ePublishing

Ανοικτή Εκπαίδευση: το περιοδικό για την Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση και την Εκπαιδευτική Τεχνολογία

Τόμ. 21, Αρ. 1 (2025)

Open Education: The Journal of Open and Distance Education and Educational Technology

Αξιολόγηση της Εφαρμογής της Τεχνολογίας Εικονικής Πραγματικότητας (VR) στη Διδασκαλία της Χημείας με τη Μέθοδο της Ανεστραμμένης Τάξης

Χρήστος Χαλακατεβάκης, Μιχαήλ Καλογιαννάκης, Χαράλαμπος Μουζάκης, Κωνσταντίνος Κωτσίδης

doi: 10.12681/jode.38492

Copyright © 2025, Χρήστος Χαλακατεβάκης, Μιχαήλ Καλογιαννάκης, Χαράλαμπος Μουζάκης, Κωνσταντίνος Κωτσίδης

Άδεια χρήσης Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0.

Βιβλιογραφική αναφορά:

Αξιολόγηση της Εφαρμογής της Τεχνολογίας Εικονικής Πραγματικότητας (VR) στη Διδασκαλία της Χημείας με τη Μέθοδο της Ανεστραμμένης Τάξης

Evaluation of the Utilization of Virtual Reality (VR) Technology in Teaching Chemistry Using the Flipped Classroom Method

Χαλακατεβάκης Χρήστος
Εκπαιδευτικός ΠΕ04-02
chrishalas@yahoo.com
https://orcid.org/0009-0009-7935-8876

Καλογιαννάκης Μιχαήλ
Αναπληρωτής Καθηγητής
Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
mkalogian@uth.gr
https://orcid.org/0000-0002-9124-2245

Χαράλαμπος Μουζάκης
δρ Πανεπιστημίου Αθηνών
Συνεργάτης Ε.ΔΙ.Β.Ε.Α. Πανεπιστημίου Κρήτης
hmouzak@gmail.com
https://orcid.org/0000-0001-8744-6627

Κωνσταντίνος Κωτσίδης
δρ Πανεπιστημίου Κρήτης, Συνεργάτης
Ε.ΔΙ.Β.Ε.Α. Πανεπιστημίου Κρήτης
kkotsidis@edc.uoc.gr
https://orcid.org/0000-0002-4483-060X

Extended Summary

In the field of broader pedagogical research, as it is shaped by the integration and utilization of digital media and emerging technologies in education, various research paradigms and methodological approaches are used to analyze and highlight the factors that can contribute to the improvement of teaching and learning (Liu, et al., 2024· An & Oliver, 2020). The main challenge lies in integrating innovative teaching methods that, on the one hand, can transform the forms, context, content, and means of interaction developed during the teaching process and, on the other hand, incorporate the capabilities provided by educational technology, including distance education (Allman, Kimmons, & Wang, 2024).

Many researchers consider the flipped classroom model as an innovative methodological approach to teaching and learning that allows students to choose when, where, and how they will learn (Kong, Wang, & Rajabov, 2024· Tavares et al., 2020). This approach enables educators to focus more on problem-solving exercises and deeper analyses of teaching content, highlighting their role as 'knowledge facilitators,' as advocated by the methodology of distance education. In the flipped classroom, personalized learning and a student-centered approach to teaching become feasible as activities designed and implemented to cater to the individual needs and abilities of each student (Montgomery et al., 2019).

The relevant literature highlights that educational resources and appropriately designed teaching materials form the foundational basis for implementing the flipped classroom model and recognizes that modern digital technologies provide students with unlimited sources of information while simultaneously extending the classroom gradually by utilizing innovative online spaces (Van Alten et al., 2019· DeLozier & Rhodes, 2017). Virtual Reality (VR) technology characterized as highly dynamic in the field, especially concerning its integration into e-learning platforms and online distance education environments (Petersen, Petkakis, & Makransky, 2022). Particular emphasis placed on the simulation capabilities provided by VR technology and its use in teaching activities that allow students to explore and interact with objects or situations that would not be possible in a traditional educational environment (Hussein & Nätterdal, 2015).

Within the framework of the flipped classroom model, VR technology can transform the educational process as it can simulate the physical presence in a virtual or imaginary environment to offer them a new learning experience (Dong & Hui, 2020). The literature identifies the design of flipped classroom interventions using VR and the evaluation of their impact on improving student performance and their response to educational and learning demands as significant challenges (Pen, 2023· Lin et al., 2022· Morris, 2022). This study aims to present the design, implementation, and evaluation of a teaching intervention that utilizes VR technology for teaching Chemistry to first-year upper high school (Lykeio) students through the flipped classroom model in Greek secondary education. The study demonstrated that the educational material developed, combined with the use of VR technology, enhanced students' interest and

participation while reducing their misconceptions about the subjects taught within the framework of the flipped classroom methodology.

Keywords

Virtual Reality, Flipped Classroom, Teaching Chemistry, Educational Material, Evaluation

Περίληψη

Η παρούσα έρευνα αφορά στην ανάπτυξη και εφαρμογή μιας ολοκληρωμένης διδακτικής παρέμβασης με τη μέθοδο της ανεστραμμένης τάξης και την αξιοποίηση εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας (VR) για το μάθημα της Χημείας Α΄ Λυκείου. Η διδακτική παρέμβαση αφορούσε στη διδασκαλία του μαθήματος της Χημείας Α΄ Λυκείου (κεφάλαιο «Άτομα») και περιλάβανε την αξιοποίηση διαδραστικού πολυμορφικού εκπαιδευτικού υλικού με χρήση γυαλιών VR της Google Cardboard. Η ερευνητική διαδικασία αποσκοπούσε στο να διερευνήσει τον αντίκτυπο της χρήσης της VR εφαρμογής στο πλαίσιο της ανεστραμμένης τάξης και εξετάσει τη συμβολή της αξιοποίησης της τεχνολογίας VR στην κατανόηση «δύσκολων» εννοιών και παρανοήσεων σε ένα δείγμα 30 μαθητών/τριών της Α΄ Λυκείου. Η μελέτη έδειξε ότι το εκπαιδευτικό υλικό που δημιουργήθηκε και η χρήση της τεχνολογίας VR ενίσχυσε το ενδιαφέρον και τη συμμετοχή των μαθητών και μείωσε τις παρανοήσεις τους στα θέματα που διδάχθηκαν στο πλαίσιο της μεθοδολογίας της ανεστραμμένης τάξης.

Λέξεις-κλειδιά

Εικονική Πραγματικότητα, Ανεστραμμένη Τάξη, Διδασκαλία Χημείας, Εκπαιδευτικό υλικό, Αξιολόγηση

Εισαγωγή

Στο πεδίο της παιδαγωγικής έρευνας, όπως αυτή διαμορφώθηκε με την ένταξη και αξιοποίηση των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην εκπαίδευση, έχουν χρησιμοποιηθεί ποικίλα ερευνητικά παραδείγματα και προσεγγίσεις που αποσκοπούν στη βελτίωση της διδασκαλίας και της μάθησης (Liu,

et al, 2024· An & Oliver, 2020). Η προοπτική ενσωμάτωσης των αναδυόμενων τεχνολογιών στην εκπαιδευτική διαδικασία συνδέεται, σε θεωρητικό και πρακτικό επίπεδο, με τον σχεδιασμό εκπαιδευτικών μεθόδων οι οποίες βασίζονται στη χρήση πολυμεσικού περιεχομένου και αξιοποιούν ποικίλα μέσα ψηφιακής επικοινωνίας και αλληλεπίδρασης σε διαφοροποιημένα περιβάλλοντα εκπαίδευσης και εξ αποστάσεως εκπαίδευσης (Allman et al., 2024).

Το μοντέλο της ανεστραμμένης τάξης, θεωρείται από πολλούς ερευνητές μια καινοτόμα μεθοδολογική προσέγγιση διδασκαλίας και μάθησης, η οποία επιτρέπει στους μαθητές να επιλέγουν το πότε, το πού και πώς θα μάθουν (Kong et al, 2024· Tavares, et al., 2020). Η προσέγγιση αυτή δίνει τη δυνατότητα τους εκπαιδευτικούς να εστιάζουν περισσότερο σε ασκήσεις επίλυσης προβλημάτων και σε βαθύτερες αναλύσεις των διδακτικών περιεχομένων, αναδεικνύοντας τον ρόλο τους ως "διευκολυντών γνώσης", όπως άλλωστε προτάσσει η μεθοδολογία της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης (Λιοναράκης, 2006). Στην ανεστραμμένη τάξη, η εξ εξατομικευμένη μάθηση και η μαθητοκεντρική προσέγγιση στη διδασκαλία γίνεται εφικτή εφόσον μπορεί να σχεδιαστούν εκπαιδευτικό υλικό και δραστηριότητες που επιτρέπουν την προσαρμογή της μαθησιακής διαδικασίας στις ανάγκες, δεξιότητες και ικανότητες κάθε μαθητή (Montgomery et al., 2019).

Η σχετική βιβλιογραφία, επισημαίνει ότι διδακτικό υλικό αποτελεί βασικό θεμέλιο για την εφαρμογή του μοντέλου της ανεστραμμένης τάξης, και αναγνωρίζει πως οι σύγχρονες ψηφιακές τεχνολογίες παρέχουν στους μαθητές απεριόριστες πηγές πληροφόρησης, ενώ ταυτόχρονα η σχολική τάξη 'επεκτείνεται' εκτός των φυσικών ορίων της σχολικής αίθουσας, αξιοποιώντας καινοτόμους διαδικτυακούς χώρους (Van Alten, et al., 2019· DeLozier, & Rhodes, 2017). Η τεχνολογία VR ενέχει τα χαρακτηριστικά ενός δυναμικού εργαλείου, καθώς προσφέρει πολλαπλές δυνατότητες στους μαθητές στο να εξερευνήσουν με αντικείμενα ή μαθησιακές καταστάσεις στις οποίες δεν θα είχαν πρόσβαση σε ένα παραδοσιακό εκπαιδευτικό περιβάλλον που στηρίζεται στην προφορική παράδοση ή τη μελέτη εκπαιδευτικού υλικού έντυπης μορφής (Petersen et al, 2022· Hussein & Nätterdal, 2015).

Στο πλαίσιο του μοντέλου της ανεστραμμένης τάξης η τεχνολογία VR μπορεί να μετασχηματίσει την εκπαιδευτική διαδικασία, καθώς μπορεί να προσομοιώσει τη φυσική παρουσία ενός μαθητή σε ένα εικονικό περιβάλλον για να του προσφέρει μια

ξεχωριστή εμπειρία μάθησης (Dong & Hui, 2020). Στη βιβλιογραφία αναδεικνύεται ως σημαντική πρόκληση η σχεδίαση παρεμβάσεων ανεστραμμένης τάξης με χρήση VR, καθώς και η αξιολόγηση της επίδρασής τους στη βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών και την ανταπόκρισή τους στις απαιτήσεις της εκπαίδευσης και της μάθησης (Pen, 2023· Lin et al., 2022· Morris, 2022).

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στο να περιγράψει τις διαδικασίες σχεδιασμού, της εφαρμογής και αξιολόγησης μιας διδακτικής παρέμβασης η οποία αξιοποιεί την τεχνολογία VR για τη διδασκαλία του μαθήματος της Χημείας σε μαθητές Α' Λυκείου μέσω της ανεστραμμένης τάξης. Η κύρια συμβολή της εργασίας έγκειται στην τεκμηρίωση της μεθοδολογίας ανάπτυξης μαθησιακού περιεχομένου σε περιβάλλον VR και στη διερεύνηση του βαθμού στον οποίο μπορεί να εμπλουτίσει την πρακτική της ανεστραμμένης τάξης, προσφέροντας ουσιαστικές μαθησιακές εμπειρίες σε μαθητές της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.

Θεωρητικό Πλαίσιο

Το θεωρητικό πλαίσιο της παρούσας εργασίας αξιοποιεί στοιχεία της θεωρία και της βιβλιογραφικής έρευνας σχετικά με το μοντέλο της ανεστραμμένης τάξης και την αξιοποίηση της τεχνολογίας VR στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών.

Το μοντέλο της ανεστραμμένης τάξης

Η ανεστραμμένη τάξη (Flipped Classroom), ως μεθοδολογική εκπαιδευτική πρακτική, προτείνει μια αλλαγή στην αλληλουχία των μαθησιακών δραστηριοτήτων, τόσο ως προς το χώρο, όσο και ως προς το χρόνο στον οποίο διεξάγονται (DeLozier & Rhodes, 2017· Bishop & Verleger, 2013· Bergmann & Sams, 2012). Σύμφωνα με τους Lage et al., 2000, στο μοντέλο της ανεστραμμένης τάξης διδακτικές και μαθησιακές «*δραστηριότητες που παραδοσιακά λάμβαναν χώρα εκτός της τάξης, τώρα λαμβάνουν χώρα μέσα στην τάξη και αντιστρόφως*» (σελ. 32). Ο προαναφερόμενος ορισμός, αφήνει στην ευχέρεια του εκπαιδευτικού σχεδιασμού το ποιες δραστηριότητες θα ανατεθούν στο σπίτι και ποιες δραστηριότητες θα πραγματοποιηθούν στην τάξη, καθώς και αν θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί κάποιο συγκεκριμένο τεχνολογικό μέσο για το μέρος της μάθησης που γίνεται εκτός τάξης (Van Alten et al., 2019).

Η διεθνής βιβλιογραφία περιλαμβάνει πληθώρα εκπαιδευτικών πρακτικών ανεστραμμένης τάξης, οι οποίες αξιοποιούν εναλλακτικές μεθόδους οργάνωσης και αλληλουχίας των διδακτικών και μαθησιακών δραστηριοτήτων, καθώς και διαφορετικά μέσα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την υλοποίησή τους (Zheng, et al., 2020). Αναλυτικότερα, οι Luo et al. (2020) δίνουν έμφαση στις προϋποθέσεις σχεδιασμού και οργάνωσης των δραστηριοτήτων, τις οποίες διακρίνουν σε «*πριν την τάξη*» και σε «*εντός της τάξης*» δραστηριότητες. Πολλοί ερευνητές (Tomas et al. 2019· Talbert, 2017) εστιάζουν στον παιδαγωγικό σχεδιασμό των δραστηριοτήτων και δίνουν έμφαση, τόσο στο ρόλο του εκπαιδευτικού, όσο και στη σημασία του κατάλληλου εκπαιδευτικού υλικού για τις «*πριν την τάξη*» και τις «*εντός της τάξης*» δραστηριότητες.

Όπως σημειώνεται στη βιβλιογραφία (Han, & Røkenes, 2020· Adnan, 2017· Jeong, González-Gómez & Cañada-Cañada, 2016), η ανάδειξη της ανεστραμμένης τάξης ως καλής πρακτικής οφείλεται στην διάδοση και διάχυση των σύγχρονων διαδικτυακών υπηρεσιών και των ψηφιακών εργαλείων τα οποία καθιστούν εύκολη και γρήγορη τη δημιουργία ψηφιακού περιεχομένου. Στις περισσότερες περιπτώσεις εφαρμογής της η ανεστραμμένη τάξη είναι στενά συνυφασμένη με τη χρήση ψηφιακών βίντεο, τα οποία φιλοξενούνται σε πλατφόρμες βασισμένες στο Cloud ή σε συστήματα διαχείρισης μάθησης τύπου LMS (Zhong et al., 2021). Με τον τρόπο αυτό οι μαθητές έχουν τη δυνατότητα να παρακολουθούν τα βίντεο από το σπίτι. Έτσι, ο διδακτικός χρόνος στην τάξη αφιερώνεται στην ανασκόπηση των όσων παρακολούθησαν οι μαθητές στο σπίτι και στην υλοποίηση μαθησιακών δραστηριοτήτων με σκοπό την εμβάθυνση, την εξάσκηση και την εμπέδωση της νέας γνώσης (Estes, 2014).

Στην ανεστραμμένη τάξη το εκπαιδευτικό υλικό διαδραματίζει ουσιαστικό ρόλο για την υποστήριξη των «*πριν από την τάξη*» και των «*εντός της τάξης*» δραστηριοτήτων στο πλαίσιο πρακτικών ανεστραμμένης τάξης (Lan, 2024). Το εκπαιδευτικό υλικό παρέχεται τόσο με τη μορφή βίντεο, όσο και με τη μορφή κειμένων σε ψηφιακή μορφή ή και λοιπού διαδραστικού ψηφιακού περιεχομένου, και έχει ως βασικό σκοπό να δώσει τη δυνατότητα στους μαθητές να μελετήσουν τα μαθησιακά αντικείμενα με το δικό τους ρυθμό από το σπίτι. Οι «*εντός της τάξης*» δραστηριότητες περιλαμβάνουν ποικίλες μαθησιακές δραστηριότητες που δίνουν έμφαση στην ενεργό συμμετοχή μαθητών, την κινητοποίησή τους σε όλες τις φάσεις της διδακτικής

διαδικασίας, καθώς και τη μεταξύ τους συνεργασία (Nugraheni et al., 2022). Με τον τρόπο αυτό, η διδακτική πρακτική παρέχει περισσότερες ευκαιρίες για εφαρμογή της νέας γνώσης, την πρακτική εξάσκηση και τη βαθύτερη κατανόηση των εννοιών από τους μαθητές (Goedhart et al., 2019).

Ο ρόλος που διαδραματίζει το εκπαιδευτικό υλικό στην εξ αποστάσεως εκπαίδευσης έχει αναλυθεί συστηματικά από τους θεωρητικούς του πεδίου (Forsyth, 2003· Rowntree, 1996· Lockwood, 1994). Στο χώρο της σχολικής εξ αποστάσεως εκπαίδευσης το εκπαιδευτικό υλικό παραμένει στο επίκεντρο κάθε εκπαιδευτικής παρέμβασης (Βασάλα, 2005), ενώ οι διαδικτυακές υπηρεσίες και οι πλατφόρμες φιλοξενίας ψηφιακού περιεχομένου προσφέρουν σημαντικές δυνατότητες πρόσβασης και δημιουργούν ευκαιρίες εμπλοκής του μαθητή κατά τη διδακτική και τη μαθησιακή διαδικασία (Strelan et al., 2020· Moos & Bonde, 2016).

Έμφαση δίνεται επίσης στον σχεδιασμό των ψηφιακών περιβαλλόντων με σκοπό να μπορούν να υποστηρίξουν διαδικασίες αυτόνομης, δημιουργικής, αλλά και συνεργατικής μάθησης (Ng, 2018· Αναστασιάδης, 2014). Στην ελληνική βιβλιογραφία, επισημαίνεται ιδιαίτερα η εφαρμογή παιδαγωγικών προσεγγίσεων για την ανάδειξη των προδιαγραφών εκπαιδευτικού υλικού, προκειμένου να καλύπτονται οι ανάγκες των μαθητών και να ενισχύεται η μαθησιακή διαδικασία (Kotsidis et al, 2023· Καμαριανάκη κ.ά., 2023· Χαλκιαδάκης & Καλογιαννάκης, 2020, Σταυγιαννουδάκης & Καλογιαννάκης, 2019).

Η αξιοποίηση της τεχνολογίας VR στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών

Η ενσωμάτωση της τεχνολογίας VR στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας (Sengel, 2014· Dalgarno & Lee, 2010), καθώς το πεδίο αυτό εντάσσεται, ερευνητικά, στον ευρύτερο χώρο της παιδαγωγικής αξιοποίησης των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας (Βλιώρα et al., 2018· Bozkurt & Ilik, 2010). Συγκεκριμένα, οι δυνατότητες της οπτικοποίησης, της διάδρασης και της εμβύθισης, αξιοποιούνται στο πλαίσιο εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων που αποσκοπούν στο να βοηθήσουν τους μαθητές στην κατανόηση εννοιών, στην απόκτηση μαθησιακών εμπειριών σε ασφαλή και ελεγχόμενα περιβάλλοντα και τη μάθηση με βάση τον προσωπικό του ρυθμό (Wu et al., 2013· Lee, & Hammer, 2011· Höffler & Leutner, 2007).

Η τεχνολογία της Εικονικής Πραγματικότητας (VR) παρέχει μια εμπειρία εμβύθισης στους χρήστες, επιτρέποντας την επαφή με ψηφιακά περιβάλλοντα που προσομοιώνουν την πραγματικότητα ή παρουσιάζουν εντελώς νέους κόσμους (Ros, et al., 2021· Sherman & Craig, 2018). Τα τελευταία χρόνια, έχουν αναπτυχθεί διάφοροι τύποι εξοπλισμού όπως είναι για παράδειγμα το Oculus Rift, τα Google Glass και το Second Life, τα οποία βασίζονται στη συνεργασία υλικού και λογισμικού. Επίσης, το Google Cardboard προσφέρει μια προσιτή εισαγωγή στον κόσμο της εικονικής πραγματικότητας (VR) και αποτελείται από ένα «DIY» (Do It Yourself) σετ που μετατρέπει ένα κινητό τηλέφωνο (Smartphone) σε ένα βασικό «Headset» VR.

Το Google Cardboard είναι κατασκευασμένο, κυρίως, από χαρτόνι, ενώ δύο φακοί πλαστικού επιτρέπουν την στερεοσκοπική προβολή. Ο εξοπλισμός μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην πλειονότητα των συσκευών Smartphones τελευταίας γενιάς, ενώ σε ό,τι αφορά το λογισμικό περιλαμβάνει πληθώρα εφαρμογών που είναι διαθέσιμες στο Google Play Store. Παρότι το Google Cardboard δεν προσφέρει την εμπειρία εμβύθισης που προσφέρουν οι ποιο προηγμένες συσκευές VR Headset, δίνει την ευκαιρία εξερεύνησης εμπειριών VR με χαμηλό κόστος. Υπό το πρίσμα αυτό, η αξιοποίηση των δυνατοτήτων που προσφέρει η συγκεκριμένη δυνατότητα VR στο μοντέλο της αναστραμμένης τάξης αποτελεί ένα ιδιαίτερα ενδιαφέρον πεδίο πρακτικής και έρευνας (Sun et al., 2023).

Στη διδασκαλία της Χημείας, η αξιοποίηση της τεχνολογίας VR ευνοεί την παρατήρηση και τον πειραματισμό (Cadavieco, Pascual & Vazquez-Cano, 2020· Johnstone, 2006) και μπορεί να συμβάλει στην επίτευξη της εννοιολογικής αλλαγής και τη δόμηση νέων νοητικών μοντέλων (Παπανδρέου, Καμπεζά & Βελλοπούλου, 2014· Σάλτα, 2011· Vosniadou, 1994). Αρκετοί ερευνητές επισημαίνουν πως σε αρκετές περιπτώσεις, οι συμβατικές μεθοδολογίες διδασκαλίας δεν επαρκούν για την υποστήριξη της κατανόησης των αφηρημένων εννοιών (Achuthan et al., 2018). Στις περιπτώσεις αυτές, η τεχνολογία VR μπορεί να συνεισφέρει στην νοητική προσπάθεια του μαθητή, καθώς του προσφέρει χωρική και οπτική αναπαράσταση εννοιών η οποία λείπει από την παραδοσιακή προφορική διδασκαλία (Mojsoska et al., 2024· Torres, 2018).

Μεθοδολογία Έρευνας

Σκοπός και ερευνητικά ερωτήματα

Η έρευνα επικεντρώθηκε στον σχεδιασμό και την αξιολόγηση μιας ολοκληρωμένης παρέμβασης, με τη μέθοδο της ανεστραμμένης τάξης η οποία περιλάμβανε την αξιοποίηση εκπαιδευτικού υλικού και εφαρμογών εικονικής πραγματικότητας με χρήση γυαλιών VR-Google Cardboard (εφαρμογής MEL VR). Η διδακτική παρέμβαση αφορούσε την διδασκαλία του μαθήματος της Χημείας Α' τάξης Λυκείου και ειδικότερα την ενότητα του ΔΕΠΣ-ΑΠΣ στην οποίο βασίζεται η ενότητα «*Ηλεκτρονική δομή των ατόμων - Κατανομή ηλεκτρονίων σε στιβάδες*» του σχολικού εγχειριδίου της Χημείας Α΄ Λυκείου (Λιοδάκης κ.ά, 2019), όπου η προσέγγιση της ανεστραμμένης τάξης περιλάμβανε (α) την μελέτη του εκπαιδευτικού υλικού από τους μαθητές πριν από το μάθημα και (β) τις δραστηριότητες που προωθούν την κατανόηση και την εφαρμογή της γνώσης με τη χρήση VR τεχνολογίας στην τάξη. Ακολούθησε η αξιολόγηση της εκπαιδευτικής παρέμβασης, όπου η ερευνητική διαδικασία εστίασε στα ακόλουθα ερευνητικά ερωτήματα:

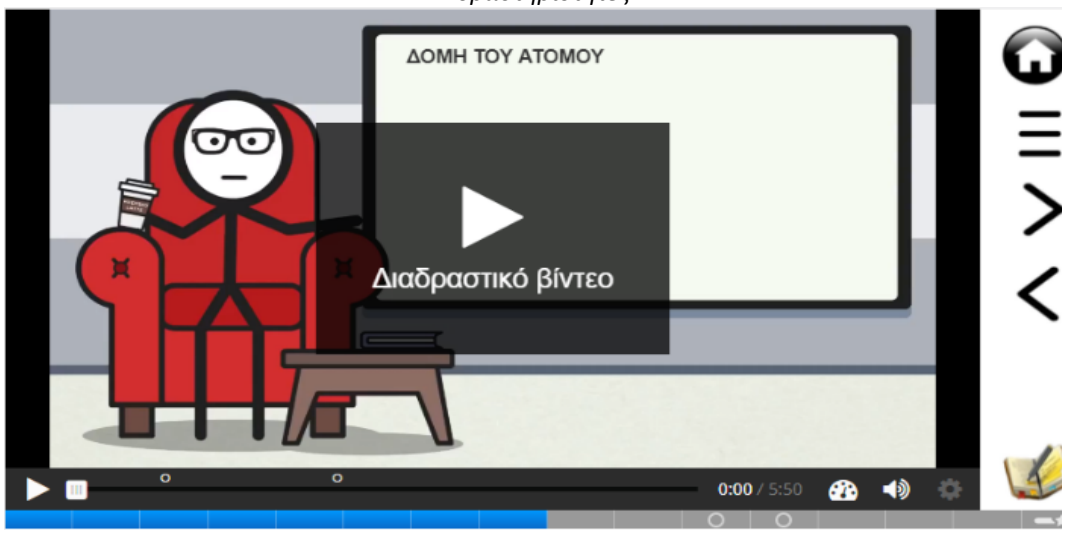
- Συνέβαλε η χρήση της τεχνολογίας VR στην επίτευξη των στόχων της συγκεκριμένης ενότητας και την αντιμετώπιση των παρανοήσεων των μαθητών στη Χημεία της Α' Λυκείου;
- Ποια είναι οι απόψεις των μαθητών ως προς τα δυνατά και ποια τα αδύνατα σημεία της διδασκαλίας με τη χρήση της τεχνολογίας VR και τι μπορεί να γίνει για την βελτίωσή της;

Η διδακτική παρέμβαση

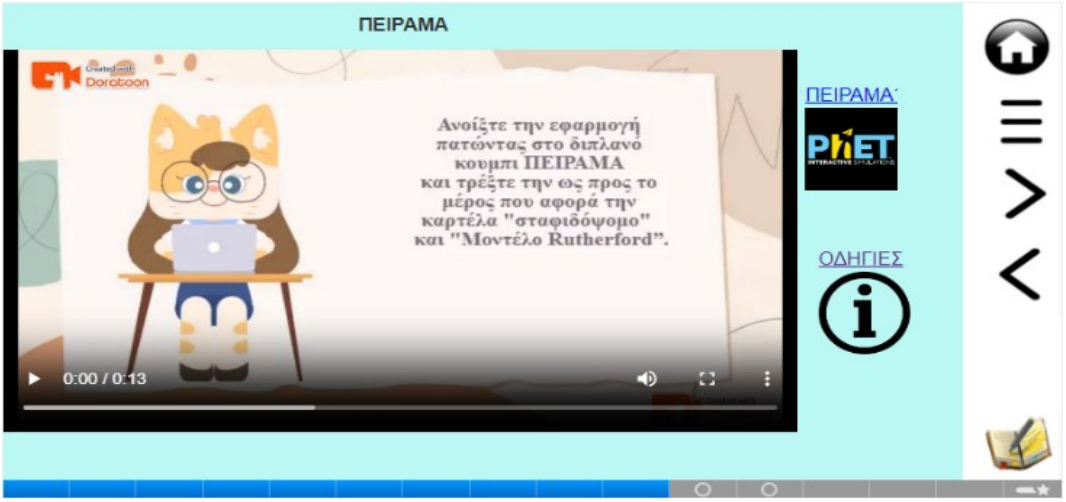
Το μοντέλο της ανεστραμμένης τάξης που εφαρμόστηκε στη πλαίσιο της εν λόγω διδακτικής παρέμβασης περιλάμβανε την προετοιμασία των μαθητών για το γνωστικό αντικείμενο, εκτός τάξης, με τη χρήση κατάλληλα σχεδιασμένου εκπαιδευτικού υλικού και εν συνεχεία, την αξιοποίηση της τεχνολογίας VR για την εφαρμογή και κατανόηση των γνώσεων στο πλαίσιο συνεργατικών και πρακτικών δραστηριοτήτων. Αναλυτικότερα, το εκπαιδευτικό υλικό που δημιουργήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας, ακολουθώντας τις μεθοδολογία της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης με βάση τις θεωρητικές αρχές την εποικοδομητικής προσέγγισης

(Τσαπαρλής, 2002). Το εκπαιδευτικό υλικό φιλοξενείται στον διαδικτυακό κόμβο: http://chamilo.datacenter.uoc.gr/metchamilo/courses/ATOMAPERIODIKOSPINAKAS.

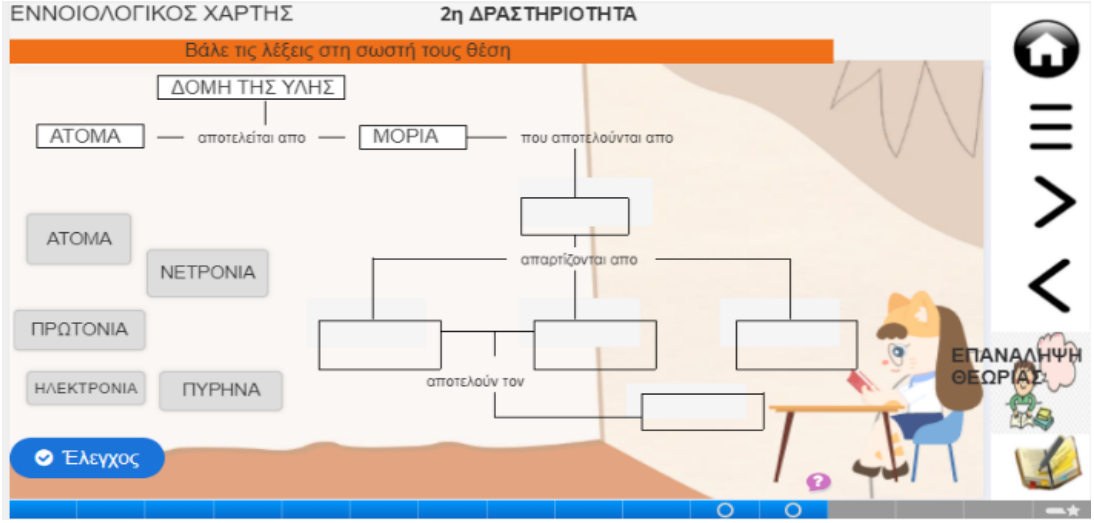
Εικόνα 1: *Βίντεο για πρόκληση ενδιαφέροντος των μαθητών που αξιοποιήθηκε στις προ της τάξης δραστηριότητες*



Εικόνα 2: *Διαδραστικό **βίντεο** για την αυτοαξιολόγηση του μαθητή.*



Εικόνα 3: *Δραστηριότητες που εμπλέκουν τον μαθητή στην εκτέλεση πειραμάτων με τις παρεχόμενες οδηγίες.*

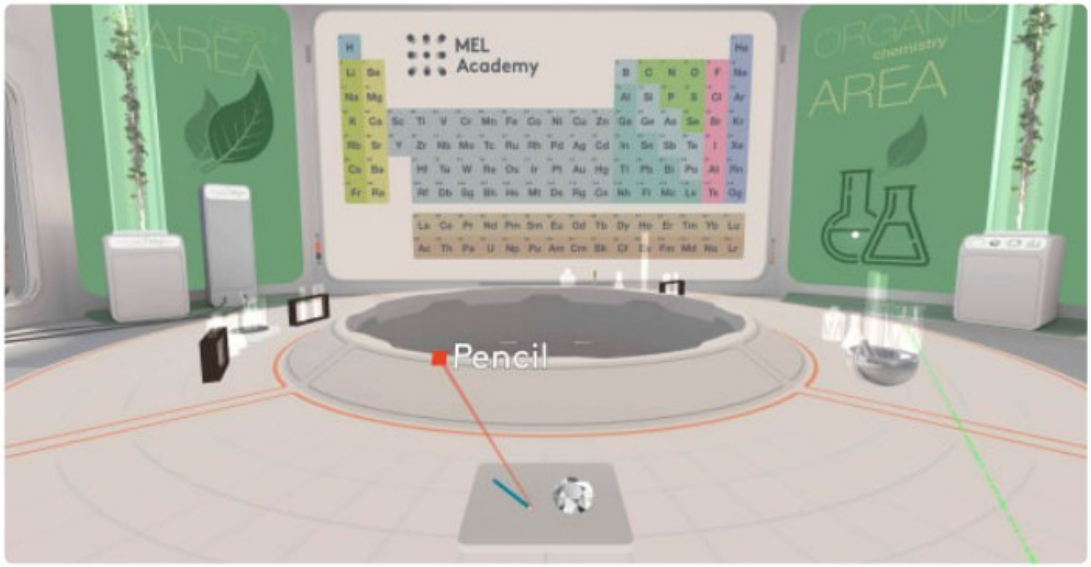


Εικόνα 4: *Δραστηριότητες αυτοαξιολόγησης*

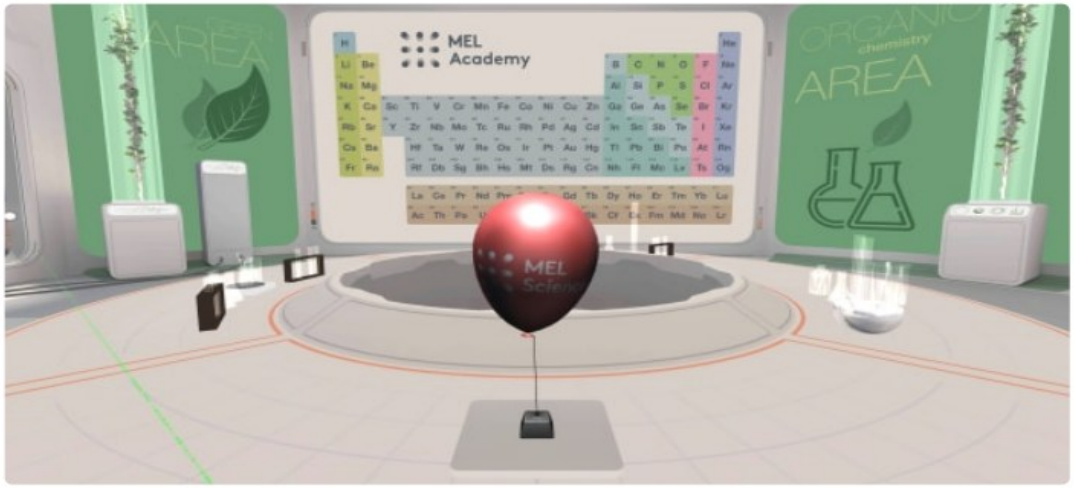
Όσο αφορά την παρέμβαση στην τάξη, πραγματοποιήθηκε με χρήση της πλατφόρμας Google Cardboard, έξυπνων κινητών τηλεφώνων και γυαλιών VR. Η πλατφόρμα Google Cardboard περιλάμβανε ένα τηλεχειριστήριο, το οποίο επέτρεπε τη ζεύξη με το κινητό τηλέφωνο μέσω Bluetooth. Όλα τα έξυπνα κινητά συνδέθηκαν στο ίδιο δίκτυο Wi fi. Στην πλατφόρμα ο εκπαιδευτικός είχε δικαιώματα διαχειριστή και μπορούσε να επιλέγει το υλικό που προβάλλεται στις οθόνες των μαθητών/τριών.

Η εφαρμογή MelChemistry έδινε τη δυνατότητα στους μαθητές/τριες να περιηγηθούν στο εικονικό εργαστήριο MEL, να μεγεθύνουν απλά αντικείμενα όπως ένα μολύβι ή ένα μπαλόνι, να 'πετάξουν' μεταξύ μορίων και ατόμων και να κατανοήσουν τις διαφορές μεταξύ στερεών και αερίων ουσιών σε μοριακό επίπεδο.

Οι μαθητές, με τη χρήση των VR γυαλιών είχαν τη δυνατότητα εμβύθισης στον εικονικό κόσμο και μπορούσαν να ΄δουν' την ύλη από διαφορετικές διαστάσεις. Ενδεικτικά, στην πρώτη ενότητα οι μαθητές/τριες αντιλαμβάνονται ότι η ύλη αποτελείται από άτομα μέσω δυο υλικών, ενός γραφίτη και ενός μολυβιού, όπου και τα δύο υλικά αποτελούνται από τα ίδια άτομα άνθρακα, αλλά έχουν πολύ διαφορετικές ιδιότητες. Αντίστοιχα, στη δεύτερη ενότητα, οι μαθητές/τριες εμβαθύνουν μέσα σε ένα μπαλόνι ηλίου και παρατηρούν ότι το αέριο ήλιο αποτελείται από άτομα που πετούν, τα οποία είναι πιο μακριά μεταξύ τους.



Εικόνα 6: *Στιγμιότυπο από το περιβάλλον VR για την υποστήριξη της πρώτης ενότητας του μαθήματος.*



Εικόνα 7: *Στιγμιότυπο από το περιβάλλον VR για την υποστήριξη δραστηριότητες εμβάθυνσης της πρώτης ενότητας του μαθήματος.*

Η Ερευνητική Προσέγγιση

Η έρευνα συνδύασε ποσοτικές και ποιοτικές ερευνητικές μεθόδους δίνοντας έμφαση στη διερεύνηση των απόψεων των μαθητών ως προς τις διαστάσεις της διδασκαλίας στο πλαίσιο της ανεστραμμένης τάξης και την αξιοποίησή της τεχνολογίας VR. Στην διδακτική παρέμβαση συμμετείχαν 30 μαθητές, 16 αγόρια και 14 κορίτσια, της Α' τάξης του ΓΕΛ Καστελίου Κισάμου Χανίων. Η μέθοδος επιλογής του δείγματος ήταν η βολική δειγματοληψία (Bryman, 2016). Για την αποτίμηση της διδακτικής παρέμβασης χρησιμοποιήθηκε ένα εξεταστικό δοκίμιο αποτελούμενο από επτά κατάλληλα επιλεγμένες ερωτήσεις που αποσκοπούσαν στον εντοπισμό συγκεκριμένων παρανοήσεων και εναλλακτικών αντιλήψεων των μαθητών. Το εξεταστικό δοκίμιο δόθηκε προς συμπλήρωση στους μαθητές: (α) πριν την έναρξη της παρέμβασης (διαγνωστικό τεστ ή pre-test) και (β) μετά το πέρας της παρέμβασης (τελικό τεστ ή post-test).

Μετά το ολοκλήρωση της διδακτικής παρέμβασης, δόθηκε στους μαθητές, ακόμη ένα ερωτηματολόγιο αποτελούμενο από κλειστού και ανοικτού τύπου ερωτήσεις που αποσκοπούσε στην καταγραφή των απόψεων των μαθητών/τριων αναφορικά με τα δυνατά και τα αδύνατα σημεία της διδασκαλίας με τη χρήση τεχνολογίας VR, καθώς και τις προτάσεις τους για τη βελτίωση της ανεστραμμένης διδασκαλίας με τη χρήση της τεχνολογίας VR. Για τη διεξαγωγή της έρευνας τηρήθηκαν όλοι οι κανόνες δεοντολογίας έρευνας σύμφωνα με τη σχετική βιβλιογραφία του πεδίου (Petousi & Sifaki, 2020).

Τεχνικές ανάλυσης – επεξεργασίας των δεδομένων

Η επεξεργασία των δεδομένων που προέκυψαν από την έρευνα πραγματοποιήθηκε με τεχνικές περιγραφικής στατιστικής ανάλυσης για τα ποσοτικά δεδομένα, και τεχνικές ανάλυσης περιεχομένου για τα ποιοτικά δεδομένα. Συγκεκριμένα, η περιγραφική στατιστική ανάλυση αναφέρονταν στην συλλογή, οργάνωση και παρουσίαση δεδομένων που προέκυψαν από το διαγνωστικό τεστ (pre-test) και το τελικό τεστ (post-test) που χορηγήθηκε στους μαθητές. Η ανάλυση των δεδομένων περιλάμβανε μέτρα κεντρικής τάσης, όπως μέσο και διάμεσο, και μέτρα διασποράς, όπως το εύρος και η τυπική απόκλιση.

Η ανάλυση των ποιοτικών δεδομένων που προέκυψε από τις ανοικτές ερωτήσεις του ερωτηματολογίου εστίασε στην ανάδειξη των βαθύτερων απόψεων και αντιλήψεων των μαθητών/τριών (Elo & Kyngäs, 2008, Hsieh & Shannon, 2005). Ως μονάδα ανάλυσης θεωρήθηκε κάθε πρόταση με ολοκληρωμένο νόημα (Ίσαρη & Πουρκός, 2015), από όπου προέκυψαν θεματικές κατηγορίες και αντίστοιχα κωδικοί. Συγκεκριμένα για τη θεματική κατηγορία «διδακτική αξιοποίηση» δημιουργήθηκαν οι κωδικοί α.1 ελκυστικότητα, α.2.

ενδιαφέρον, α.3 κόπωση, α.4 ευχρηστία και α.5 μαθησιακά αποτελέσματα. Για τη θεματική κατηγορία «συμβολή τεχνολογίας», δημιουργήθηκαν οι κωδικοί: β.1 πλεονεκτήματα, β.2 μειονεκτήματα και β.3 προτάσεις βελτίωσης.

Αποτελέσματα

Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται τα ευρήματα που προέκυψαν από το ερωτηματολόγιο διαγνωστικής αξιολόγησης (pre-test) και τελικής αξιολόγησης (post-test). Συγκεκριμένα παρουσιάζονται οι απόλυτες (N) και σχετικές συχνότητες (%) των σωστών απαντήσεων των μαθητών στο διαγνωστικό (pre-test) και αντίστοιχα στο τελικό (post-test) δοκίμιο. Επίσης, αναφέρεται η διαφορά που προέκυψε μεταξύ των δυο δοκιμασιών.

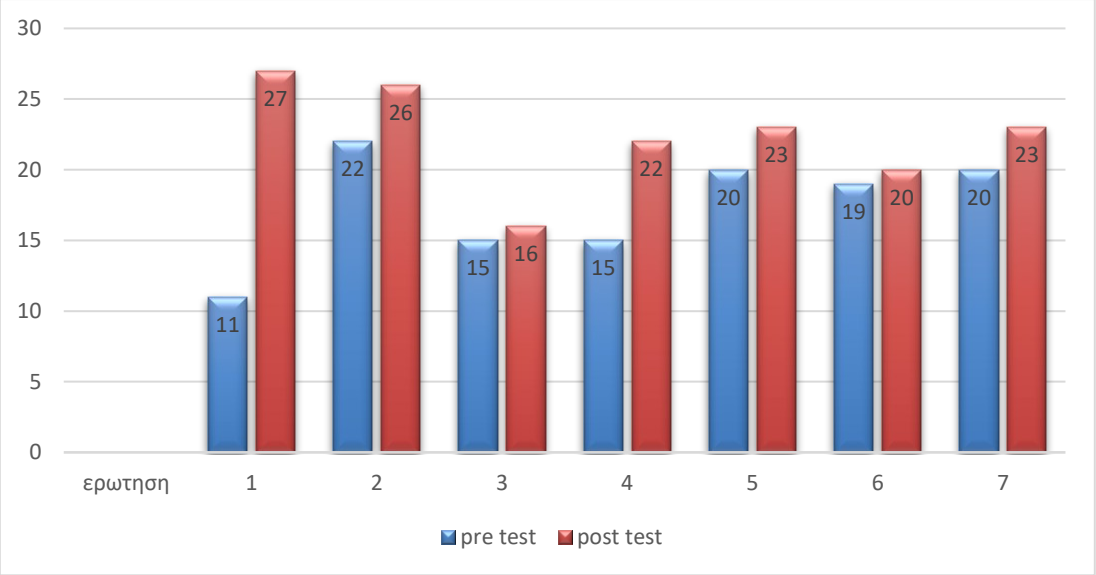
Σε ότι αφορά την επίτευξη των στόχων της διδακτικής παρέμβασης φαίνεται πως η διδακτική διαδικασία βοήθησε να γίνουν κατανοητές συγκεκριμένες παρανοήσεις των μαθητών/τριών. Πιο συγκεκριμένα από τα δεδομένα που παρουσιάζονται στον Πίνακα 1 και το Γράφημα 1, στην ερώτηση «*τι υπάρχει ανάμεσα στα άτομα άνθρακα σε ένα διαμάντι*» το 63,33% των μαθητών/τριών έδωσε λάθος απάντηση πριν την παρέμβαση το οποίο μειώθηκε σε 10% μετά την παρέμβαση. Μέσα από τη δυνατότητα της εμβύθισης και της άμεσης παρατήρησης, οι μαθητές/τριες κατάφεραν να αντιληφθούν την ασυνέχεια της ύλης και τα σωματιδιακά χαρακτηριστικά της παρόλο που οι μαθητές/τριες αυτής της ηλικίας έχουν την τάση να αποδίδουν ιδιότητες και μορφές του μακρόκοσμου στο μικρόκοσμο.

Στην ερώτηση αν «*τα άτομα που εικονίζονται να καταλαμβάνουν το χώρο στον πυθμένα ενός δοχείου ανήκουν σε κάποιο αέριο*», οι λάθος απαντήσεις μειώθηκαν από οκτώ πριν την παρέμβαση σε τέσσερις μετά την παρέμβαση Οι μαθητές/τριες κατάφεραν κατά την εμβύθιση να ερμηνεύσουν τις διαφορές στη χωροδιάταξη μεταξύ ατόμων στερεού και αερίου. Στην ερώτηση για το αν «*τα άτομα έχουν φυσική κατάσταση*» φαίνεται ότι η παρέμβαση δεν κατάφερε να αποσαφηνίσει παρανοήσεις των μαθητών/τριών γεγονός που ίσως οφείλεται στη παραδοχή της μοντελοποίηση των ατόμων που υιοθετούν οι Φυσικές Επιστήμες. Αντίθετα, η παρέμβαση κατάφερε να αποσαφηνίσει την παρανόηση ότι κατά την θέρμανση και διαστολή ενός στερεού δεν συνεπάγεται και τη διαστολή των ατόμων του. Οι μαθητές/τριες κατάφεραν να δουν τα αποτελέσματα της θέρμανσης του υλικού μέσα από την εμβύθιση.

Πίνακας 1. *Διαφορά σωστών απαντήσεων μαθητών στο pre-test και το post-test σε απόλυτες και σχετικές συχνότητες*

	Ερωτήσεις δοκιμίου διαγνωστικής και τελικής αξιολόγησης	**Πριν την παρέμβαση**		**Μετά την παρέμβαση**		**Διαφορά**	
		N	**%**	**N**	**%**	**N**	**%**
1	Το διαμάντι αποτελείται από άτομα άνθρακα. Τί υπάρχει ανάμεσα στα άτομα αυτά; (α) κενό (β) άλλα άτομα (γ) σκόνη (δ) νερό	11	36,6	27	90	+16	+53,4
2	Είναι πολύ πιθανό η παρακάτω εικόνα η οποία απεικονίζει άτομα ενός στοιχείου (μπάλες) να ανήκει σε κάποιο αέριο: (α) Σωστό (β) Λάθος	22	73,3	26	86,6	+4	+13,3
3	Τα άτομα στο διαμάντι έχουν φυσική κατάσταση και είναι στερεά, όπως και το διαμάντι: (α) Σωστό (β) Λάθος	15	50	16	53,3	+1	+5,3
4	Όταν μια ουσία θερμαίνεται, διαστέλλεται, άρα και τα άτομα της διαστέλλονται - μεγαλώνουν: (α) Σωστό (β) Λάθος	15	50	22	73,3	+7	+23,3
5	Μπορούμε να δούμε τα άτομα και τα μόρια στο μικροσκόπιο: (α) Σωστό (β) Λάθος	20	66,6	23	76.6	+3	+10,0
6	Τα άτομα ενός σώματος είναι βαρύτερα όταν αυτό βρίσκεται σε στερεή κατάσταση από όταν είναι σε αέρια. (α) Σωστό (β) Λάθος	19	63,6	20	66,6	+1	+3,0
7	Τα άτομα είναι ζωντανά επειδή κινούνται. Είναι όπως τα κύτταρα με πυρήνα και μεμβράνη. (α) Σωστό (β) Λάθος	20	66,6	23	76.6	+3	+10

Στην επόμενη ερώτηση για το αν «*μπορούμε να δούμε τα άτομα στο μικροσκόπιο*», η παρέμβαση φαίνεται ότι μείωσε τις λάθος απαντήσεις από 10 σε επτά. Η VR παρέμβαση έδειξε ότι μόνο υποθετικά μπορούμε να διεισδύσουμε και να παρατηρήσουμε από κοντά τα υποατομικά σωματίδια. Στην ερώτηση αν «*τα άτομα μεταβάλλουν το βάρος του ανάλογα με τη φυσική κατάσταση του υλικού*», η παρέμβαση περιλάμβανε την απλή οπτική αναπαράσταση των ατόμων κατά την εναλλαγή φάσεων του υλικού. Επίσης, φαίνεται ότι οι μαθητές/τριες μετά την παρέμβαση φαίνεται να συνεχίζουν θεωρούν πως τα άτομα είναι ζωντανοί οργανισμοί, ίσως εξαιτίας του γεγονότος ότι στις VR προβολές, τα άτομα φαινόταν διαρκώς να εκτελούν τη θερμική τους κίνηση. Τα αποτελέσματα αυτά δείχνουν πως η τεχνολογία VR, φαίνεται ότι συνέβαλε σε κάποιο βαθμό στην εννοιολογική αλλαγή των εσφαλμένων αντιλήψεων των μαθητών/τριών.



Γράφημα 1: *Ραβδόγραμμα απεικόνισης απόλυτων συχνοτήτων σωστών απαντήσεων μαθητών στο pre-test και το post-test*

Σε ότι αφορά τα αποτελέσματα που προέκυψαν από την θεματική ανάλυση του περιεχομένου των απαντήσεων των μαθητών/τριων στις ανοικτές ερωτήσεις του ερωτηματολογίου που επιχειρούσε να διερευνήσει τις απόψεις τους, σχετικά με την αξιοποίηση της τεχνολογίας VR στο πλαίσιο της ανεστραμμένης τάξης, προέκυψαν τα δεδομένα που περιλαμβάνονται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. *Αποτελέσματα ποιοτικής ανάλυσης*

Θεματική κατηγορία	Κωδικός	Περιγραφή κωδικού	Αριθμός παραθέσεων
α. Διδακτική αξιοποίηση τεχνολογίας VR στο πλαίσιο της ανεστραμμένης τάξης	α1. ελκυστικότητα	Η τεχνολογία VR αποτελεί ένα ελκυστικό περιβάλλον μάθησης	26
	α.2 ενδιαφέρον	Η δημιουργία εικονικών περιβαλλόντων VR συνιστούν έναν ενδιαφέροντα τρόπο διδασκαλίας	25
	α.3 ευχρηστία	Οι συσκευές VR είναι εύχρηστες	22
	α.4 μαθησιακά αποτελέσματα	Η τεχνολογίας VR βοήθησε στην επίτευξη των στόχων του μαθήματος	26
β. Η συμβολή της τεχνολογίας VR στο πλαίσιο της ανεστραμμένης τάξης	β.1 Πλεονεκτήματα	Παροχή απαραίτητων γνώσεων και έγκυρων πληροφοριών και επίλυση παρανοήσεων	26
	β.2 Μειονεκτήματα	Η χρήση VR συσκευών επιφέρει αίσθημα κόπωσης	1
	β.3 Προτάσεις	Απόκτηση σύγχρονου εξοπλισμού, να υπήρχε περισσότερος χρόνος εμβύθισης, βελτίωση ήχου και επέκταση της χρήσης ΩΡ και σε άλλα μαθήματα	26

Γράφημα 2: *Λέξεις κλειδιά που υπήρχαν στις τις απαντήσεις των μαθητών/τριών σε μορφή εικονόλεξου*

Όσο αφορά την ευχρηστία της τεχνολογίας VR, η πλειοψηφία των μαθητών/τριών δήλωσε ότι η διαδικασία τους φάνηκε απλή, εύκολη, κατανοητή. Αξίζει να επισημανθεί, πάντως, η αναφορά ενός μαθητή που δήλωσε πως δεν προλάβαινε να ακολουθήσει το ρυθμό της προβολής. Όσο αφορά τα πλεονεκτήματα της τεχνολογίας VR, οι μαθητές/τριες την βρήκαν διασκεδαστική, ευχάριστη, κατανοητή, ενδιαφέρουσα, ψυχαγωγική, συναρπαστική, έξυπνη, διαφορετική, χρήσιμη, σαν παιχνίδι. Θα πρέπει να επισημανθούν, επίσης και τα μειονεκτήματα που αναφέρθηκαν και περιλάμβαναν την αίσθηση της κούρασης ή ζαλάδας των μαθητών από την τεχνολογία VR, καθώς και η κόπωσή τους από την περιπλοκότητα της αρχικής εγκατάστασης και χρήσης τηw VR πλατφόρμας που αξιοποιήθηκε.

Σημειώνεται, πως περίπου το ένα τρίτο σχεδόν των μαθητών/τριών δήλωσε πως χρειάστηκε αρκετές φορές τη βοήθεια του εκπαιδευτικού στο να ακολουθήσει τα βήματα που τους ζητήθηκαν. Τα κυριότερα προβλήματα με τα οποία ήρθαν αντιμέτωποι οι μαθητές ήταν η αδυναμία της συνδεσιμότητας των κινητών με το ασύρματο δίκτυο Wi-Fi, η δυσκολία της ζεύξης των κινητών με το bluetooth joystick, η χαμηλή εξοικείωσή τους με τη χρήση των γυαλιών VR, η λανθασμένη τοποθέτηση του εξοπλισμού στο κεφάλι, και η δυσκολία ρύθμισης της εστίασης των γυαλιών σε περίπτωση μυωπίας.

Όσον αφορά τις προτάσεις των μαθητών/τριών για τη βελτίωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας, τονίστηκε η ανάγκη για πιο σύγχρονο εξοπλισμό προβολής VR, τη διάθεση περισσότερου χρόνου για δραστηριότητες εμβύθισης στο εικονικό περιβάλλον με τη χρήση του εκπαιδευτικού υλικού, και η βελτίωση τεχνικών προδιαγραφών της πλατφόρμας, όπως για παράδειγμα είναι ο ήχος που συνοδεύει το ψηφιακό περιεχόμενο. Πάντως, η πλειοψηφία των μαθητών/τριών δήλωσε ότι η παρέμβαση της ανεστραμμένης τάξης τους βοήθησε να μάθουν καλύτερα και να διαλευκάνουν παρανοήσεις και εσφαλμένες προϋπάρχουσες αντιλήψεις.

Συμπεράσματα-Συζήτηση

Η παρούσα εργασία είχε ως βασικό σκοπό τη δημιουργία εκπαιδευτικού υλικού που αξιοποιεί τεχνολογίες VR προκειμένου να υποστηρίξει τη διδασκαλία της ενότητας «Ηλεκτρονική δομή των ατόμων - Κατανομή ηλεκτρονίων σε στιβάδες» του γνωστικού αντικειμένου της Χημείας Α΄ Λυκείου, μέσα από τη μεθοδολογία της

ανεστραμμένης τάξης. Στο πλαίσιο της διδακτικής παρέμβασης οι μαθητές/τριες προετοιμάστηκαν για το μάθημα σε ένα διαδραστικό πολυμορφικό περιβάλλον και όχι σε απλά βιντεομαθήματα, όπως συνηθίζεται στις περισσότερες εφαρμογές της ανεστραμμένης τάξης. Η χρήση διαδραστικού πολυμορφικού υλικού παρείχε τη δυνατότητα στους/ις μαθητές/τριες να αλληλοεπιδρούν τα διδακτικά περιεχόμενα μέσα βίντεο, πολυμεσικές παρουσιάσεις, εικονικές πειραματικές δραστηριότητες και διαδραστικά παιχνίδια, τα οποία ενίσχυσαν την αυτόνομη μάθηση και την κατανόηση. Οι δυνατότητες αυτές είχαν θετική επίδραση στο ενδιαφέρον και ενίσχυσαν τη συμμετοχή των μαθητών κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης. Μελέτες δείχνουν ότι οι μαθητές/τριες που διδάσκονται μέσω της μεθοδολογίας της ανεστραμμένης τάξης επιδεικνύουν αυξημένα κίνητρα συμμετοχής και ενδιαφέροντος κατά τη διάρκεια του μαθήματος. Αρκετές μελέτες εστιάζουν σε συγκρίσεις μεταξύ των συμβατικών μεθόδων διδασκαλίας και πρακτικών ανεστραμμένης τάξης (Van Alten et al., 2019), με τα ευρήματά τους να υποστηρίζουν πως στις περιπτώσεις εφαρμογής της ανεστραμμένης τάξης, οι μαθητές επέδειξαν ισχυρότερα κίνητρα για μάθηση και καλλιέργησαν δεξιότητες αυτενέργειας και αυτονομίας (Lin, et al., 2022). Πρόσφατες έρευνες επισημαίνουν πως η αξιοποίηση της τεχνολογίας VR σε πρακτικές ανεστραμμένης τάξης έχει θετική επίδραση στις δεξιότητες των μαθητών σε σύγκριση με τις παραδοσιακές προσεγγίσεις (Ronaghi, 2024, Gonzales & Gonzales, 2024).

Σε ότι αφορά την επίδραση της αξιοποίησης της τεχνολογίας της εικονικής πραγματικότητας (VR) στη διδασκαλία της Χημείας, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας έδειξαν πως η εκπαιδευτική παρέμβαση βοήθησε τους μαθητές στην κατανόηση δύσκολων εννοιών και στην αποσαφήνιση μερικών παρανοήσεων. Επιπρόσθετα, η παρούσα έρευνα έδειξε ενίσχυση των στάσεων των μαθητών/τριών τόσο απέναντι στο γνωστικό αντικείμενο, όσο και απέναντι στην τεχνολογία VR. Η ενεργό εμπλοκή τους στο μάθημα ενισχύθηκε κατά τη μαθησιακή διαδικασία, ενώ η χρήση της τεχνολογίας VR έδωσε στην διδακτική διαδικασία πρωτοτυπία και νέο ενδιαφέρον (Lee & Hammer, 2011).

Ο σχεδιασμός, η υλοποίηση και η αξιολόγηση της διδακτικής παρέμβασης στο πλαίσιο της παρούσας έρευνας μπορεί να συνεισφέρει στη μελλοντική έρευνα για την τεκμηρίωση παιδαγωγικά καινοτόμων πρακτικών ανεστραμμένης τάξης όπου η

αξιοποίηση της τεχνολογίας VR θα επιτρέπει στους μαθητές να εμβυθιστούν σε εικονικά περιβάλλοντα, προσφέροντας μια πιο ζωντανή και διαδραστική εμπειρία μάθησης, κάνοντας τη θεωρητική γνώση πιο κατανοητή και ενδιαφέρουσα. Στο πλαίσιο της διδασκαλίας της Χημείας, η τεχνολογία VR επιτρέπει στους μαθητές να εκτελούν πειράματα και να εξερευνούν καταστάσεις που μπορεί να είναι επικίνδυνες ή αδύνατες στην πραγματική ζωή (π.χ. χημικά πειράματα χωρίς τον κίνδυνο ατυχημάτων). Επίσης, η ανεστραμμένη τάξη με τη χρήση της τεχνολογίας VR μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες κάθε μαθητή, προσφέροντας εξατομικευμένες εμπειρίες μάθησης που ανταποκρίνονται στο ρυθμό και το επίπεδο κατανόησής τους, ενώ ταυτόχρονα η διδακτική διαδικασία μπορεί να γίνει πιο διασκεδαστική και πιο ενδιαφέρουσα.

Τέλος, είναι σημαντικό στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι η σύντομη διάρκεια της πραγματοποίησης της μελέτης και η περιορισμένη έκταση του δείγματος που εξετάστηκε αποτελούν πρωταρχικούς παράγοντες που περιορίζουν τη δυνατότητα γενίκευσης των συμπερασμάτων που προέκυψαν από αυτή την έρευνα. Η μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να εστιάσει στη δημιουργία κοινών εικονικών χώρων όπου οι μαθητές θα μπορούν να συνεργάζονται και να επικοινωνούν, ενισχύοντας τις δεξιότητες ομαδικής εργασίας και επικοινωνίας μέσω της τεχνολογίας VR. Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσες στο άμεσο μέλλον αναμένονται οι προκλήσεις που θα προκύψουν με την εισαγωγή της Τεχνητής Νοημοσύνης στην εκπαίδευση, άρα και στη διδασκαλία της Χημείας επαναπροσδιορίζοντας τον τρόπο εισαγωγής και χρήσης των αναδυόμενων τεχνολογιών όσο και της μεθοδολογίας της αντεστραμμένης τάξης.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

Achuthan, K., Kolil, V.-K., & Diwakar, S. (2018). Using virtual laboratories in chemistry classrooms as interactive tools towards modifying alternate conceptions in molecular symmetry. *Education and Information Technologies*, *23*(6), 2499-2515. https://www.learntechlib.org/p/191624/

Adnan, M. (2017). Perceptions of senior-year ELT students for flipped classroom: A materials development course. *Computer Assisted Language Learning, 30* (3–4), 204–222. https://doi.org/10.1080/09588221.2017.1301958

Allman, B., Kimmons, R., & Wang, W. (2024) Trends and Topics in Educational Technology*, TechTrends 68*, 402–410. https://doi.org/10.1007/s11528-024-00950-5

An, T. & Oliver, M. (2020). What in the world is educational technology? Rethinking the field from the perspective of the philosophy of technology, Learn. *Media Technol. 46* (1), 6–19. https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1810066.

Anderson, L. W., & Krathwohl, D.-R. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of bloom's taxonomy of educational objectives*. Pearson.

Bergmann, J., & Sams, A. (2012). Before You Flip, Consider This. Phi Delta Kappan, 94(2), 25-25. https://doi.org/10.1177/003172171209400206

Bishop, J. L., & Verleger, M. A. (2013). The Flipped Classroom: A Survey of the Research. *120th American Society for Engineering Education Annual Conference and Exposition*, 30, 1-18. https://peer.asee.org/22585

Bozkurt, E., & Ilik, A. (2010). The effect of computer simulations over students' beliefs on physics and physics success. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, *2*(2), 4587-4591. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.735

Bryman, A. (2016). *Social Research Methods (5th ed.)*. Oxford University Press.

Cabı, E. (2018). The Impact of the Flipped Classroom Model on Students' Academic Achievement. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning, 19*(3). https://doi.org/10.19173/irrodl.v19i3.3482

Cadavieco, J.-F., Pascual, M.-A., & Vazquez-Cano, E. (2020). Augmented reality: A new way to build knowledge. Bibliometric analysis and apps testing. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologias del Aprendizaje*, *15*(1), 17-25.

Dalgarno, B., & Lee, M.-J.-W. (2010). What are the learning affordances of 3-D virtual environments? *British Journal of Educational Technology*, *41*(1), 10-32. https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x

DeLozier, S. J., & Rhodes, M. G. (2017). Flipped classrooms: A review of key ideas and recommendations for practice. *Educational Psychology Review, 29*(1), 141–151. https://doi.org/10.1007/s10648-015-9356-9

Dong, Li Xiao , & Hui, Cao Hong. (2020). Research on VR-Supported Flipped Classroom Based on Blended Learning. A Case Study in Learning English through News. *International Journal of Information and Education Technology*, *10*(2). https://www.ijiet.org/show-134-1569-1.html

Estes, M.-D. (2014). A review of flipped classroom research, practice, and technologies. *International HETL Review*, *4*(7), 1.

Forsyth, R.B. (2003). Supporting e-learning: an overview of the needs of users. *New Review of Academic Librarianship*, 9, 131 - 140. https://doi.org/10.1080/13614530410001692086

Gao, Y., LIU, D., HUANG, Z. & HUANG, R. (2016). The core elements and challenges in the promotion of virtual reality technology in learning, *E-Education Research, 10*, 77-87. https://caod.oriprobe.com/order.htm?id=49833840&ftext=base

Goedhart, N.S., Blignaut-van Westrhenen, N., Moser, C. et al. The flipped classroom: supporting a diverse group of students in their learning. *Learning Environ Res 22*, 297–310. https://doi.org/10.1007/s10984-019-09281-2

Gonzales, Gamaliel & Gonzales, Roselyn. (2024). Enhancing educational research pedagogy: Integrating in-house peer review in a flipped/hybrid classroom environment. *Social Sciences & Humanities* Open. 9. 1-11. https://doi.org/10.1016/j.ssaho.2024.100889

Han, H., & Røkenes, F. M. (2020). Flipped classroom in teacher education: A scoping review. *Frontiers in Education, 5*, 1–20. https://doi.org/10.3389/feduc.2020.601593

Höffler, T. N., & Leutner, D. (2007). Instructional animation versus static pictures: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, *17*(6), 722-738. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.09.013

Hussein, M., & Nätterdal, C. (2015). *The benefits of virtual reality in Education the benefits of using virtual reality in Education: A comparison study*. University of Gothenburg,

Jeong, J.S., González-Gómez, D. & Cañada-Cañada, F. (2016). Students' Perceptions and Emotions toward Learning in a Flipped General Science Classroom. *Journal of Science Education and Technology, 25*(5), 747-758. https://www.learntechlib.org/p/176203/

Johnstone, A. H. (2006). Chemical education research in Glasgow in perspective. *Chemistry Education Research and Practice, 7*(2), 49-63. https://www.rsc.org/images/Issue%207-2b_tcm18-52181.pdf

Kong, Y., Wang, W. & Rajabov, B. (2024). New model of college physical education teaching based on the algorithm and data structure of flipped classroom and OBE, *Heliyon, 10*(11). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31368.

Kotsidis, K., Anastasiades, A., Synnefakis, C. and Spanoudaki, A. (2023). Distance Teacher Training in Periods of Emergency (Covid-19 Pandemic*). International Journal of Educational Development in Africa,8*(1), 1-8. https://doi.org/10.25159/2312-3540/10117

Lage, M. J., Platt, G. J., & Treglia, M. (2000). Inverting the Classroom: A Gateway to Creating an Inclusive Learning Environment. *The Journal of Economic Education, 31*, 30-43. http://dx.doi.org/10.2307/1183338

Lan, En-Minh. (2024). Unveiling the silent struggle: Investigating the effects of flipped classroom instruction models on business English oral presentation development through online learning: A case of learner engagement, emotions, and anxiety. *Education and Information Technologies*. 1-30. https://doi.org/10.1007/s10639-024-12746-4

Lee, J., & Hammer, J. (2011). Gamification in Education: What, How, Why Bother? *Academic Exchange Quarterly*, *15*, 146-151.

Lin, H.-C., Hwang, G. J., Chou, K.-R., & Tsai, C. K. (2022). Fostering complex professional skills with interactive simulation technology: A virtual reality-based flipped learning approach. *British Journal of Educational Technology,* 54, 622-641. https://doi.org/10.1111/bjet.13268

Liu, J. & Liu, Z., Wang, C. & Xu, Y. (2024). Identification and evaluation of educational technology trends from 2004 to 2022: Evidence based on computers in human behavior and horizon report. *Heliyon, 10*(2). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24277

Lo, C. K., & Hew, K. F. (2017). A critical review of flipped classroom challenges in K-12 education: Possible solutions and recommendations for future research. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning, 12*(1), 1–22. https://doi.org/10.1186/s41039-016-0044-2

Lockwood, F.G. (1994). *Materials Production in Open and Distance Learning*. London: Paul Chapman

Luo, Z., O'Steen, B., & Brown, C. (2020). Flipped learning wheel (FLW): a framework and process design for flipped L2 writing classes. *Smart Learning Environments, 7*, 1-21. https://doi.org/10.1186/s40561-020-00121-y.

Mayer, R. E. (2014). Introduction to multimedia learning. In R. E. Mayer (Ed.), The Cambridge handbook of multimedia learning (2nd ed., pp. 1–24). Cambridge University Press. https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.002

Mojsoska, B., Pande, P., Moeller, M. E., Ramasamy, P. & Jepsen, P. M., (2024). Virtual Reality in an Eco-Niche Undergraduate Organic Chemistry Laboratory Course: New Practice in Chemistry Lab Teaching. *Journal of Chemical Education*, *101*(11), 4686-4693. https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.jchemed.4c00099

Montgomery, A.P., Mousavi, A., Carbonaro, M., Hayward, D.V. & Dunn, W. (2019). Using learning analytics to explore self-regulated learning in flipped blended learning music teacher education. *British Journal of Educational Technology, 50*(1), 114-127. https://www.learntechlib.org/p/195515/.

Moos, D. C., & Bonde, C. (2016). Flipping the classroom: Embedding self-regulated learning prompts in videos. *Technology, Knowledge and Learning, 21*(2), 225–242. https://doi.org/10.1007/s10758-015-9269-1.

Morris. J. (2022). Flipped classroom: motivational affordances of spherical video-based immersive virtual reality in support of pre-lecture individual learning in pre-service teacher education. *Journal of Computing in Higher Education. 35*. 1-22. https://doi.org/10.1007/s12528-022-09334-1

Ng, E. M. (2018). Integrating self-regulation principles with flipped classroom pedagogy for first year university students. *Computers and Education, 126*, 65–74. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.002

Nugraheni, B. I., Surjono, H. D., & Aji, G. P. (2022). How can flipped classroom develop critical think-ing skills? A literature review. *International Journal of Information and Education Technology, 12*(1), 82–90. https://www.ijiet.org/show-165-1963-1.html

Pen, M. (2023). An evaluation of flipped classroom pedagogy in natural studies learning using mobile virtual reality. In Carmo, M. (Eds.), *Proceedings of the International Conference on Education and New Developments (END),* 24-26 https://hdl.handle.net/10210/504690

Petersen, G. B., Petkakis, G., & Makransky, G. (2022). A study of how immersion and interactivity drive VR learning. *Computers & Education, 179*, 104429. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104429

Petousi, V., & Sifaki, E. (2020). Contextualizing harm in the framework of research misconduct. Findings from discourse analysis of scientific publications, *International Journal of Sustainable Development, 23*(3/4), 149-174, https://dx.doi.org/10.1504/IJSD.2020.10037655

Ronaghi, H. M. (2024). A new approach to business ethics education: Virtual reality-based flipped learning, *The International Journal of Management Education*, *22*(3), 101076, https://doi.org/10.1016/j.ijme.2024.101076.

Ros, M., Neuwirth, L. S., Ng, S., Debien, B., Molinari, N., Gatto, F., & Lonjon, N. (2021). The effects of an immersive virtual reality application in first person point-of-view (IVRA-FPV) on the learning and generalized performance of a lumbar puncture medical procedure. *Educational Technology Research and Development, 69*(3), 1529-1556. https://doi.org/10.1007/s11423-021-10003-w

Rowntree, D. (1996). *Making Materials-based Learning Work*. Kogan Page.

Sengel, E. (2014). Using the "Flipped Classroom" to Enhance Physics Achievement of the Prospective Teacher Impact of Flipped Classroom Model on Physics Course. *Journal of the Balkan Tribological Association*, *20*(3), 488-497. https://scibulcom.net/en/article/To1fpUTcA8ssbA88Xt8Y

Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2018). Understanding Virtual Reality Interface, Application, and Design. *A volume in The Morgan Kaufmann Series in Computer Graphics*. Elsevier. https://doi.org/10.1016/C2013-0-18583-2

Strelan, P., Osborn, A., & Palmer, E. (2020). The flipped classroom: A meta-analysis of effects on student performance across disciplines and education levels. *Educational Research Review, 30*. 100314. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100314

Sun, L., Liu, D., Lian, J. & Yang, M. (2023). Application of flipped classroom combined with virtual simulation platform in clinical biochemistry practical course. BMC *Medical Education. 23*. https://doi.org/10.1186/s12909-023-04735-x

Talbert, R. (2017). Flipped Learning: A Guide for Higher Education Faculty (1st ed.). Routledge. https://doi.org/10.4324/9781003444848

Tavares, A, Barreto, C., Pereira, T., Nascimento, F. & Martins, S.A. (2020). Flipped classroom and DICT on K-12 education: systematic review and proposal. *Research Society and Development, 9* (10). https://doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8904

Tomas, L., Evans, S.N. , Doyle, T. & Skamp, K. (2019) Are first-year students ready for a flipped classroom? A case for a flipped learning continuum, Int. J. Educ. Technol. High. Educ. *16* (5), 1–22. https://doi.org/10.1186/s41239-019-0135-4

Torres Q., C. (2018). *Chemistry relationships with mathematics and language: proposal of learning in a virtual environment*. *Educ. quím., 29* (2), 51-61. https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2018.2.63707

Van Alten, D. C. D., Phielix, C., Janssen, J., & Kester, L. (2019). Effects of flipping the classroom on learning outcomes and satisfaction: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 28, 1–18. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2019.05.003

Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction*, *4*(1), 45-69. https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90018-3

Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education, 62*, 41-49. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024

Zheng, X., Kim, H., Lai, W., & Hwang, G. (2020). Cognitive regulations in ICT-supported flipped classroom interactions: An activity theory perspective. *British Journal of Educational Technology, 51*(1), 103–130. https:// doi. org/ 10. 1111/ bjet. 12763

Zhong, M., Jiang, J., Zhang, H., & Duan, X. (2021). Combination of flipped learning format and virtual simulation to enhance emergency response ability for newly registered nurses: a quasi-experimental design. *Interactive Learning Environments, 31*(8), 5127–5140. https://doi.org/10.1080/10494820.2021.1998138

Αναστασιάδης, Π. (2014). Η έρευνα για την ΕξΑΕ με τη χρήση των ΤΠΕ (e-Garverg) στο Ελληνικό Τυπικό Εκπαιδευτικό Σύστημα. Ανασκόπηση και προοπτικές για την Πρωτοβάθμια, Δευτεροβάθμια και Τριτοβάθμια Εκπαίδευση. *Ανοικτή Εκπαίδευση, 10*(1), 5-32. https://doi.org/10.12681/jode.9809

Βασάλα, Π. (2005). Εξ Αποστάσεως Σχολική Εκπαίδευση. Στο Α. Λιοναράκης (Επιμ.). *Ανοικτή και εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση: Παιδαγωγικές και Τεχνολογικές Εφαρμογές*. Πάτρα: ΕΑΠ.

Βλιώρα, Ε., Μουζάκης, Χ., & Καλογιαννάκης, Μ. (2018). Διδασκαλία της Διάθλασης του Φωτός με τη Χρήση της Εφαρμογής Δισδιάστατης Απεικόνισης Algodoo. *Ανοικτή Εκπαίδευση (Ειδικό Τεύχος «Σχεδιασμός και αξιοποίηση των ψηφιακών σεναρίων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών»), 14*(2), 76-94. https://doi.org/10.12681/jode.19007

Ίσαρη, Φ., & Πουρκός, Μ. (2015). *Ποιοτική μεθοδολογία έρευνας*. Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.

Καμαριανάκη, Μ., Κωτσίδης, Κ. & Αναστασιάδης, Π. (2023). Εξ αποστάσεως Εκπαίδευσης για την ενότητα της Ιστορίας της Γ' Τάξης του Δημοτικού «Ο Θησέας» *Στο Α. Λιοναράκης, Ε. Μανούσου* (Επιμ.), Πρακτικά του 12ου Διεθνούς Συνεδρίου Ανοικτής & εξ Αποστάσεως Εκπαίδευσης: Η εξ αποστάσεως και συμβατική εκπαίδευση στην ψηφιακή εποχή, 12(3), (44-57), ΕΔΑΕΕ https://doi.org/10.12681/icodl.5691

Λιοναράκης, Α. (2006). Η θεωρία της εξ αποστάσεως εκπαίδευσης και η πολυπλοκότητα της πολυμορφικής της διάστασης. Στο Α. Λιοναράκης (Επιμ.) *Ανοικτή και Εξ Αποστάσεως Εκπαίδευση – Στοιχεία Θεωρίας και Πράξης* (σελ. 7-41). Προπομπός.

Λιοδάκης, Σ., Γάκης, Δ., Θεοδωρόπουλος, Δ., Θεοδωρόπουλος, Π & Κάλλης, Α. (2019). *Χημεία Α΄ Γενικού Λυκείου*. Διόφαντος.

Παπανδρέου, Μ., Καμπεζά, Μ., & Βελλοπούλου, Α. (2014). *Φυσικές Επιστήμες και Περιβάλλον στην Προσχολική εκπαίδευση Τάσεις και Προτάσεις*. Gutenberg.

Σάλτα, Κ. (2011). *Θέματα διδακτικής Χημείας*. ΕΚΠΑ.

Σταυγιαννουδάκης, Στ., & Καλογιαννάκης, Μ. (2019). Σχολική εξ αποστάσεως εκπαίδευση: μελέτη περίπτωσης με το σχεδιασμό, την ανάπτυξη και αρχική αποτίμηση του εκπαιδευτικού υλικού για τη διδασκαλία της ενότητας της κινηματικής στη Φυσική της Α' Λυκείου. *Στο Α. Λιοναράκης, Ε. Μανούσου, Β. Ιωακειμίδου, Μ. Νιάρη, Α. Αγγέλη, Κ. Σφακιωτάκη, & Β. Κουτζεκλίδου* (Επιμ.), *Πρακτικά του 10ου Διεθνούς Συνεδρίου Ανοικτής & εξ Αποστάσεως Εκπαίδευσης: Διαμορφώνοντας από κοινού το μέλλον της εκπαίδευσης, 10*(2Α), 44-57, https://doi.org/10.12681/icodl.2178

Χαλκιαδάκης, Κ., & Καλογιαννάκης Μ. (2020). Αποτελέσματα από την εφαρμογή του μοντέλου της Αντίστροφης Τάξης σε μαθητές της Α΄ Λυκείου και σκέψεις για την εφαρμογή της σε συνθήκες εξ αποστάσεως διδασκαλίας. *Αστρολάβος, 34(2020),* 62-78.

Χαλκιαδάκης, Κ., & Καλογιαννάκης, Μ. (2020). Διδασκαλία των νόμων του Νεύτωνα με χρήση της αντίστροφης τάξης: μια μελέτη περίπτωσης. *Στο Α. Σπύρτου, Π. Παπαδοπούλου, Α. Ζουπίδης, Γ. Μαλανδράκης & Π. Καριώτογλου* (Επιμ.), Πρακτικά 11ου Πανελλήνιου Συνέδριου Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και Νέων Τεχνολογιών στην Εκπαίδευση. «Επαναπροσδιορίζοντας τη Διδασκαλία και Μάθηση των Φυσικών Επιστημών και της Τεχνολογίας στον 21ο αι.», 382-390, Φλώρινα, Παιδαγωγική Σχολή Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας, ΕΝΕΦΕΤ.