

Μαθηματικά και Χημεία με Χρήση ΤΠΕ σε Σχολικές Τάξεις Μικτών Ικανοτήτων: Εκθετικές Συναρτήσεις και Ισότοπα

Ε. Κοντογούρη¹, Σ. Κοτρέτσου²

¹Μαθηματικός, Med, 5^ο ΓΕΛ Ιλίου
evikont5@gmail.com

²Χημικός, PhD, Med, Δ/ντρια ΓΕΛ Ανδρίτσαινας
skotretsou@sch.gr

Περίληψη

Στο άρθρο παρουσιάζεται ένα διαθεματικό – διεπιστημονικό μάθημα (STEM) με χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού, σε τάξεις μικτών ικανοτήτων. Τα εμπλεκόμενα επιστημονικά πεδία είναι η Άλγεβρα Β΄ Λυκείου, η Χημεία Α΄ και Β΄ Λυκείου καθώς η Πληροφορική και η Βιολογία Β΄ και Γ΄ Λυκείου. Η χρήση του εκπαιδευτικού λογισμικού (Geogebra) επιχειρεί μια διαθεματική - διεπιστημονική διδακτική σύνδεση των διαφορετικών γνωστικών αντικειμένων με σκοπό την επίλυση επιστημονικών προβλημάτων μέσω της καθοδηγούμενης ανακάλυψης και της ανάπτυξης ενεργητικής, συμμετοχικής και διερευνητικής μάθησης.

Διερευνήθηκε ο βαθμός εμπλοκής των μαθητών στο μάθημα, η απόκτηση θετικής στάσης απέναντι στα διαφορετικά διδακτικά αντικείμενα, η απόκτηση δεξιοτήτων του 21^{ου} αιώνα και η συμβολή των Τ.Π.Ε. Τα αποτελέσματα της έρευνας ήταν αρκετά ενθαρρυντικά.

Λέξεις κλειδιά: STEM, τάξεις μικτών ικανοτήτων, εκθετική συνάρτηση, ισότοπα, Μαθηματικά, Χημεία, Τ.Π.Ε.

1. Εισαγωγή

Τις τελευταίες δεκαετίες εισήχθη ο όρος STEM από το National Science Foundation (NSF) των ΗΠΑ ως ακρωνύμιο των Science (Φυσικές Επιστήμες), Technology (Τεχνολογία), Engineering (Μηχανική), & Mathematics (Μαθηματικά) (Havice, 2009). Η δυναμική της εκπαίδευσης STEM βρίσκει εφαρμογή στη μάθηση μέσω προβλημάτων προς επίλυση (problem-based learning), η οποία φαίνεται ότι ενισχύει το ενδιαφέρον των παιδιών για τον κόσμο που τα περιβάλλει και τη συμμετοχή τους στην τάξη (Havice, 2009). Η παρούσα εργασία αφορά τη χρήση Τ.Π.Ε. σε ένα πρόγραμμα STEM.

Αρχικά, θα παρουσιαστεί το θεωρητικό πλαίσιο και η διδακτική προσέγγιση, στη συνέχεια το μεθοδολογικό πλαίσιο της έρευνας, το δείγμα, τα εργαλεία έρευνας και

ανάλυσης και τέλος, θα περιγραφούν τα αποτελέσματα, τα συμπεράσματα, η συζήτηση και οι προτάσεις για επέκταση της έρευνας.

2. Θεωρητικό Πλαίσιο

2.1 Εκπαίδευση STEM

Ο όρος STEM αναγνωρίζεται από τα επιμέρους πεδία που το απαρτίζουν ή ως γενική περιγραφή κάθε εκπαιδευτικής πολιτικής που αναφέρεται σε ένα ή περισσότερα πεδία STEM (Bybee, 2010). Το NSF καθορίζει τους τομείς STEM με ευρεία έννοια, συμπεριλαμβανομένων - εκτός των κοινών κατηγοριών των Μαθηματικών, των Φυσικών Επιστημών, της Μηχανικής, των Επιστημών της Πληροφορικής και των Υπολογιστών- των Κοινωνικών Επιστημών, όπως της Ψυχολογίας, των Οικονομικών και της Κοινωνιολογίας, καθώς και των Πολιτικών Επιστημών (Green, 2007). Επίσης, ως εκπαίδευση STEM έχει οριστεί η προσέγγιση που διερευνά τη διδασκαλία και τη μάθηση μεταξύ δύο οποιονδήποτε θεματικών περιοχών STEM ή/και μεταξύ ενός θέματος STEM και ενός ή περισσότερων άλλων σχολικών θεμάτων (Sanders, 2009). Η έρευνα έχει δείξει ότι οι μαθητές, μέσα από την εκπαίδευση STEM, μπορούν να αναπτύξουν δεξιότητες του 21ου αιώνα όπως η προσαρμοστικότητα, η επίλυση προβλημάτων, η πολύπλοκη επικοινωνία και η συστηματική σκέψη (NRC, 2010).

2.2 Διαθεματικότητα - Διεπιστημονικότητα

Με τον όρο διαθεματικότητα ή διαθεματική προσέγγιση εννοούμε το σύνολο εκπαιδευτικών προσεγγίσεων που στοχεύουν στη διερεύνηση ενός θέματος μέσω των επιμέρους επιστημών οι οποίες χάνουν την αυτοτέλειά τους (Χιοκτουρίδη, 2014). Η διαθεματικότητα συνεισφέρει μέσω της χρήσης των Τ.Π.Ε. στην απόκτηση γνώσεων, δεξιοτήτων, στάσεων, στην κοινωνικοποίηση των μαθητών, στην ανάπτυξη κριτικής σκέψης, στη συνεργατικότητα και στην ανακαλυπτική μάθηση (Τριανταφύλλου, Μπελεσιώτης & Αλεξανδρή, 2008; Χατζημιχαήλ, 2010). Αντίθετα, στη διεπιστημονική προσέγγιση το θέμα προσεγγίζεται από τα γνωστικά αντικείμενα που διατηρούν την αυτονομία τους. Ιδιαίτερα σημαντικές θεωρούνται οι Τ.Π.Ε. στις σύγχρονες τάσεις διαθεματικής διδασκαλίας των Μαθηματικών και Φυσικών Επιστημών καθώς η πλειοψηφία των μαθητών εκδηλώνει αρνητική στάση για τις Φυσικές Επιστήμες, η οποία διαμορφώνεται στην Α/θμια και Β/θμια εκπαίδευση (Κοτρέτσου, 2014).

2.3 Τάξεις μικτών ικανοτήτων

Για να υποστηριχθούν με επιτυχία τα προγράμματα STEM πρέπει να διερευνηθούν οι παράμετροι μετάβασης από το μοντέλο της ομοιογενούς τάξης στο σύγχρονο μοντέλο της ανομοιογενούς τάξης ή της τάξης μικτών ικανοτήτων και να υιοθετηθούν οι

διδασκτικές μέθοδοι που ανταποκρίνονται στη φιλοσοφία των τάξεων μικτών ικανοτήτων όπως η συνεργατική μάθηση με τη χρήση μικρών συνεργατικών ομάδων μαθητών μικτών ικανοτήτων (Huber, 2007).

3. Η Διδακτική Προσέγγιση

Η διδασκαλία αφορά την ανάπτυξη ενός διαθεματικού – διεπιστημονικού μαθήματος (STEM) με χρήση εκπαιδευτικού λογισμικού, σε τάξεις μικτών ικανοτήτων. Τα εμπλεκόμενα επιστημονικά πεδία είναι κυρίως η Άλγεβρα Β' Λυκείου (παρ. 5.1 «Εκθετική συνάρτηση»), η Χημεία Α' Λυκείου (παρ. 1.3 «Δομικά στοιχεία ύλης, δομή ατόμων, ατομικός, μαζικός αριθμός και ισότοπα»), η Χημεία Β' Λυκείου (παρ. 2.8 «Ατμοσφαιρική ρύπανση- ραδιενέργεια -ραδιοϊσότοπα») αλλά και η Πληροφορική και η Βιολογία Β' Λυκείου (παρ. 4.4 «Μεταλλάξεις»).

Τα Μαθηματικά και η Χημεία είναι δυο γνωστικά αντικείμενα που θεωρούνται από τους μαθητές δύσκολα καθώς συναντούν δυσκολίες στο αριθμητικό και υπολογιστικό μέρος της Χημείας, λόγω βασικών ελλείψεων σε ενότητες των Μαθηματικών (Κοντογούρη & Κοτρέτσου, 2016). Η έρευνα για τη διδασκαλία μαθηματικών εννοιών έχει εντοπίσει δυσκολίες στην κατανόηση της έννοιας της συνάρτησης (Gagatsis & Shiakalli, 2004) οι οποίες όμως ξεπερνιούνται με τη χρήση νέων τεχνολογιών (Abua-Naja, 2008; Lagrange, 2005). Στην παρούσα εργασία, η σύνδεση των γνωστικών αντικειμένων έγινε με τη βοήθεια και τη χρήση του μαθηματικού εκπαιδευτικού λογισμικού Geogebra. Επίσης, οι μαθητές μπορούσαν να κάνουν χρήση κινητών τηλεφώνων για συγκεκριμένες δραστηριότητες.

Οι μαθητές κλήθηκαν να επιλύσουν δύο προβλήματα που έχουν απασχολήσει την επιστημονική κοινότητα. Συγκεκριμένα, επιχειρήθηκε η μελέτη των εφαρμογών των ραδιοϊσοτόπων στην Ιατρική και στη ραδιοχρονολόγηση. Αυτό έγινε με τη χρήση των εκθετικών συναρτήσεων που σχετίζονται με διάφορα επιστημονικά πεδία και, μεταξύ άλλων, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να επιλύσουν προβλήματα επιλογής ραδιενεργών ισοτόπων για την επιτυχία της θεραπευτικής αγωγής ορισμένων ασθενών (Burger et. al., 2007). Η επιλογή των ραδιενεργών ισοτόπων έγινε επειδή οι μαθητές του Λυκείου διδάσκονται θέματα της Πυρηνικής Επιστήμης σε περιορισμένη έκταση παρότι αυτή σχετίζεται με πολλά γνωστικά αντικείμενα όπως Φυσική, Χημεία, Περιβάλλον, Βιολογία, Αρχαιολογία και Γεωλογία.

Η διδακτική προσέγγιση περιελάμβανε δύο παρεμβάσεις. Η πρώτη αφορούσε τμήμα μικτών ικανοτήτων υπό την έννοια ότι οι σχηματισθείσες ομάδες αποτελούνταν η κάθε μία από μαθητές Α', Β' και Γ' Λυκείου με διαφορά όχι μόνο ηλικιακή, αλλά και σε γνωστικό υπόβαθρο. Η δεύτερη εφαρμόστηκε σε αμιγή σχολικά τμήματα μικτών ικανοτήτων, υπό την έννοια ότι αποτελούνταν από μαθητές πολύ χαμηλών και πολύ υψηλών επιδόσεων. Οι δύο διδακτικές παρεμβάσεις διάρκειας 30 και 45 λεπτών αντίστοιχα, θα παρουσιασθούν περιληπτικά, καθώς, αν και είναι απαραίτητες για την κατανόηση της εργασίας, εν τούτοις, δεν αποτελούν τον κύριο σκοπό του άρθρου.

3.1 Η Πρώτη Διδακτική Παρέμβαση

Η πρώτη διδακτική παρέμβαση εφαρμόστηκε σε μαθητές των τριών τάξεων δύο Λυκείων που συμμετείχαν στην Εβδομάδα Επιστήμης και Καινοτομίας στην Ανδρίτσαινα Ηλείας που έλαβε χώρα από 16 μέχρι 25/3/2018. Ξεκινάει με το πρόβλημα που είχε να λύσει η επιστημονική κοινότητα προκειμένου να αποφανθεί εάν ο Βέλγος Van Meegeren, που φυλακίστηκε το 1945 με την κατηγορία ότι συνεργάστηκε με τους εχθρούς, είχε πουλήσει σε αυτούς έργα του διάσημου ζωγράφου του 17^{ου} αιώνα Vermeer ή πιστά αντίγραφα τους (Lenain, 2011). Οι μαθητές πληροφορήθηκαν ότι αρκετά από τα χρώματα που χρησιμοποιούσαν οι ζωγράφοι της εποχής προέρχονταν από φυτικές πρώτες ύλες. Τους δόθηκε φυλλάδιο με πληροφορίες για την ανακάλυψη του Libby το 1946 (Anderson et al., 1947), ότι όλοι οι ζώντες οργανισμοί έχουν συγκεκριμένο ποσοστό ^{14}C που διασπάται μετά το θάνατο, ακολουθώντας το νόμο της εκθετικής απόσβεσης με χρόνο ημιζωής τα 5730 χρόνια, όπως βρήκαν χρησιμοποιώντας τα κινητά τους τηλέφωνα. Στη συνέχεια, οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν στα ερωτήματα α) «Οι γνώσεις που αποκτήσατε πώς μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να βρεθεί εάν ο πίνακας της ιστορίας είναι αυθεντικός;» και β) «Υπολογίστε πόσα χρόνια θα έχουν περάσει από τότε που φτιάχτηκε ένας πίνακας ζωγραφικής, εάν ανιχνεύουμε σε αυτόν το $\frac{1}{4}$ της υπολογισθείσης ως αρχικής ποσότητας του ^{14}C ». Για τις πράξεις, οι μαθητές μπορούσαν να χρησιμοποιήσουν το κινητό τους τηλέφωνο.

Ακολούθως, οι μαθητές διδάχθηκαν πώς να εισάγουν μια μαθηματική συνάρτηση στο λογισμικό GeoGebra, έμαθαν να χειρίζονται δρομείς ώστε να παραστήσουν γραφικά τη συνάρτηση της εκθετικής μεταβολής $Q(t)=Q_0e^{ct}$ για τις διάφορες τιμές των Q_0 και c , και ανακάλυψαν το ρόλο που παίζουν οι ποσότητες αυτές στη γραφική παράσταση. Όπου Q_0 είναι η αρχική ποσότητα της ραδιενεργούς ουσίας, $Q(t)$ η ποσότητα που έχει απομείνει μετά από χρόνο t και το c σταθερά που εξαρτάται από το χρόνο ημιζωής.

Τους δόθηκε πίνακας με τους χρόνους ημιζωής διαφόρων στοιχείων καθώς και πληροφορίες για το σκεύασμα Xofigo που χρησιμοποιείται για τον καρκίνο του προστάτη και περιέχει το ραδιενεργό ισότοπο ^{223}Ra . Ζητήθηκε να σχεδιάσουν με τη βοήθεια του λογισμικού τη γραφική παράσταση της συνάρτησης που δίνει την εκθετική απόσβεση του ^{223}Ra και του ^{226}Ra και με τη βοήθεια αυτών να αιτιολογήσουν τον λόγο για τον οποίο στην Ιατρική χρησιμοποιείται το ^{223}Ra αντί του ^{226}Ra . Με βάση τον πίνακα με τους χρόνους ημιζωής, αποφάνθηκαν περί ποιού ισότοπου του Ιωδίου η χρήση ενδείκνυται για τους ασθενείς που έχουν χειρουργηθεί για θυρεοειδή και κλήθηκαν να προσδιορίσουν το διάστημα που ο ασθενής δεν θα πρέπει να έρθει σε επαφή με τους οικείους του και να αιτιολογήσουν σχετικά.

Τέλος, ζητήθηκε από τους μαθητές να εντοπίσουν τουλάχιστον πέντε εκθέματα από το Λαογραφικό Μουσείο της Ανδρίτσαινας που θα μπορούσαν ενδεχομένως να χρονολογηθούν με τη μέθοδο της ραδιοχρονολόγησης.

3.2 Η Δεύτερη Διδακτική Παρέμβαση

Η δεύτερη διδακτική παρέμβαση εφαρμόστηκε σε μαθητές της Β΄ τάξης του 5^{ου} ΓΕΛ Ιλίου. Το σενάριο είναι σχεδόν ίδιο με αυτό της πρώτης διδακτικής παρέμβασης, με την εξής σημαντική διαφορά: Οι πληροφορίες για τον Βέλγο ζωγράφο, τα χρώματα που χρησιμοποιούσαν οι ζωγράφοι, την ανακάλυψη του Libby και το φάρμακο, δεν δόθηκαν στους μαθητές από τον καθηγητή, αλλά αντλήθηκαν από αυτούς μέσω διαδικτύου, είτε με παραπομπή σε συγκεκριμένες ιστοσελίδες, είτε με ελεγχόμενη (από τον διδάσκοντα) αναζήτηση. Ακόμη, όλοι οι συμμετέχοντες μαθητές ήταν ήδη εξοικειωμένοι με τη χρήση του λογισμικού GeoGebra.

4. Η Έρευνα

Αντικείμενο της μελέτης ήταν η διερεύνηση του βαθμού εμπλοκής των μαθητών στο μάθημα, της απόκτησης θετικής στάσης απέναντι στα διαφορετικά διδακτικά αντικείμενα, της απόκτησης συγκεκριμένων δεξιοτήτων του 21^{ου} αιώνα (που μελετώνται στα ερωτήματα του ερωτηματολογίου) και της συμβολής των Τ.Π.Ε σε ένα διδακτικό σενάριο στο πλαίσιο της εκπαίδευσης STEM.

4.1 Το Δείγμα

Η διδακτική προσέγγιση περιλάμβανε δύο παρεμβάσεις. Το πρώτο δείγμα αποτελούσαν 30 μαθητές που συμμετείχαν στην πρώτη παρέμβαση. Το δεύτερο δείγμα αποτελούσαν 24 μαθητές που συμμετείχαν στη δεύτερη. Τα δύο δείγματα μελετήθηκαν και ξεχωριστά, αλλά και ως ενιαίο δείγμα.

4.2 Τα Εργαλεία Έρευνας και Ανάλυσης

Τα εργαλεία έρευνας που χρησιμοποιήθηκαν ήταν ερωτηματολόγια, η ημιδομημένη συνέντευξη και τα ημερολόγια αναστοχασμού των ερευνητριών, ενώ για τη στατιστική επεξεργασία των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκε κυρίως το στατιστικό πακέτο SPSS 17.0, ενώ, επικουρικά χρησιμοποιήθηκε το EXCEL.

5. Παρουσίαση-Ανάλυση των Βασικών Αποτελεσμάτων

5.1 Τα Ερωτηματολόγια

Τα ερωτηματολόγια συμπληρώθηκαν από 54 συνολικά μαθητές οι οποίοι έπρεπε να βαθμολογήσουν από 1 έως 5 τα ερωτήματα που φαίνονται παρακάτω, όπου το 1 αντιστοιχούσε στη χαμηλότερη βαθμολόγηση και το 5 στη μεγαλύτερη. Δίπλα από κάθε ερώτημα, σε παρένθεση φαίνονται και οι αντίστοιχες μέσες τιμές.

Ερωτήματα: 1) Βαθμός εμπλοκής (4,02), 2) Απόκτηση γνώσεων σχετικά με τη ραδιενέργεια (3,61), 3) Εμπλουτισμός Μαθηματικών γνώσεων (4,04), 4)

Εναισθητοποίηση σε ζητήματα υγείας (3,28), 5) Άσκηση της δημιουργικής σκέψης (3,93), 6) Άσκηση της κριτικής σκέψης (3,91), 7) Επικοινωνία με τα μέλη της ομάδας (4,43), 8) Βελτίωση ικανότητας συνεργασίας (4,39), 9) Άσκηση στην αξιοποίηση πληροφοριών (3,91), 10) Άσκηση στην αναζήτηση πληροφοριών (3,78), 11) Αξιοποίηση των Νέων Τεχνολογιών (4,11), 12) Απόκτηση ευελιξίας (3,26), 13) Προσαρμογή σε νέα δεδομένα (3,24), 14) Ανάλυση πρωτοβουλιών (3,48), 15) Άσκηση στη διαχείριση του χρόνου (3,80), 16) Άσκηση στην επιχειρηματολογία (3,54), 17) Άσκηση στην παρουσίαση της δουλειάς της ομάδας (3,50).

Από τα παραπάνω παρατηρούμε ότι όλα τα ερωτήματα βαθμολογήθηκαν με μέσο βαθμό άνω του 3 (μέσου της κλίμακας 1-5), που σημαίνει ότι οι συμμετέχοντες στην έρευνα μαθητές ασκήθηκαν στις επονομαζόμενες δεξιότητες του 21^{ου} αιώνα που διερευνώνται στα ερωτήματα 5 έως 17. Δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές στα δύο δείγματα μεταξύ τους όταν μελετήθηκαν ξεχωριστά.

Για τη συμβολή των Τ.Π.Ε. στην απόκτηση των δεξιοτήτων του 21^{ου} αιώνα, στον βαθμό εμπλοκής των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία και στην απόκτηση γνώσεων πάνω στις συγκεκριμένες διδακτικές ενότητες, διερευνήθηκε η συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών.. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται οι σημαντικότερες θετικές συσχετίσεις. Για τις συσχετίσεις χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής συσχέτισης Pearson, καθώς ο έλεγχος Kolmogorov-Smirnov έδειξε για τις μεταβλητές αυτές ότι ακολουθούν την κανονική κατανομή (Asymp. Sig (2-tailed) για κάθε μία από τις μεταβλητές στις στήλες του Πίνακα 1 είναι αντίστοιχα: <0,001, 0,004, 0,016, <0,001, <0,001, <0,001, 0,008 και 0,003).

Πίνακας 1. Συσχετίσεις της μεταβλητής «Αξιοποίηση των Τ.Π.Ε.» με άλλες μεταβλητές

	Αξιοπ. ΤΠΕ	Βαθμός εμπλοκ.	Γνώσεις ραδιεν.	Μαθημ. γνώσεις	Κριτική σκέψη	αξιοπ. πληροφορ.	Αναζήτ. πληροφορ	Διαχείρ. χρόνου	
Αξιοποίηση των ΤΠΕ	Pearson Sig. (2-t)	1	,770** ,000	,679** ,000	,702** ,000	,639** ,000	,507** ,000	,753** ,000	,740** ,000

** . Η συσχέτιση είναι σημαντική με επίπεδο σημαντικότητας 0,01 (διπλής ουράς).

Από τον παραπάνω πίνακα (όπου το μέγεθος του δείγματος είναι 54) παρατηρούμε ισχυρές θετικές συσχετίσεις της αξιοποίησης των Τ.Π.Ε. κυρίως με τον βαθμό εμπλοκής με το μάθημα, την αναζήτηση πληροφοριών, τη διαχείριση του χρόνου, την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης καθώς και τις γνώσεις που αποκτώνται. Βρέθηκαν ασθενέστερες θετικές συσχετίσεις της αξιοποίησης των Τ.Π.Ε. με όλα τα υπόλοιπα ερωτήματα, με εξαίρεση δύο εξ αυτών, την ανάλυση πρωτοβουλιών και την προσαρμογή σε νέα δεδομένα όπου η συσχέτιση ήταν σχεδόν μηδενική. Σημειώνεται

ότι όσο πλησιέστερα στη μονάδα βρίσκεται ο συντελεστής συσχέτισης Pearson, τόσο πιο ισχυρή είναι η θετική συσχέτιση μεταξύ των μεταβλητών, δηλαδή, τόσο πιο πιθανό είναι όταν μεταβάλλεται (αυξάνεται ή μειώνεται) μία μεταβλητή, να μεταβάλλεται με τον ίδιο τρόπο και η άλλη. Το δε επίπεδο σημαντικότητας 0,01(διπλής ουράς), σημαίνει ότι η πιθανότητα να μην είναι ορθό το συμπέρασμα είναι 1%.

Ακόμη, τα ερωτηματολόγια περιείχαν και 2 ερωτήσεις ανοικτού τύπου που αφορούσαν α) το τι κέρδισαν από τη διδακτική αυτή παρέμβαση και β) εάν θα επιθυμούσαν να συμμετάσχουν στο μέλλον σε παρόμοια δραστηριότητα και να αναφέρουν τους λόγους. Στο πρώτο ερώτημα το 80% του πρώτου δείγματος και το 100% του δεύτερου αναφέρθηκε στις γνώσεις που απέκτησε «με ευχάριστο τρόπο» καθώς και στη συνεργασία, ενώ στο δεύτερο ερώτημα το 100% των δυο δειγμάτων δήλωσε ότι επιθυμεί να εμπλακεί σε παρόμοιες δραστηριότητες..

5.2 Οι Συνεντεύξεις

Στις ημιδομημένες συνεντεύξεις επιχειρήθηκε να διασαφηνισθεί τι ακριβώς εννοούσαν οι μαθητές όταν έλεγαν ότι απέκτησαν γνώσεις με ευχάριστο τρόπο καθώς και το ποια ακριβώς θεωρούν ότι είναι η συμβολή των Τ.Π.Ε. στη διαθεματική/διεπιστημονική διδασκαλία STEM μαθημάτων. Ο ευχάριστος τρόπος αφορούσε για το πρώτο δείγμα πρωτίστως τη γνωριμία και συνεργασία με μαθητές που δε γνώριζαν και δευτερευόντως τη διαφορετικότητα του μαθήματος την οποία εστίαζαν κυρίως (αλλά όχι μόνο) στη χρήση Τ.Π.Ε. Στο δεύτερο δείγμα, οι μαθητές αναφέρθηκαν σχεδόν αποκλειστικά στην πολλαπλή χρήση των Τ.Π.Ε. (αναζήτηση πληροφοριών, κατασκευή γραφικών παραστάσεων, έλεγχος υποθέσεων). Όσον αφορά στο δεύτερο ερώτημα, όλοι οι μαθητές αναγνώρισαν ως σημαντικό τον ρόλο των Τ.Π.Ε. στην εμπλοκή τους με το μάθημα, καθώς και στη σύνδεση των διαφορετικών και φαινομενικά άσχετων μεταξύ τους γνωστικών αντικειμένων.

5.3 Τα Ημερολόγια Αναστοχασμού

Τέλος, για τις ανάγκες της έρευνας χρησιμοποιήθηκαν τα ημερολόγια αναστοχασμού που διατηρούσαν οι ερευνήτριες και συγκεκριμένα ο τύπος «αναστοχασμός πάνω στη δράση», καθώς καταγράφηκαν τα γεγονότα μετά την πραγματοποίηση, ολοκλήρωση του διδακτικού σεναρίου. Τα ημερολόγια αναστοχασμού είναι ημερολόγια στα οποία ο εκπαιδευτικός καταγράφει προσεκτικά τις παρατηρήσεις και δίνει απαντήσεις σε βασικά ερωτήματα που σχετίζονται με μια συγκεκριμένη εκπαιδευτική δραστηριότητα. Είναι ταυτόχρονα εκπαιδευτικά εργαλεία και εργαλεία αξιολόγησης, τα οποία εξασφαλίζουν ανατροφοδότηση, διάχυση καλών πρακτικών και προσωπική ανάπτυξη (Gil-Garcia & Cintron, 2002).

Τα παραπάνω ευρήματα από τα ερωτηματολόγια και τις συνεντεύξεις συμφωνούν απόλυτα και με τα ημερολόγια αναστοχασμού, από τα οποία όμως εντοπίστηκε και

μια δυσκολία που αφορούσε στη χρήση του λογισμικού GeoGebra από μαθητές που δεν το είχαν ξαναχρησιμοποιήσει. Οι μαθητές αυτοί αρχικά δίστασαν να πειραματισθούν με τον H/Y και ασχολήθηκαν με αυτόν μόνο όταν είδαν πιο τολμηρούς συμμαθητές τους να το πράττουν. Αντίθετα, κανένας δεν είχε πρόβλημα με τη χρήση κινητού τηλεφώνου για αναζήτηση πληροφοριών ή για την εκτέλεση απλών υπολογισμών, ενώ είχαν πρόβλημα με τον υπολογισμό τιμών εκθετικής συνάρτησης.

6. Συμπεράσματα

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, μπορούμε να πούμε ότι από το δείγμα που μελετήθηκε μεταξύ άλλων, προέκυψαν ενδείξεις ότι οι Τ.Π.Ε. μπορούν να υποστηρίζουν επιτυχώς σήμερα τις εκπαιδευτικές αλλαγές μέσα από προγράμματα STEM. Επίσης, συμβάλλουν στο να αναπτύξουν οι μαθητές απαραίτητες γνώσεις και δεξιότητες του 21^{ου} αιώνα, να καλλιεργήσουν την κριτική σκέψη και να αυξήσουν την εμπλοκή τους στο μάθημα. Η χρήση του εκπαιδευτικού λογισμικού ως εργαλείου αναπαράστασης, διερεύνησης, πειραματισμού, αναζήτησης και οικοδόμησης της γνώσης είχε ιδιαίτερος θετικά αποτελέσματα στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών σε συνδυασμό με τα Μαθηματικά καθώς οι μαθητές μπόρεσαν να συνδέσουν διαφορετικά γνωστικά αντικείμενα που φαινομενικά ήταν άσχετα. Η αξιοποίηση των εργαλείων των Τ.Π.Ε. συνέβαλε σημαντικά στην αντιμετώπιση της πολυπλοκότητας των σχέσεων και των μαθηματικών σχημάτων και έκανε το μάθημα σε τάξεις μικτών ικανοτήτων πιο ευχάριστο.

7. Συζήτηση – Προτάσεις

Από τα παραπάνω αποτελέσματα φαίνεται ότι με την αξιοποίηση των εργαλείων των Τ.Π.Ε. οι μαθητές ενεπλάκησαν ενεργά με το μάθημα και ενισχύθηκε η θετική τους στάση απέναντι στα δύο γνωστικά αντικείμενα ενώ αντιλήφθηκαν τη διασύνδεση των μέχρι πρότινος θεωρούμενων ανεξάρτητων μεταξύ τους γνωστικών αντικειμένων, επιβεβαιώνοντας τα ευρήματα προγενέστερης σχετικής έρευνας που αφορούσε διεπιστημονική διδακτική προσέγγιση ανάμεσα στα Μαθηματικά και τη Χημεία (Κοντογούρη & Κοτρέτσου, 2016). Δεν παρατηρήθηκε αδυναμία των μαθητών να συνδέσουν τα επιστημονικά πεδία όπως έχει καταγράψει άλλη έρευνα που αφορά μαθητές Δημοτικού όπου τα παιδιά δεν έχουν ωριμάσει σε μαθηματικές έννοιες (Χιοκτουρίδη, 2014). Παρότι αρχικά αντιμετώπιζαν δυσκολίες στην κατανόηση βασικών εννοιών της Φυσικής, των Μαθηματικών και των ΤΠΕ, ενισχύθηκαν οι ικανότητες επίλυσης δικών τους πραγματικών προβλημάτων της καθημερινότητας όπως φάνηκε και σε άλλη σχετική έρευνα (Θωμόπουλος, 2013).

Επίσης, με το συγκεκριμένο μάθημα STEM οι μαθητές δουλεύοντας σε τάξεις μικτών ικανοτήτων καλλιέργησαν σε μεγάλο βαθμό τις δεξιότητες του 21^{ου} αιώνα, κατόρθωσαν να επιλύσουν προβλήματα που δεν είχαν αντιμετωπίσει ξανά,

καλλιέργησαν ικανότητες τεχνολογικού γραμματισμού, δημιούργησαν φιλικές σχέσεις με μαθητές άλλων σχολείων μέσα και έξω από την τάξη, όπως άλλωστε καταγράφεται και σε άλλες έρευνες (Havice, 2009; Morris, 2008; Morrison, 2006; NRC, 2010; Roberts, 2012). Οι μαθητές -που συνεργάστηκαν με επιτυχία- στην πρώτη παρέμβαση είχαν μέγιστη διαφορά ηλικίας τριών ετών. Σχετική έρευνα έχει δείξει πως, σε τάξεις μικτών ικανοτήτων αυτή η διαφορά οδηγεί σε καλύτερες επιδόσεις (Stone, 1997), παρότι σε άλλη έρευνα με διαφορά έξι ετών η διδακτική προσέγγιση ήταν και αυτή επιτυχημένη (Κοντογούρη & Κοτρέτσου, 2017).

Επειδή είναι πολύ σημαντικό να κατανοήσουν οι μαθητές ότι η Άλγεβρα είναι ένα μάθημα χρήσιμο που βρίσκει εφαρμογή στην καθημερινότητα και μπορούν να τη χρησιμοποιήσουν για να επιλύσουν προβλήματα των Φυσικών Επιστημών (Walker & Sherman, 2017), γι' αυτό προτείνεται να συνεχιστεί το πρόγραμμα STEM σε μεγαλύτερο δείγμα αξιοποιώντας διαδραστικά επιστημονικά λογισμικά, όπως το Project Jupiter, συνδυάζοντάς τα με εκπαιδευτικές επισκέψεις και συνεργασίες καθηγητών (Foster, 1997; Richardson & Amini, 2018; Williams, 2011).

Αναφορές

Abu-Naja, M. (2008). The effect of graphic calculators on Negev Arab pupils' learning of the concept of families of functions. *Research in Mathematics Education*, 10(2), 183-202.

Anderson, O., Libby, W., Weinhouse, S., Reid, A., Kirshenbaum, A. & Grosse, A. (1947). Radiocarbon from cosmic radiation. *Science*, 105(2735), 576-577.

Burger, E. B., Chard, D. J., Hall, E., J., Kennedy, P. A., Leinwand, S. J., Renfro, F. L., Waits, B. K. (2007). *Holt Algebra I*. Orlando, FL: Holt, Rinehart and Winston.

Bybee, R. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30-35.

Foster, D.E. (1997). *A report on an outreach program in nuclear science for high schools students* (Unpublished Master's Theses). San Jose State University, California.

Gil-Garcia, A. & Cintron, Z. (2002). The reflective journal as a learning and professional development tool for teachers and administrators. In *Proceedings of Conference on World Association for Case Method Research and Application* (pp. 1-10). Mannheim: WACRA.

Green, M. (2007). *Science and Engineering Degrees:1966–2004* (NSF 07-307). Arlington, VA: National Science Foundation.

- Havice, W. (2009). The power and promise of a STEM education: Thriving in a complex technological world. In ITEEA (Eds.), *The Overlooked STEM Imperatives: Technology and Engineering*, (pp.10-17.) Reston, VA: ITEEA.
- Huber, G. & Huber, A. (2007). Structuring group interaction for promote thinking and learning during small group learning in high school settings. *Computer supported collaborative learning*, 8, 1-7.
- Gagatsis, A. & Shiakalli, M. (2004). Ability to translate from one representation of the concept of function to another and mathematical problem solving. *Education Psychology*, 24(5), 645-657.
- Lagrange, J.B. (2005). Curriculum, classroom practices, and tool design in the learning of functions through technology-aided experimental approaches. *International Journal of Computers for mathematical Learning*, 10, 143-189.
- Lenain, T. (2011). *Art Forgery: The History of a Modern Obsession*. London: Reaktion Books LTD, 282-294.
- Morris, J. (2008). *A qualitative investigation of interdisciplinary mixed ability cooperative classes in an inner-ring suburban high schools* (Unpublished Master's Theses). Cleveland State University, Ohio.
- Morrison, J. (2006). *TIES STEM education monograph series, Attributes of STEM education*. Baltimore, MD: TIES.
- National Research Council (NRC) (2010). *Exploring the intersection of science education and 21st century skills: A workshop summary*. Washington, DC: National Academies Press.
- Richardson, M.L. & Amini, B. (2018). Teaching radiology physics interactively with scientific notebook software. *Academic Radiology*, 25(6), 801-810.
- Roberts, A. (2012). A Justification for STEM Education. *Technology and Engineering Teacher*, 71(8), 1-4.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Stone, S. (1997). The multi-age classroom: What research tells the practitioner. *ASCD Curriculum Handbook*, 1391-13107.
- Walker, L.H. & Sherman, H.J. (2017). Common core and STEM opportunities. *The Mathematics Enthusiast*, 14(2,3), 413-434.
- Williams, P. J. (2011). STEM Education: Proceed with caution. *Design and Technology Education: an International Journal*, 16(1), 26-34.

Θωμόπουλος, Δ. (2013). *Η εκπαιδευτική ρομποτική ως μέσο ώθησης για την εμπλοκή του μαθητή με τις Θετικές Επιστήμες* (Διπλωματική Εργασία). Παν/μιο Πατρών, Πάτρα.

Κοτρέτσου, Σ.Ι. (2014). Διδακτικό σενάριο: Γιατί ο Ποπάυ έτρωγε σπανάκι; Στο Φ. Γούσιας (Επιμ.), *Συνέδριο «Η εκπαίδευση στην εποχή των ΤΠΕ»* (σσ. 420-427). Αθήνα: Επιστημονική Ένωση εκπαιδευτικών Α/θμιας για τη διάδοση των ΤΠΕ στην εκπαίδευση.

Κοντογούρη, Ε. & Κοτρέτσου, Σ. & (2017). Το τετράεδρο και οι υδρογονάνθρακες. Μια διαθεματική/ διεπιστημονική διδακτική προσέγγιση σε τάξη μικτών ικανοτήτων. Στο Χ. Τσιχουρίδης, Δ. Κολοκοτρώνης, Δ. Λιόβας, Μ. Μπατσίλα, Κ. Σταθόπουλος, Α. Κοντογεωργίου, Η. Λιάκος & Ζ. Καρασίμος (Επιμ.), *3^ο Διεθνές Συνέδριο για την προώθηση της εκπαιδευτικής καινοτομίας* (σσ. 254-265). Λάρισα: Ε.Ε.Π.Ε.Κ.

Κοντογούρη, Ε. & Κοτρέτσου, Σ., (2016). Μαθηματικά και Χημεία: Μια Διεπιστημονική/Διαθεματική Προσέγγιση με τη χρήση ΤΠΕ. *Πρακτικά 6^{ου} Διεθνούς Συνεδρίου Η Πληροφορική στην εκπαίδευση*, 165-178. Πειραιάς.

Τριανταφύλλου, Α., Μπελεσιώτης, Β.Σ. & Αλεξανδρής, Ν. (2008). Έρευνα θέσεων καθηγητών για τη διδακτική αξιοποίηση της διαθεματικότητας στο Γυμνάσιο. *4ο Πανελλήνιο Συνέδριο Διδακτική της Πληροφορικής* (σσ. 529-534). Πάτρα: ΕΤΠΕ.

Χατζημιχαήλ, Μ. (2010). Η εφαρμογή και η αποτελεσματικότητα της διαθεματικής προσέγγισης στη διδακτική πρακτική. *Επιθεώρηση εκπαιδευτικών θεμάτων*, 16, 212-225.

Χιοκτουρίδη, Κ. (2014). *Μια πρόταση κοινής προσέγγισης εννοιών Μουσικής, Μαθηματικών και Φυσικής στο δημοτικό σχολείο* (Διπλωματική Εργασία). Παν/μιο Θεσσαλίας, Βόλος.

Abstract

In this article a cross curricular-interdisciplinary project is presented (STEM) using educational software in mixed abilities classes. The relevant scientific fields are Algebra B' Upper High School, Chemistry A' and B' Upper High School, Informatics and Biology B' Upper High School. The use of educational software (GeoGebra) attempts a cross curricular-interdisciplinary connection of different disciplines to solve scientific problems through guided discovery and the development of active, participative and inquiry learning.

We investigated the extent of involvement of students in the course, the obtaining of positive attitude in different subjects, the obtaining of skills of the 21st century and the contribution of Information and Communication Technology. The results were quite encouraging.

Keywords: STEM, mixed ability classes, exponential function, isotope, Mathematics, Chemistry, I.C.T.