλειδάριθμος.
- Μπρισίμη Α., Μαΐδου Α. (2022). *Πρακτικά 3<sup>ου</sup> Πανελληνίου Συνεδρίου Scientix για την Εκπαίδευση STEM*, σ. 176-185, τόμος Α. ISBN: 978-618-84221-3-1. <https://scientix.ellak.gr/praktika-3ou/>
- Bruner, J. S. (1960). *The process of education*. Harvard University Press. ISBN: 0-674-71001-0
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. National Science Teachers Association Press. ISBN: 978-1-936959-25-9
- Chen, J., Wang, M., Kirschner, P. A., & Tsai, C.-C. (2018). The role of collaboration, computer use, learning environments, and supporting strategies in CSCL: A meta-analysis. *Review of Educational Research*, 88(6), 799–843. <https://doi.org/10.3102/0034654318791584>
- Dalacosta K., Pavlatou E.A. (2017). Learning Chemistry with 3D Visualizations employing cartoons agents in Higher Education. Στο L. M. Chova, A. L. Martínez, I. C. Torres (Επιμ.), *Proceedings 10th International Conference of Education, Research and Innovation*, 3318-3325. Seville, Spain: Iated-Int Assoc Technology Education & Development. <https://doi.org/10.21125/iceri.2017.0914>
- Erman, E. (2016). Factors contributing to students' misconceptions in learning covalent bonds. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(4), 520-537. <https://doi.org/10.1002/tea.21375>
- Furió, C., Calatayud, M. L. (1996). Difficulties with the geometry and polarity of molecules: Beyond misconception. *Journal of Chemical Education*, 73(1), 36-41. <https://doi.org/10.1021/ed073p36>
- Gilbert, J. K. (2008). Visualization: An emergent field of practice and enquiry in science education. Στο J. K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhleh (Επιμ.), *Visualization in science education*, σσ. 3–24. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5267-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5267-5_1)
- Harris, J., Mishra, P., & Koehler, M. J. (2009). Teachers' technological pedagogical content knowledge and learning activity types: Curriculum-based technology integration reframed. *Journal of Research on Technology in Education*, 41(4), 393–416. <https://doi.org/10.1080/15391523.2009.10782536>
- Hunter, K. H., Rodriguez, J. M. G., Becker, N. M. (2022). A review of research on the teaching and learning of chemical bonding. *Journal of Chemical Education*, 99, 2451-2464. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00034>

- Johnstone, A. H. (1991). Why is science difficult to learn? Things are seldom what they seem. *Journal of Computer Assisted Learning*, 7(2), 75–83. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.1991.tb00230.x>
- Mahaffy, P. (2006). Moving chemistry education into 3D: A tetrahedral metaphor for understanding chemistry. Union Carbide Award for Chemical Education. *Journal of Chemical Education*, 83(1). <https://doi.org/10.1021/ed083p49>
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia Learning* (2<sup>η</sup> εκδ.). Cambridge University Press. ISBN: 978-0-521-73535-3
- Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, 108(6), 1017–1054. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x>
- Nicoll, G. (2001). A report of undergraduates' bonding misconceptions. *International Journal of Science Education*, 23(7), 707-730. <https://doi.org/10.1080/09500690010025012>.
- Pekrun, R., Goetz, T., Titz, W., & Perry, R. P. (2002). Academic emotions in students' self-regulated learning and achievement: A program of qualitative and quantitative research. *Educational Psychologist*, 37(2), 91–105. [https://doi.org/10.1207/S15326985EP3702\\_4](https://doi.org/10.1207/S15326985EP3702_4)
- Peterson, R. F., Treagust, D. F., & Garnett, P. (1989). Development and application of a diagnostic instrument to evaluate grade-11 and -12 students' concepts of covalent bonding and structure. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(4), 301-314. <https://doi.org/10.1002/tea.3660260404>
- Sanfelix F.G., Marti P., & Puigcerver M. (2018). Introducing the text books of the future in K12 Chemistry Education. Στο L. M. Chova, A. L. Martínez, I. C. Torres (Επιμ.), *Proceedings 10<sup>th</sup> International Conference on Education and New Learning Technologies*, 4222-4228. <https://doi.org/10.21125/edulearn.2018.1067>
- Taber, K. S. (2011). Models, molecules and misconceptions: A commentary on "Secondary school students' misconceptions of covalent bonding". *Journal of Turkish Science Education*, 8(1), 3-18. <https://tused.org/index.php/tused/article/view/342>
- Tinkercad. (2022). Ανάκτηση στις 29 Ιουλίου 2022 από Tinkercad: <https://www.tinkercad.com/>